OMEGA™

Manual de Referencia Técnica de Temperatura



OMEGA™

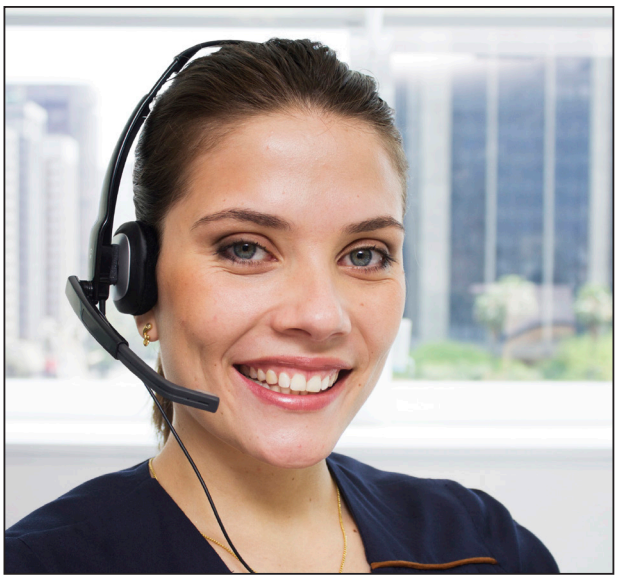
mx.omega.com

Pruebe una manera diferente de comprar

Entre en contacto con OMEGA Engineering Brasil

Ventas: 01800-890-5495
Haga su pedido en línea 24 horas por día, siete días por semana: mx.omega.com

Pedir asistencia del sector de ventas



El know-how de fabricación y los depósitos de OMEGA en todo el mundo nos permiten ofrecer los mejores productos y los menores tiempos de entrega en el sector. Cualquier producto puede ser adquirido en mx.omega.com, nuestro sitio seguro y de fácil utilización donde usted puede contar con atención al cliente en tiempo real. OMEGA también acepta miles de pedidos vía teléfono, todos los días, de todas las partes del mundo. Ningún pedido es demasiado grande o pequeño. Con nuestro sofisticado sistema de control de stock, despachamos su pedido con agilidad. Nuestros representantes proveen informaciones actualizadas sobre la situación del pedido y contestan todas sus dudas sobre cobranza. OMEGA posee los productos de los cuales usted necesita y los entregamos cuando y donde sea necesario.

Hacer el pedido es fácil. Vea cómo.

Teléfono
Para hacer un pedido, levantar el teléfono y llamar es lo suficiente:

01800-890-5495
8335 5372 (Desde Monterrey) o +52 (81) 8335 5372 (Fuera de México)

Nuestro equipo técnico-comercial está disponible para recomendar productos, seleccionar especificaciones, ver detalles y aclarar dudas.

Internet (mx.omega.com)
Nuestro almacén en línea contiene más de 100,000 productos disponibles a un clic de distancia. Después de realizar su pedido, su orden de compra es revisada y un mensaje de confirmación es enviado enseguida para su dirección electrónica registrada.

Despacho (embarque) Envío por correo
Para pedir los artículos en stock, el plazo normal para despacho del material es de un día útil* después de la confirmación de aceptación del pedido/orden de compra, a no ser cuando plazos diferentes son combinados. Consulte la disponibilidad del producto en nuestro sitio web o contacte nuestro Sector de Ventas y Soporte Técnico
*Excepciones en el caso de fuerza mayor. Consulte nuestra política de entrega con nuestro Departamento Comercial.

Entrega
Nuestras opciones de entrega son diseñadas para atender a sus necesidades en el menor tiempo posible. El plazo de entrega de los productos varía de acuerdo con el local, la forma de pago y la disponibilidad del producto adquirido y es válido a partir de la fecha del envío. Consulte el plazo de entrega al realizar el pedido en nuestro sitio web o consulte nuestro equipo de ventas para encomiendas urgentes.

Precios
Colocar precios a la disposición de forma simple y rápida es nuestro cotidiano. Acceda nuestro sitio web o contacte nuestro Sector de Ventas y Soporte Técnico para obtener los precios actualizados de los productos contenidos en este material.

Índice



Ingeniería Omega: Una fuerza en la manufactura nacional 17
Lineamientos prácticos para la medición de temperatura 20
Propiedades físicas de los materiales de termoelementos 23
Funda OMEGACLAD
Guía de selección de funda 24
Introducción a las mediciones prácticas de temperatura 26
Utilizando termopares 28
Utilizando RTD's 40
Utilizando termistores 43
La elección de funda para termopares aislados por minerales 48
Guía de selección de materiales 50
Propiedades de temperatura de algunos metales, elementos y compuestos .. 51
Propiedades del termopar 52
Gráfico de tiempo de respuesta para termopares expuestos y con funda de metal en el aire 53
Gráfico de tiempo de respuesta para termopares de sonda con funda de metal en el agua 54
Aplicaciones del termistor intercambiable de OMEGA 55
Elementos de resistencia y RTD's 56
Caso práctico RTD 59
Sensores de temperatura: Ventajas y desventajas 61
Transmisor infrarrojo de fibra óptica de alta velocidad 63
Introducción a los pirómetros infrarrojo 66
Principios de la termometría infrarrojo 68
Teoría y aplicación de la medición de temperatura de infrarrojo 72
Medición de temperatura sin contacto 76
Termómetros de infrarrojo portátiles para todas las aplicaciones 80
Principios de los termopares de infrarrojos 81
Termopares de infrarrojo, rangos de temperatura extendidos 86
Tabla de polinomios para salida de señal OS36, 37 y 38 87
Índices refractivos de transmisión de ventanas de infrarrojo 88
Ayuda rápida de infrarrojo 89
Tabla de emisividad total 91
Calibración de termómetro infrarrojo . 92
Manual básico de calibración 94
Gráficos de punto de rocío 99
Humedad Relativa de Equilibrio, Datos para soluciones de sal saturada .. 100
Transmisores de dos cables para aplicaciones de temperatura 101
Compatibilidad electromagnética y Conformidad con CE 103
Sistema de termopar de bajo ruido 105
Datos de cable trenzado y blindado 107
Introducción a los controles de temperatura 109
Consideraciones en la selección de controles de temperatura 112
Control de temperatura
Afinando un controlador PID 114
Operación de controlador 117
Consideraciones térmicas de SSR . 118
Temporizador/control programable 121
Relés de Estado Sólido (SSR's) 123
Sondas termopares USB 127
Eligiendo un registrador de papel ... 129
La norma RS232 131
Normas sanitarias 3-A 132
Espacio para transmisores en cabeza de conjunto de sonda 137
Escala de temperatura internacional de 1990 138
Preguntas frecuentes sobre temperatura 146
Polinomios directos e inversos de termopar ITS-90 147
Termopares tungstenio-renio 151
Tablas de referencia de termopar revisadas para ITS-90
Tipo J, °C 152
Tipo K, °C 153
Tipo E, °C 155
Tipo T, °C 156
Tipo S, °C 157
Tipo R, °C 159
Tipo B, °C 161
Tipo N, °C 163
Tipo J, °F 165
Tipo K, °F 167
Tipo E, °F 170
Tipo T, °F 172
Tipo S, °F 173
Tipo R, °F 177
Tipo B, °F 181
Tipo N, °F 184
Tipo C, °C 187
Tipo C, °F 190
Gráfico de intercambiabilidad de los Detectores de Temperatura de Resistencia (RTD's)de Platino 195
Temperatura RTD vs. Resistencia
Tabla para PT100 RTD para curva europea, Alfa = 0.00385 197
Temperatura RTD vs. Resistencia
Tabla para PT100 RTD para curva estadounidense, Alfa = 0.00392....200
Tabla de Resistencia vs. Temperatura de termistor 201
Tabla de Resistencia vs. Temperatura de termistor para Series 700..... 203
Gráfico de conversión de temperatura entre °C y °F 204
Factores de conversión para unidades físicas de medición.....206
Gráfico de resistencia química 208
La ley de Ohm – Calculando Watts, Amperes, Ohmios y Voltios..... 220
Dimensiones de rosca de estándar estadounidense de tubos cónica y recta 221
Glosario de medición y control de temperatura 222

Introducción a los termopares

¿Existe una sonda de termopar para cada tipo de medición de temperatura?

Sí, hay sondas de termopar casi para todas las aplicaciones (visite mx.omega.com para obtener más detalles), siendo las más comunes clasificadas como:

1) Montaje permanente para medición de superficie: (SA, CO, XCIB, WT)
2) Sondas portátiles para medición de superficie: (Sondas de la serie 88000)
3) Montaje permanente para medición de líquido: (TJ, Desconexión Rápida, NB1)
4) Sondas portátiles para medición de líquidos o semisólidos: (TJ, Desconexión Rápida, HPS)
5) Medición de temperatura de gas o vacío para temperaturas inferiores a 1.093 °C (2000 °F): (TJ, Desconexión Rápida, NB1)
6) Medición de temperatura de gas o vacío para temperaturas superiores a 1.093 °C (2000 °F): (Sondas exóticas)
7) Mediciones de temperatura de objetos con masa o área pequeña: (Sin funda o Subminiatura)
8) Temperaturas para creación de perfiles de horno con sondas largas: (XCIB, PP)
9) Medición de temperatura de moldes, troqueles y platinas: (Sondas extrusoras)
10) Sondas de perfil con sensor de temperatura múltiple
11) Sensores personalizados para requerimientos específicos de los clientes

¿Qué es exactamente un termopar y cómo funciona?

Un termopar es un sensor de medición de la temperatura que consiste en dos metales diferentes unidos en un extremo (una unión), que produce un pequeño voltaje termoeléctrico cuando la unión se calienta. El cambio en el voltaje termoeléctrico es interpretado por los termómetros de termopar como un cambio en la temperatura.

¿Cómo saber cuál sonda de termopar debo usar?

Antes de elegir un termopar, debemos hacer algunas preguntas.

1) ¿Cuál es el rango de temperatura y los límites altos y bajos que desea medir?
2) ¿De qué equipo o local está midiendo la temperatura? La primera pregunta le ayudará a clasificar su aplicación.
3) ¿Cómo el entorno de medición afecta el tipo de termopar que uso?

Antes de instalar el termopar que seleccionó, asegúrese de que cumpla con estos criterios:

a) Rango de temperatura correcto

b) Resistencia química de termopar o material de funda (para sondas con funda)

c) Puesta a tierra apropiada de ser necesario (muchos instrumentos tendrán problemas de bucle de tierra al usarse con sondas con funda puestas a tierra)

d) Resistencia a la abrasión

e) Resistencia a la vibración

f) Inmersión

Compre en línea en mx.omega.com

- **Miles de artículos listos para embarque en el mismo día.**
- **Proyecto personalizado y fabricación inmediatos.**
- **Servicios de calibración y prueba rápidos y completos**
- **Literatura más recién disponible**

Haga su pedido en línea y verifique el estado del pedido y obtenga informaciones técnicas en mx.omega.com



4) ¿Qué tiempo de respuesta se requiere?

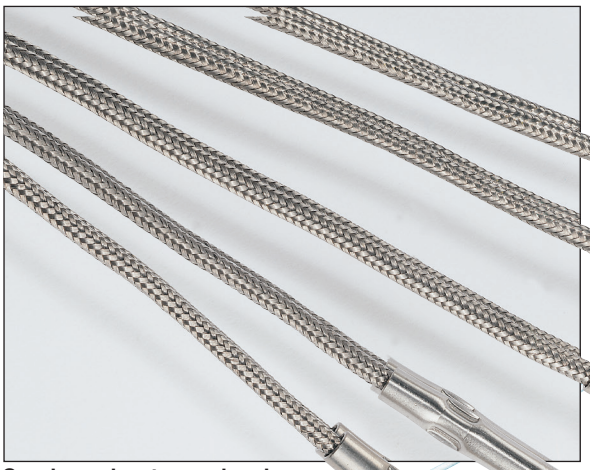
   Los termopares de unión expuesta responden rápido, pero el termopar en sí no está protegido y está sujeto a la corrosión del ambiente. Además, entre más pequeño sea el diámetro de la funda de la sonda, más rápida será la respuesta; sin embargo, debido a la gran cantidad de cables del termopar dentro de estas sondas estrechas, la sonda no puede soportar el rango de temperatura total del tipo de termopar.

5) ¿Hay una instalación existente?

   ¿Hay hoyos pre-perforados para sondas de termopar, definiendo así el diámetro de la funda? ¿Hay equipo de medición existente que requiera algún tipo de termopar específico?

6) ¿Qué se hace con la señal de termopar después de la medición?

   ¿Podemos usar una sonda con junta de transición estándar con sus cables de 1 m (3') para llegar al dispositivo de medición?



Sondas sobre-trenzadas de metal aisladas en cerámica para mediciones industriales de alta temperatura.
Visite mx.omega.com/xcib

Termopares de cable descubierto para mediciones muy finas.
Visite mx.omega.com/irco-bw



Sondas hipodérmicas para pruebas veterinarias.
Visite mx.omega.com/hyp_probes

¿Cuáles son los diferentes tipos de termopar?

Cada estilo de termopar está disponible en diversos tipos o diferentes combinaciones de metales distintos. Los **más comunes** son:

Tipo J (Hierro-Constantán)
Tipo T (Cobre-Constantán)
Tipo N (OMEGALLOY P y N)
Tipo K (CHROMEGA-ALOMEGA)
Tipo E (CHROMEGA-Constantán)

Cada uno de esos tipos de termopares tiene limitaciones cuando se expone a ciertos ambientes. Los siguientes son los lineamientos de temperatura máxima para termopares protegidos:

Tipo	Sonda de diámetro 6 mm (¼") Cable 18 AWG	Sonda de diámetro 4.8 mm (3⁄16") Cable 20 AWG	Sonda de diámetro 3 mm (⅛") Cable 24 AWG	Sonda de diámetro 1.6 mm (1⁄16") Cable 30 AWG
J	648 °C (1200 °F)	648 °C (1200 °F)	648 °C (1200 °F)	593 °C (1100 °F)
K/N	1093 °C (2000 °F)	1093 °C (2000 °F)	1093 °C (2000 °F)	982 °C (1800 °F)
T	371 °C (700 °F)	371 °C (700 °F)	371 °C (700 °F)	204 °C (400 °F)
E	982 °C (1800 °F)	648 °C (1200 °F)	648 °C (1200 °F)	648 °C (1200 °F)



Sondas de unión de transición para mediciones de inmersión.
Visite mx.omega.com/tjc36

Hay termopares especiales para temperaturas extremas, como con capacidad para soportar temperatura de hasta 2300 °C (4200 °F). Una vez que haya definido el tipo de aplicación y los estilos asociados de sondas, es importante que revise y califique la versión de sonda para atender los requisitos de las respuestas anteriores. Es importante tener en cuenta que un sistema de medición de temperatura en funcionamiento se compone de piezas individuales que están correctamente clasificados por temperatura y son resistentes al ambiente con el que están en contacto.

¿Qué significan las uniones expuestas, puestas a tierra y no puestas a tierra?

El estilo de unión es otra forma de clasificar nuestros termopares. Los termopares con uniones expuestas son justamente eso; se utilizan generalmente para medir las temperaturas de gases en los que se requieren tiempos de respuesta extremadamente rápidos. Cuando un tiempo de respuesta de varios segundos es aceptable, una sonda de unión puesta a tierra con un diámetro de funda pequeño es satisfactoria. Las sondas de unión expuesta deben satisfacer la clasificación de temperatura más baja de los cables más pequeños expuestos, además de las limitaciones ambientales mencionadas anteriormente. Una sonda de termopar sin puesta a tierra o una sonda de termopar con una unión sin puesta a tierra es una cuya unión de medición se aísla eléctricamente de la funda protectora, generalmente de acero inoxidable o Inconel. Esto es particularmente ventajoso al medir en zonas donde hay ruido eléctrico. La funda puede ser puesta a tierra eléctricamente, ofreciendo un camino de baja impedancia para que el ruido eléctrico viaje, manteniendo la precisión y estabilidad de sus mediciones. La sonda sin puesta a tierra sufre ligeramente en el tiempo de respuesta, pero la diferencia es pequeña en comparación con las sondas de unión expuestas y puestas a tierra de diámetros de funda estrechos como 1.6 mm (1⁄16”). La sonda puesta a tierra combina las ventajas de un excelente tiempo de respuesta con la protección de una funda sellada, permitiendo que la unión de termopar toque la punta de la propia funda.

Introducción a los termopares y conjuntos de termopares

¿Qué es un termopar?

Un termopar es un sensor de temperatura que consta de dos cables de metales diferentes, unidos en un extremo, y conectados a un termómetro termopar u otro dispositivo de termopar en el otro extremo. Cuando se configuran correctamente, los termopares pueden proporcionar mediciones de temperatura sobre una amplia gama de temperaturas.

¿Cuáles son los diferentes tipos de termopar?

Los termopares están disponibles en diferentes combinaciones de metales o “calibraciones”. Los más comunes son los termopares de “Metal Básico” conocidos como tipos J, K, T, E y N. También hay algunos tipos de termopares especiales conocidos como termopares de Metales Nobles, estos son los Tipos R, S y B. Los tipos de termopar de mayor temperatura son los termopares de Tipo Refractario que incluye los tipos C, G y D.

¿Cómo elijo un tipo de termopar?

Los termopares suelen elegirse con base en las siguientes condiciones:

- Rango de temperatura
- Precisión
- Compatibilidad del proceso (química y mecánica)
- Compatibilidad del instrumento

¿Cómo sé cuál tipo de unión debo elegir?

Los tipos de termopar con funda están disponibles en tres estilos de unión, puestas a tierra, no puestas a tierra y expuestas.

Atmósfera de operación—Materiales típicos de funda

Material	Temperatura máxima	Atmósfera de aplicación			
		Oxidante	Hidrógeno	Vacío	Inerte
Acero inoxidable 304, 310, 316, y 321	900 °C (1650 °F)	Muy Buena	Buena	Muy Buena	Muy Buena
Inconel® 600	1150 °C (2100 °F)	Muy Buena	Buena	Muy Buena	Muy Buena
Super OMEGACLAD XL	1335 °C (2440 °F)	Excelente	Buena	Muy Buena	Muy Buena
Aleación de platino-rodio	1650 °C (3000 °F)	Muy Buena	Deficiente	Deficiente	Deficiente
Molibdeno	2200 °C (4000 °F)	No Reg.	Justa	Buena	Justa
Tantalio	2300 °C (4200 °F)	No Reg.	No Reg.	Buena	No Reg.

OMEGACLAD™ Especificaciones

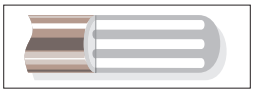
Diámetros: Diámetros estándar: 0.25 mm (0.010"), 0.5 mm (0.020"), 0.75 mm (0.032"), 1 mm (0.040"), 1.5 mm (1⁄16"), 3 mm (1⁄8"), 4.5 mm (3⁄16"), y 6 mm (1⁄4"), 8 mm (0.313") y 9.5 mm (0.375").
Longitud: Los termopares OMEGA™ estándar tienen longitudes de inmersión de 300 mm (12"). Hay más longitudes disponibles.
Fundas: Acero inoxidable 304 e Inconel® son estándar. Hay más materiales de funda disponibles; llame para preguntar por precios y disponibilidad.
Aislamiento: El óxido de magnesio de alta pureza es estándar. La resistencia mínima de aislamiento de cable a cable o de cable a funda es de 1 GΩ a 500 VCC en diámetros superiores a 1.5 mm (1⁄16")
Calibración: Hierro-constantán (J), CHROMEGA-ALOMEGA (K), cobre-constantán (T), y CHROMEGA-constantán (E) son calibraciones estándar.
Doblado: Se doblan y moldean fácilmente. El radio de doblado no debe ser menos que dos veces el diámetro de la funda.
Entrega: Disponible para venta. Hay más fundas disponibles; llame para preguntar por precios y entrega.
Elementos dobles: Termopares con un diámetro de funda de 1 mm (0.040") a 6 mm (1⁄4") están disponibles como elemento doble.
Precisión: Los cables utilizados en los termopares OMEGA son seleccionados y combinados para cumplir con los límites de error de ANSI. Los termopares con límites de error especiales se pueden hacer de cable de termopar OMEGACLAD de 0.25 mm (0.010") a 9.5 mm (0.375") de diámetro externo.
Polaridad ANSI*: En la industria del termopar, la práctica estándar es colorear de rojo el cable negativo. Otros estándares que Omega utiliza son: el cable negativo del termopar de cable descubierto es alrededor de 6 mm (1⁄4") más corto que el cable positivo y el pin grande en un conector de termopar es siempre el conductor negativo. *Polaridad IEC- la práctica estándar es colorear de blanco el cable negativo.
Cable de extensión: El cable de aleación de termopar siempre debe usarse para conectar un sensor termopar a la instrumentación para asegurar mediciones precisas.

Resistencia de aislamiento a temperatura ambiente		
Funda nominal mm (pulg)	Voltaje CC aplicado Min	Resistencia del aislamiento Min
<0.80 (0.03)	50 V	100 MΩ
0.80 a 1.5 (0.030 a 0.059)	50 V	500 MΩ
>1.5 (0.059)	500 V	1000 MΩ

¿Qué es el tiempo de respuesta?

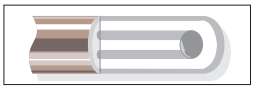
El tiempo de respuesta, también conocido como la constante de tiempo de sensor, es el tiempo que necesita un sensor para responder a un cambio súbito en la temperatura. Esto se define normalmente en un conjunto de condiciones como "el 63.2% de respuesta en el agua fluyendo a 3 pies por segundo". El valor de 63.2% (también conocido como la constante de tiempo primario) es el más común, pero también se pueden usar valores de 50% y 90%. El tiempo de respuesta es una medición comparativa de qué tan rápidamente un sensor indicará un cambio en las condiciones de temperatura y por lo general es un componente para determinar el tiempo de respuesta del sistema. Visite mx.omega.com para ver los tiempos de respuesta típicos de termopar.

Unión puesta a tierra, Sondas OMEGACLAD



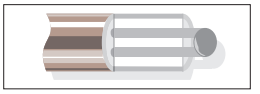
Una **unión puesta a tierra** se recomienda para la medición de temperaturas de gases y líquidos corrosivos estáticos o corrientes y para aplicaciones de alta presión. La unión de un termopar puesto a tierra es soldada a la funda protectora, dando una respuesta más rápida que el tipo de unión no puesta a tierra.

Sondas OMEGACLAD de unión no puesta a tierra



Una **unión sin puesta a tierra** se recomienda para mediciones en ambientes corrosivos y es recomendable aislar el termopar electrónicamente, protegido por la funda. El cable soldado del termopar es aislado físicamente de la funda por polvo de MgO.

Sondas OMEGACLAD de unión expuesta



Una **unión expuesta** es recomendada para la medición de temperaturas de gases no corrosivos, estáticos o en corrientes, en el cual un tiempo de respuesta rápido sea necesario. La unión se extiende más allá de la funda metálica protectora para dar una respuesta rápida y precisa. El aislamiento de la funda se sella donde se extiende la unión para evitar la penetración de humedad o gas, lo que podría causar errores.

Desde la punta del sensor hasta el conector del termopar y el instrumento que lee la señal, OMEGA es responsable por la calidad de nuestros productos.



Cable termopar aislado

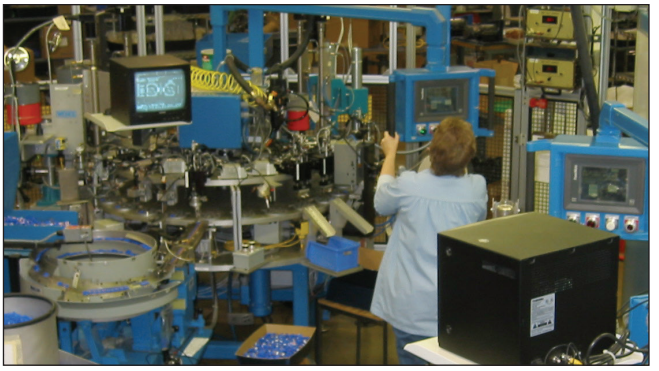
El cable de termopar descubierto puede aislarse con una variedad de materiales para adaptarse a diferentes aplicaciones, ya sea temperatura, resistencia química, resistencia a la abrasión, o cualquier cantidad de otros requerimientos. Las capacidades de manufactura y aislamiento de cables de OMEGA incluyen:

- Trenzado
- Servicio de rosca
- Envoltura con cinta
- Cableado
- Filamento
- Extrusión de plásticos



Cable aislado en minerales, cubierto de metal

OMEGA ha dedicado todo un edificio al único propósito de fabricar cable aislado en minerales y cubierto de metal. Esta línea de manufactura de cables incorpora el cable de termopar, una funda de metal y el aislamiento de óxido mineral (MgO) para producir el OMEGACLAD™ utilizado en nuestros productos de sonda de termopar.



Una de las líneas de manufactura automatizada del conector de OMEGA.

Conectores de termopar

Nos esforzamos por hacer de nuestros productos los mejores para nuestros clientes y en ninguna parte esto se ilustra mejor que en nuestras líneas del conector de termopar. Con recursos como una ventana de grabado extraíble, arandelas de contacto con resorte y divisor interno de cables, nuestros conectores facilitan el montaje y uso. Para garantizar la calidad y confiabilidad, hemos automatizado nuestra manufactura de conectores y realizamos más de 20 controles de calidad durante el proceso.



Sondas de termopar

OMEGA aísla el cable, fabrica el cable aislado en minerales y ensambla los conectores. Utilizamos estos componentes para fabricar nuestras sondas de termopar terminadas en nuestra línea de manufactura automatizada. En cada oportunidad, OMEGA invierte en las últimas tecnologías para llevar funciones y servicios innovadores a nuestros clientes. Este compromiso con la manufactura garantiza que en el estante hay un producto de calidad, fabricado de principio a fin por OMEGA, listo para ser entregado a nuestros clientes.



Nuestra gente

La gente de OMEGA está en el núcleo de nuestro proceso de manufactura. Todos en OMEGA se enorgullecen de los productos que fabrican y ofrecen a nuestros clientes. Ellos entienden la necesidad de calidad y desempeño y antes de todo, valoran la atención al cliente.

Conjuntos de termopar

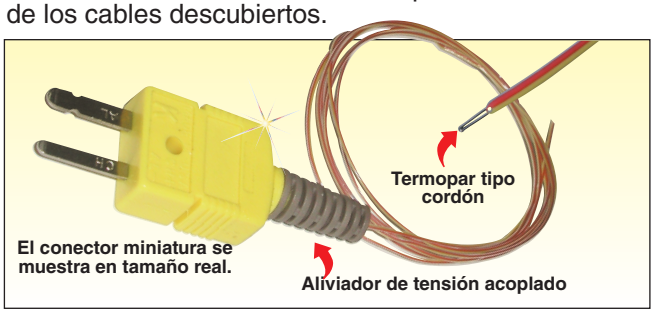
Para cada aplicación de medición de temperatura, hay un termopar o conjunto de termopares que se adapta mejor para proporcionar fiabilidad, precisión y desempeño. Aquí veremos diversos conjuntos de termopares y sus aplicaciones.

- Cable descubierto
- Cable aislado
- Cable aislado de montaje en superficie
- Sonda portátil para superficie
- Metales exóticos/preciosos
- MIMS (Aislado en mineral, cubierto de metal)
- Tipo de desconexión rápida
- Tipo de unión de transición
- Tipo de sonda de manija
- Tipo de cabeza para aplicaciones industriales
- Innovaciones



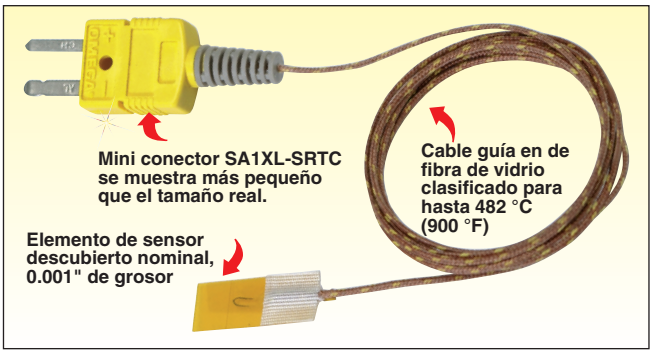
Termopares de cable descubierto

El termopar de cable descubierto es el conjunto más básico disponible. Se compone exclusivamente de dos cables de termopar soldados para crear el circuito del termopar. OMEGA ofrece termopares de cable descubierto con diámetros de cables individuales tan pequeños como 0.001" y tan grandes como 0.128". OMEGA mantiene un *stock* de calibraciones con metales básicos: J, K, T, E y N, así como calibraciones con metales preciosos: R, S, B y C. OMEGA también ofrece una amplia variedad de productos aislantes, como aislantes cerámicos y de tubería trenzada de fibra de vidrio para el aislamiento de los cables descubiertos.



Termopares de cable aislado

OMEGA utiliza cables fabricados en su propia casa para producir la línea de termopares aislados listos para su uso. Estos sensores de temperatura se almacenan en una amplia variedad de terminales, materiales aislantes y longitudes. OMEGA ofrece la mayor selección de termopares de cable aislado disponibles para venta en el mercado. Dado que nosotros fabricamos todos los componentes, las longitudes y configuraciones personalizadas son producidas fácilmente y se envían rápidamente.



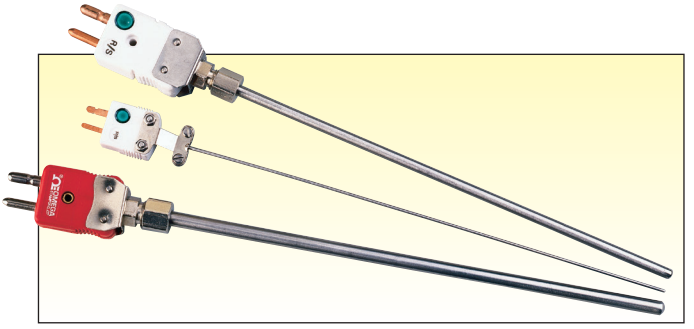
Termopares de cable aislado, de montaje en superficie

Para una fijación temporal o permanente en casi cualquier superficie, OMEGA ofrece termopares de cable aislado con un parche aislante o arandela mecánica que cubre la unión de medición. El parche se puede montar usando un soporte autoadhesivo, o puede ser colocado en su lugar con uno de nuestros cementos de secado al aire libre. El montaje en superficie de estilo arandela puede atornillarse en su lugar. Los termopares de cable de montaje en superficie ofrecen la ventaja de tiempos de respuesta extremadamente rápidos. El SA1XI que se muestra en la ilustración arriba combina todas las características de un termopar del tipo autoadhesivo y un termopar de colocación con cemento, con un tiempo de respuesta más rápido que 0.15 segundos.



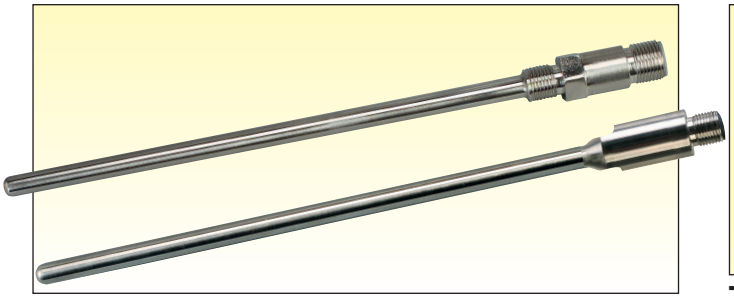
Sondas de superficie

La línea exclusiva de OMEGA de sondas de superficie únicas es ofrecida en más de 50 tipos para superficies inmóviles, giratorias y móviles a temperaturas de hasta 760 °C (1400 °F). Esas sondas pueden ser fabricadas con longitudes y aislamientos de cables personalizados, así como una variedad de materiales de manija. Además, OMEGA utiliza un diseño de elementos exclusivo para asegurar que nuestros clientes reciban un sensor robusto y confiable.



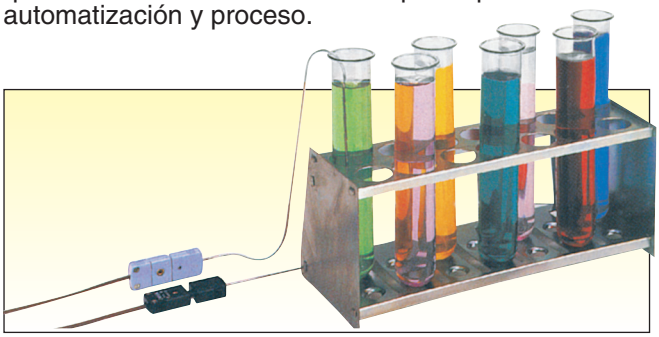
Sondas termopares exóticas

Para aplicaciones que requieren mediciones de temperatura superiores a 1260 °C (2300 °F), se emplean calibraciones R, S, B y C, fabricadas usando varias combinaciones de metales preciosos/exóticos y materiales aislantes. Esas sondas termopares exóticas son utilizadas a temperaturas de hasta 2300 °C (4200 °F). También hay fundas de cerámica para ser usadas con estas calibraciones.



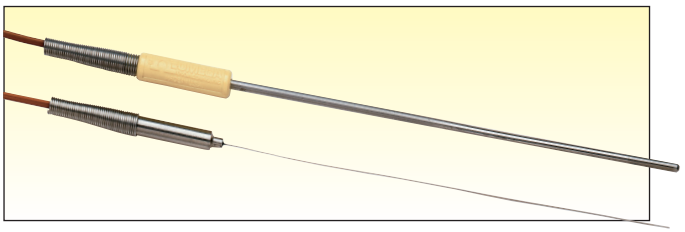
Sondas de termopar M8 y M12

Las nuevas sondas termopares M8 y M12 consisten en un accesorio roscado de metal integral de 12 mm x 1 u 8 mm x 1 y un compensado de pines para termopar. El diseño proporciona un conector seguro, compacto y resistente a la vibración, unido permanentemente a la funda en acero inoxidable e Inconel® de la sonda, lo que resulta en una solución ideal para aplicaciones de automatización y proceso.



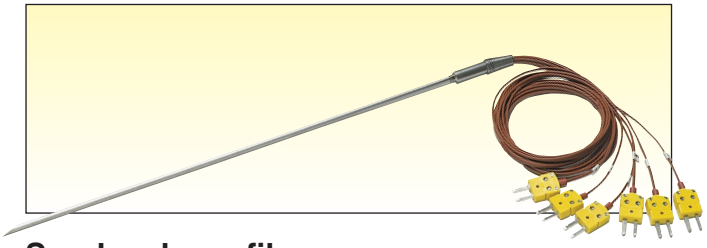
Tipo desconexión rápida

La sonda de estilo de desconexión rápida combina un conector de termopar con la sonda MIMS. El diseño permite que la sonda sea rápidamente conectada y/o desconectada del circuito de medición. Este tipo de sonda está disponible en varias combinaciones de conectores y materiales de funda.



Tipo unión de transición

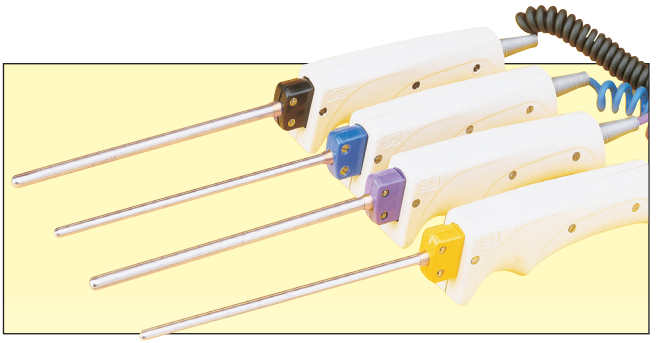
La sonda del tipo unión de transición incorpora la sonda con funda de metal a una extensión de cables incorporados. OMEGA ofrece muchas combinaciones de entrega inmediata o puede fabricar de manera fácil y personalizada casi cualquier combinación de material de funda, calibración, aislamiento de cable y terminación con extremidad fría para adaptarse a su aplicación.



Sondas de perfil

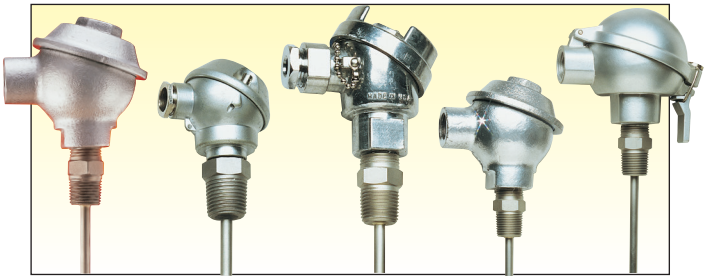
Las sondas de perfil constan de varios termopares de menor diámetro colocados dentro de una sola funda exterior. Funcionan mejor para perfilar la temperatura en varios puntos a lo largo de un solo eje, como un horno de cinta. Omega también ofrece en línea el innovador Configurador de Sonda de Perfil, visite **mx.omega.com** para ayudar en el diseño de la sonda de perfil.

.



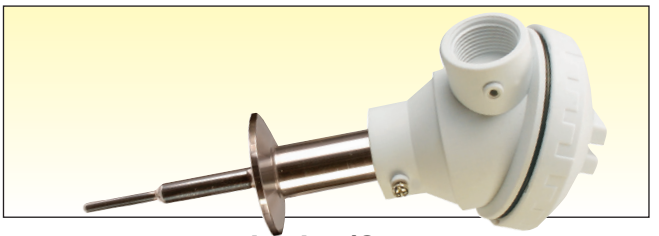
Tipo de sonda de manija

Este tipo de sonda viene con una manija fácil de usar, que también es la transición de la funda de metal para un cable principal. Las manijas pueden ser moldeadas en el local o montadas mecánicamente. Este tipo de sonda se utiliza comúnmente en conjunto con un medidor portátil tal como el Supermedidor de OMEGA. Eso permite al operador hacer inspecciones sorpresa en las líneas de manufactura, en la refinación de metales, en la producción de alimentos y bebidas, en HVACy en cualquier cantidad de aplicaciones. Para ayudar en las aplicaciones, las puntas del sensor vienen en diferentes tipos, tales como una "campana de aire" que protege la unión de detección mientras permite el flujo de aire, o una punta reducida que permite el uso de un material de funda con un medidor de calibre pesado mientras que reduce el tamaño de la punta de detección para obtener un tiempo de respuesta más rápido. Hay muchos tipos disponibles para diversas aplicaciones.



Tipo cabeza para aplicaciones industriales

El termopar con funda de metal del tipo cabeza para aplicaciones industriales se utiliza comúnmente en operaciones de flujo de líquidos o gases, como refinerías de petróleo, tratamiento de aguas residuales y producción de gas natural. La sonda tiene un termopar con funda de metal y un accesorio roscado soldado o soldado con latón, que está unido a una cabeza de plástico o metal. La cabeza contiene un bloque de terminales y un puerto de salida de los cables para conectarse al sistema de monitoreo de temperatura. La sonda es "atornillada" en el proceso, colocando la punta del sensor en el flujo del medio, mientras que mantiene un sistema cerrado.



Termopares sanitarios/CIP (de limpieza in situ)

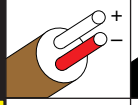
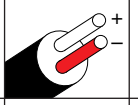
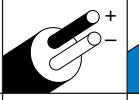
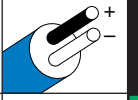
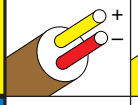
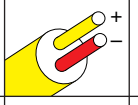
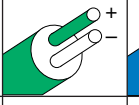
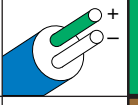
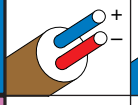
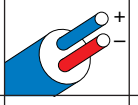
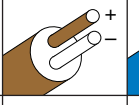
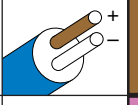
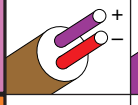
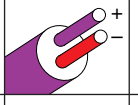
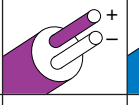
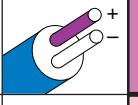
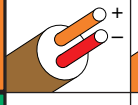
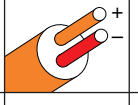
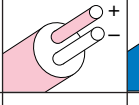
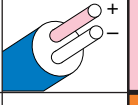
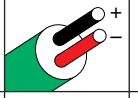
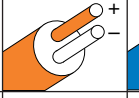
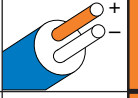
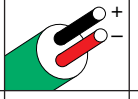
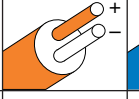
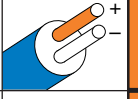
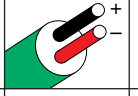
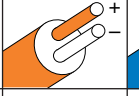
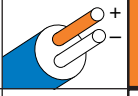
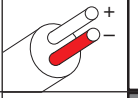
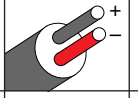
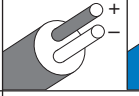
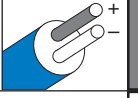
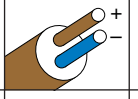
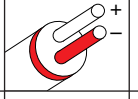
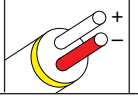
Los sensores de termopares sanitarios/CIP (de limpieza in situ) con aprobación 3A están disponibles con tamaños de reborde de 3⁄4 a 4" de diámetro. Los diseños incluyen cabezas industriales, conectores M12 integrados y configuraciones de termopozos. La línea de productos también incluye los diseños únicos y extensos de transmisores inalámbricos y amplificados de OMEGA. El diseño proporciona las superficies en acero inoxidable 316 altamente pulidas y especialmente mecanizadas con limpieza in situ (CIP) necesarias para el procesamiento de alimentos, bebidas y productos biofarmaceuticos.

Códigos de color† ANSI y IEC
para termopares, cable y conectores

Todos los cables de termopar, sondas y conectores de OMEGA™ están disponibles con códigos de color ANSI o IEC. En este manual, los número de los modelos en las tablas "Haga su pedido" reflejan el producto con código de color ANSI.

Conectores

Conectores

Código ANSI	ANSI/ASTM E-230 Codificación por color Termopar Grado	Extensión Grado	Combinación de aleaciones + Plomo	– Plomo	Comentarios Ambiente Cable descubierto	Máximo rango de temp. de grado T/C	EMF (mV) sobre rango max de temp.	IEC 584-3 Codificación por color Termopar Grado	Intrínsecamente Seguro	Código IEC
J			HIERRO Fe (magnético)	CONSTANTÁN COBRE-NÍQUEL Cu-Ni	Reductor, vacío inerte. Uso limitado al oxidar a altas temperaturas. No recomendado para bajas temperaturas.	–210 a 1200 °C –346 a 2193 °F	–8.095 a 69.553			J
K			CHROMEGA™ NÍQUEL-CROMO Ni-Cr	ALOMEGA™ NÍQUEL-ALUMINIO Ni-Al (magnético)	Oxidante limpio e inerte. Uso limitado en vacío o reducción. Rango de temperatura amplio, Calibración más popular	–270 a 1372 °C –454 a 2501 °F	–6.458 a 54.886			K
T			COBRE Cu	CONSTANTÁN COBRE-NÍQUEL Cu–Ni	Oxidante suave, vacío redactor o inerte. Bueno donde hay humedad. Baja temperatura & aplicaciones criogénicas	–270 a 400 °C –454 a 752 °F	–6.258 a 20.872			T
E			CHROMEGA™ NÍQUEL-CROMO Ni-Cr	CONSTANTÁN COBRE-NÍQUEL Cu-Ni	Oxidante o inerte. Uso limitado en vacío o reducción. Cambio EMF más alto por grado	–270 a 1000 °C –454 a 1832 °F	–9.835 a 76.373			E
N			OMEGA-P™ NICROSIL Ni-Cr-Si	OMEGA-N™ NISIL Ni-Si-Mg	Alternativa al tipo K. Más estable a altas temperaturas	–270 a 1300 °C –450 a 2372 °F	–4.345 a 47.513			N
R	NO ESTABLECIDO		PLATINO-13% RODIO Pt-13% Rh	PLATINO Pt	Oxidante o inerte. No inserte en tubos de metal. Evite la contaminación. Alta temperatura	–50 a 1768 °C –58 a 3214 °F	–0.226 a 21.101			R
S	NO ESTABLECIDO		PLATINO-10% RODIO Pt-10% Rh	PLATINO Pt	Oxidante o inerte. No inserte en tubos de metal. Evite la contaminación. Alta temperatura	–50 a 1768 °C –58 a 3214 °F	–0.236 a 18.693			S
R/ SX	NO ESTABLECIDO		COBRE Cu	COBRE-BAJO NÍQUEL Cu-Ni	Extensión para conexión de termopares R & S, también conocido como extensión RX & SX.					R/ SX
U*	NO ESTABLECIDO		COBRE Cu	COBRE Cu	No compensado para uso con RTDs y termistores					U
B	NO ESTABLECIDO		PLATINO-30% RODIO Pt-30% Rh	PLATINO-6% RODIO Pt-6% Rh	Oxidante o inerte. No inserte en tubos de metal. Evite la contaminación. Altas temperaturas. De uso común en la industria del vidrio	0 a 1820 °C 32 a 3308 °F	0 a 13.820			B
G* (W)	NO ESTABLECIDO		TUNGSTENO W	TUNGSTENO-26% RENIO W-26% Re	Vacío, inerte, hidrógeno. Evite la fragilización. No utilizable en temperaturas inferiores a 399 °C (750 °F). No indicado en atmósferas de oxidación	0 a 2320 °C 32 a 4208 °F	0 a 38.564	NO HAY ESTANDAR UTILICE CÓDIGO DE COLOR ANSI		G (W)
C* (W5)	NO ESTABLECIDO		TUNGSTENO-5% RENIO W-5% Re	TUNGSTENO-26% RENIO W-26% Re	Vacío, inerte, hidrógeno. Evite la fragilización. No utilizable en temperaturas inferiores a 399 °C (750 °F). No indicado en atmósferas de oxidación	0 a 2320 °C 32 a 4208 °F	0 a 37.066	NO HAY ESTANDAR UTILICE CÓDIGO DE COLOR ANSI		C (W5)
D* (W3)	NO ESTABLECIDO		TUNGSTENO-3% RENIO W-3% Re	TUNGSTENO-25% RENIO W-25% Re	Vacío, inerte, hidrógeno. Evite la fragilización. No utilizable en temperaturas inferiores a 399 °C (750 °F). No indicado en atmósferas de oxidación	0 a 2320 °C 32 a 4208 °F	0 a 39.506	NO HAY ESTANDAR UTILICE CÓDIGO DE COLOR ANSI		D (W3)

** No es un símbolo oficial o designación estándar*

† Código de color JIS también disponible.

Tolerancias de termopar
(Unión de referencia a 0 °C)

Límites de error en Estados Unidos ASTM E230-ANSI MC 96.1

Código ANSI		Límites estándar†		Límites especiales†	
J	Rango de Temp.	>0 a 750 °C	>32 a 1382 °F	0 a 750 °C	32 a 1382 °F
	Valor de Tolerancia	2.2 °C o 0.75%	4.0°F o 0.75%	1.1 °C o 0.4%	2.0 °F o 0.4%
K	Rango de Temp.	>0 a 1250 °C	>32 a 2282 °F	0 a 1250 °C	32 a 2282 °F
	Valor de Tolerancia	2.2 °C o 0.75%	4.0 °F o 0.75%	1.1 °C o 0.4%	2.0 °F o 0.4%
	Rango de Temp.*	-200 a 0 °C	-328 a 32 °F		
	Valor de Tolerancia	2.2 °C o 2.0%	4.0 °F o 2.0%		
T	Rango de Temp.	>0 a 350 °C	>32 a 662 °F	0 a 350 °C	32 a 662 °F
	Valor de Tolerancia	1.0 °C o 0.75%	1.8 °F o 0.75%	0.5 °C o 0.4%	1 °F o 0.4%
	Rango de Temp.*	-200 a 0°C	-328 a 32 °F		
	Valor de Tolerancia	1.0 °C o 1.5%	1.8 °F o 1.5%		
E	Rango de Temp.	>0 a 900 °C	>32 a 1652	0 a 900 °C	32 a 1652 °F
	Valor de Tolerancia	1.7 °C o 0.5%	3 °F o 0.5%	1.0 °C o 0.4%	1.8 °F o 0.4%
	Rango de Temp.*	-200 a 0 °C	-328 a 32 °F		
	Valor de Tolerancia	1.7 °C o 1.0%	3 °F o 1.0%		
N	Rango de Temp.	>0 a 1300 °C	>32 a 2372 °F	0 a 1300 °C	32 a 2372 °F
	Valor de Tolerancia	2.2 °C o 0.75%	4.0 °F o 0.75%	1.1 °C o 0.4%	2.0 °F o 0.4%
	Rango de Temp.*	-270 a 0 °C	-454 a 32 °F		
	Valor de Tolerancia	2.2 °C o 2.0%	4.0 °F o 2.0%		
R S	Rango de Temp.	0 a 1450 °C	32 a 2642 °F	0 a 1450 °C	32 a 2642 °F
	Valor de Tolerancia	1.5 °C o 0.25%	2.7 °F o 0.25%	0.6 °C o 0.1%	1 °F o 0.1%
B	Rango de Temp.	800 a 1700 °C	1472 a 3092 °F	No	
	Valor de Tolerancia	0.5%	0.5%	Establecido	
G*C*D*	Rango de Temp.	0 a 2320 °C	32 a 4208 °F	No	
	Valor de Tolerancia	4.5°C o 1.0%	9°F o 1.0%	Establecido	

** No es símbolo oficial o designación estándar* *† El valor que sea mayor.*

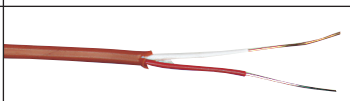
Nota: *El material por lo general se selecciona para cumplir tolerancias por encima de 0°C. Si se necesita que los termopares cumplan tolerancias por debajo de 0°C, el comprador indicará esto, ya que por lo general se requiere la selección del material.*

Tolerancia IEC Clase EN 60584-2; JIS C 1602

Código IEC		Clase 1	Clase 2	Clase 3††
J	Rango de Temp.	-40 a 375 °C	-40 a 333 °C	
	Valor de Tolerancia	±1.5 °C	±2.5 °C	No
	Rango de Temp.	375 a 750 °C	333 a 750 °C	Establecido
	Valor de Tolerancia	Lectura ±0.4%	Lectura ±0.75%	
K N	Rango de Temp.	-40 a 375 °C	-40 a 333 °C	-167 a 40 °C
	Valor de Tolerancia	±1.5 °C	±2.5 °C	±2.5 °C
	Rango de Temp.	375 a 1000 °C	333 a 1200 °C	-200 a -167 °C
	Valor de Tolerancia	±0.4%	Lectura ±0.75%	Lectura ±1.5%
T	Rango de Temp.	-40 a 125 °C	-40 a 133 °C	-67 a 40 °C
	Valor de Tolerancia	±0.5 °C	±1 °C	±1 °C
	Rango de Temp.	125 a 350 °C	133 a 350 °C	-200 a -67 °C
	Valor de Tolerancia	Lectura ±0.4%	Lectura ±0.75%	Lectura ±1.5%
E	Rango de Temp.	-40 a 375 °C	-40 a 333 °C	-167 a 40 °C
	Valor de Tolerancia	±1.5 °C	±2.5 °C	±2.5 °C
	Rango de Temp.	375 a 800 °C	333 a 900 °C	-200 to -167 °C
	Valor de Tolerancia	Lectura ±0.4%	Lectura ±0.75%	Lectura ±1.5%
R S	Rango de Temp.	0 a 1100 °C	0 a 600 °C	
	Valor de Tolerancia	±1 °C	±1.5 °C	No
	Rango de Temp.	1100 a 1600 °C	600 a 1600 °C	Establecido
	Valor de Tolerancia	±[1 + 0.3% x (Rdg-1100)]°C	Lectura ±0.25%	
B	Rango de Temp.			600 a 800 °C
	Valor de Tolerancia	No		+4 °C
	Rango de Temp.	Establecido	600 a 1700 °C	800 a 1700 °C
	Valor de Tolerancia		Lectura ±0.25%	Lectura ±0.5%

†† El material por lo general se selecciona para cumplir tolerancias por encima de -40°C. Si se necesita que los termopares cumplan límites de Clase 3, así como los de Clase 1 o 2, el comprador indicará esto, ya que por lo general se requiere la selección del material.

Identificación de aislamiento de cable y guía de aplicación

Código de aislamiento	Aislamiento		Apariencia del cable de grado termopar	Rango de temperarura, aislamiento	Resistencia a la abrasión	Flexibilidad	Sumersión de agua
	General	Conductores					
PP (Cable de extensión-EXPP)	Cloruro de polivinilo (PVC)	Cloruro de polivinilo (PVC)		-40 a 105 °C -40 a 221 °F	Buena	Excelente	Buena
FF (Cable de extensión-EXFF)	FEP o Neoflon	FEP o Neoflon		-200 a 200 °C -338 a 392 °F	Excelente	Buena	Excelente
TT (Cable de extensión-EXTT)	PFA o Neoflon	PFA o Neoflon		-267 a 260 °C -450 a 500 °F	Excelente	Buena	Excelente
KK	Kapton	Kapton		-267 a 260 °C -450 a 500 °F	Excelente	Buena	Buena
TG	Trenza de Vidrio	PFA o Neoflon		-73 a 260 °C -100 a 500 °F	Buena	Buena	Excelente
GG (Cable de extensión-EXGG)	Trenza de fribra de vidrio	Trenza de fibra de vidrio		-73 a 482 °C -100 a 900 °F	Deficiente	Buena	Deficiente
HH	Trenza de fribra de vidrio Alta temp.	Trenza de fibria de vidrio Alta temp.		-73 a 871 °C -100 a 1300 °F	Deficiente	Buena	Deficiente
XR	Trenza de Refrasil	Trenza de Refrasil		-73 a 871 °C -100 a 1600 °F	Deficiente	Buena a 315 °C (600 °F)	Deficiente a 315 °C (600 °F
XC Trenza estándar XL-Trenza suelta XT-Trenza apretada	Trenza Nextel	Trenza Nextel		-73 a 1204 °C -100 a 2200 °F	Deficiente	Buena	Deficiente
XS	Sílice	Sílice		-73 a 1038 °C -100 a 1990 °F	Deficiente	Buena	Deficiente
TFE	TFE	TFE		-267 a 260 °C -450 a 500 °F	Excelente	Buena	Excelente



Se muestra código de color ANSI

Para encomendar código de color IEC visite mx.omega.com



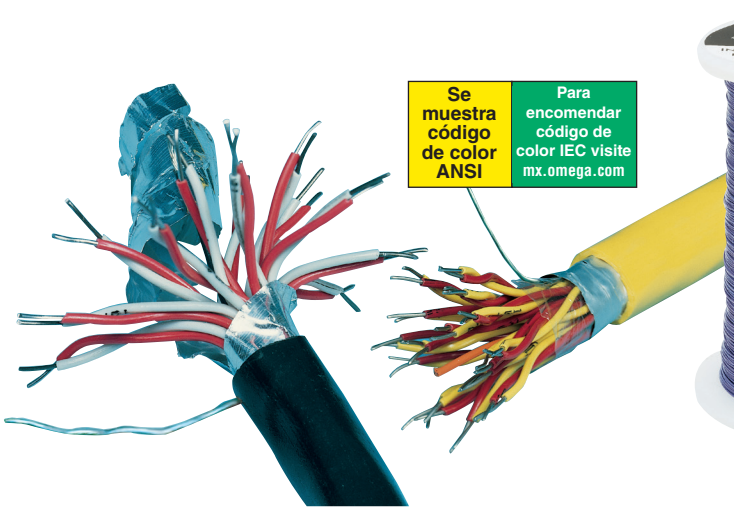


Identificación de aislamiento de cable y guía de aplicación

Resistencia a:					Comentarios
Solvente	**Ácido**	**Base**	**Flama**	**Humedad**	
Suficiente	Buena	Buena	Buena	Buena	PVC codificado por color extruido sobre cada cable descubierto. PVC aplicado sobre primarios aislados. Afectado por cetonas, ésteres.
Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	FEP codificado por color extruido sobre cada cable descubierto. FEP aplicado sobre primarios aislados. Resistencia superior a la abrasión y humedad.
Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	PFA codificado por color extruido sobre cada cable descubierto. Cubierta PFA extruida sobre primarios aislados. Resistencia superior a la abrasión y humedad. Mismas características básicas que FEP pero mayor grado de temperatura
Buena	Buena	Buena	Buena	Excelente	Cinta de Kapton fundida de Aprox. 0.15 mm aplicada a conductores. Luego se aplica una cubierta de 0.10 mm a ambos. Excelente resistencia a la humedad y abrasión, alta potencia dieléctrica (7 kV/mil) retiene mucha integridad física después de la radiación gama. FEP se utiliza como agente vinculante adhesivo [Se derrite a aprox. 260 °C (500 °F)]
Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	PFA extruido sobre cada cable descubierto y una trenza fibra de vidrio en la cubierta. Se puede utilizar para medición sencilla a 343 °C (650 °F)
Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Suficiente	Trenza de fibra de vidrio de 0.12 mm sobre cada conductor y empapada en pegamento. Trenza de fibra de vidrio general aplicada y pegada. El pegamento mejora la resistencia a la humedad y abrasión pero se destruye por encima de 204 °C (400 °F)
Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Suficiente	Trenza de fibra de vidrio de alta temp. sobre cada conductor y empapada en pegamento. Trenza fibra de vidrio general de alta temp. aplicada y pegada. El pegamento mejora la resistencia a la humedad y abrasión pero se destruye por encima de 400 °F
Excelente	Buena para 315 °C (600 °F)	Buena para 315 °C (600 °F)	Excelente	Deficiente	Trenza de fibra de sílice vidrioso aplicada a cada cable descubierto, luego sobre ambos. Apta a 982 °C (1800 °F) si no está sujeta a flexión o abrasión
Excelente	Buena	Buena	Excelente	Suficiente	Fibra cerámica de aluminio óxido de boroy sílice de alta temp. trenzada sobre cada conductor y luego sobre ambos. No se recomienda para termopares de platino o exposición a estaño y cobre derretidos, ácidos hidrofluórico o fosfórico, o álcalis fuertes.
Excelente	Buena	Deficiente	Excelente	Suficiente	El sílice es una fibra de muy alta pureza y químicamente estable. (Contenido de SiO2 99%)
Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Cinta TFE codificada por color aplicada a conductores y cubierta. Resistencia superior a la abrasión, humedad y químicos.







Se muestra código de color ANSI

Para encomendar código de color IEC visite mx.omega.com

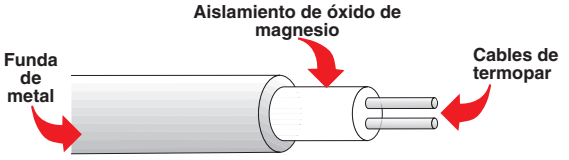


Guía de referencia

Rango de temperatura

OMEGACLAD™ es un sistema de tres piezas compuesto de aislamiento de MgO compactado, cable de termopar y funda de metal. Cuatro factores determinan la temperatura útil de servicio para conjuntos OMEGACLAD™.

- **Propiedades del material de la funda**
- **Diámetro y construcción del conjunto de termopar**
- **Rango para el cable de termopar (Ver Tabla de Error)**
- **Máxima temperatura de servicio de aislamiento. En el caso de MgO, esto es superior a de 1650 °C (3000 °F)**



Límite de temperatura superior en °C (°F) de termopares de cable descubierto protegido Vs. diámetro de cable

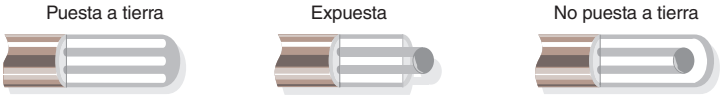
T/C Tipo	Tamaño del cable						
	8 AWG 0.128"	14 AWG 0.064"	20 AWG 0.032"	24 AWG 0.020"	28 AWG 0.013"	30 AWG 0.010"	36 AWG 0.005"
J	760 (1400)	590 (1100)	480 (900)	370 (700)	370 (700)	320 (600)	315 (590)
K	1260 (2300)	1090 (2000)	980 (1800)	870 (1600)	870 (1600)	760 (1400)	590 (1100)
E	870 (1600)	650 (1200)	540 (1000)	430 (800)	430 (800)	370 (700)	320 (600)
T	370 (700)	370 (700)	260 (500)	200 (400)	200 (400)	150 (300)	
RX/SX	200 (400)	200 (400)	200 (400)	200 (400)	200 (400)	150 (300)	
N	1260 (2300)	1090 (2000)	980 (1800)	980 (1800)	980 (1800)	870 (1600)	
CX	472 (800)	472 (800)	472 (800)	472 (800)	472 (800)	400 (752)	

Especificaciones del material de funda

Material	Punto de Fusión (°C/°F)	Temp. máxima continua (°C/°F)	Fuerza de tensión (psi)	
			a 93 °C (200 °F)	a 537°C (1000°F)
Acero inoxidable 304	1405/2560	900/1650	68,000	15,000
Acero inoxidable 310	1405/2560	1150/2100	75,000	27,500
Acero inoxidable 316	1370/2500	925/1700	75,000	23,000
Acero inoxidable 321	1400/2550	870/1600	70,000	17,000
Inconel*	1400/2550	1150/2100	39,000	5,000
SUPER XL	1400/2550	1204/2200	70,000	17,000

** Atmósfera oxidante, al vacío o inerte solamente*

Uniones de termopar comunes



Tamaños equivalentes del conductor

Calibre No.	AWG		SWG		CALIBRE No.	AWG		SWG	
	pulgadas	mm	pulgadas	mm		pulgadas	mm	pulgadas	mm
0	0.3249	8.25	0.324	8.23	23	0.0226	0.574	0.024	0.610
1	0.2893	7.35	0.300	7.62	24	0.0201	0.511	0.022	0.559
2	0.2576	6.54	0.276	7.01	25	0.0179	0.455	0.020	0.508
3	0.2294	5.83	0.252	6.40	26	0.0159	0.404	0.0180	0.457
4	0.2043	5.19	0.232	5.89	27	0.0142	0.361	0.0164	0.417
5	0.1819	4.62	0.212	5.38	28	0.0126	0.320	0.0148	0.376
6	0.1620	4.11	0.192	4.88	29	0.0113	0.287	0.0136	0.345
7	0.1443	3.67	0.176	4.47	30	0.0100	0.254	0.0124	0.315
8	0.1285	3.26	0.160	4.06	31	0.0089	0.226	0.0116	0.295
9	0.1144	2.91	0.144	3.66	32	0.0080	0.203	0.0108	0.274
10	0.1019	2.59	0.128	3.25	33	0.0071	0.180	0.0100	0.254
11	0.0907	2.30	0.116	2.95	34	0.0063	0.160	0.0092	0.234
12	0.0808	2.05	0.104	2.64	35	0.0056	0.142	0.0084	0.213
13	0.0720	1.83	0.092	2.34	36	0.0050	0.127	0.0076	0.193
14	0.0641	1.63	0.080	2.03	37	0.0045	0.114	0.0068	0.173
15	0.0571	1.45	0.072	1.83	38	0.0040	0.102	0.0060	0.152
16	0.0508	1.29	0.064	1.63	39	0.0035	0.089	0.0052	0.132
17	0.0453	1.15	0.056	1.42	40	0.0031	0.079	0.0048	0.122
18	0.0403	1.02	0.048	1.22	41	0.0028	0.071	0.0044	0.112
19	0.0359	0.912	0.040	1.02	42	0.0025	0.064	0.0040	0.102
20	0.0320	0.813	0.036	0.914	43	0.0022	0.056	0.0036	0.091
21	0.0285	0.724	0.032	0.813	44	0.0020	0.051	0.0032	0.081
22	0.0253	0.643	0.028	0.711	45	0.0018	0.046	0.0028	0.071

AWG = Calibre estadounidense de cables
SWG = (Británico) Calibre estándar de cables

Para convertir de AWG para SWG: Determine el diámetro del cable en pulg. (mm) del AWG correcto. Para convertir 30 AWG para SWG, determine que 30 AWG es 0.0100", que es equivalente a 33 SWG.

Cable blindado torcido



Límite de temperatura superior en °C (°F) de OMEGACLAD™ Vs. Diámetro de funda

TC \ Funda Dia.	0.020" 0.5 mm	0.032" 0.8 mm	0.040" 1.0 mm	0.062" 1.6 mm	0.093" 2.4 mm	0.125" 3.2 mm	0.188" 4.8 mm	0.250" 6.3 mm
J	260 (500)	260 (500)	260 (500)	440 (825)	480 (900)	520 (970)	620 (1150)	720 (1300)
K&N	700 (1290)	700 (1290)	700 (1290)	920 (1690)	1000 (1830)	1070 (1960)	1150 (2100)	1150 (2100)
E	300 (570)	300 (570)	300 (570)	510 (950)	580 (1075)	650 (1200)	730 (1350)	820 (1510)
T	260 (500)	260 (500)	260 (500)	260 (500)	260 (500)	315 (600)	370 (700)	370 (700)



Propiedades de aislamiento PFA y FEP

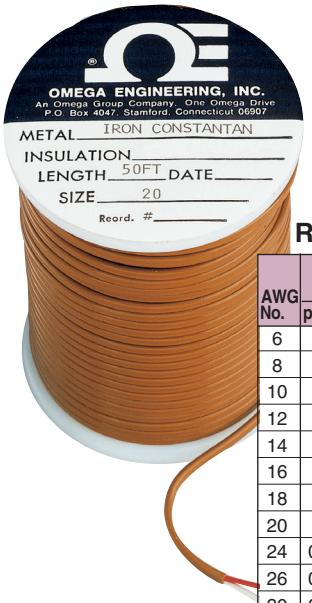


Propiedades generales de FEP y PFA	FEP	PFA
Resistencia química: hidrocarburos, etilenglicol, ácido de batería, fluido de freno, otros químicos	SIN EFECTO	SIN EFECTO
Resistencia a inclemencias del tiempo	SIN EFECTO	SIN EFECTO
Absorción de agua (ASTM D570)	0.1%	0.1%
Inflamabilidad (UL 83, ensayo a la llama de alambre vertical)*	SIN POST-COMBUSTIÓN	SIN POST-COMBUSTIÓN
Punto de fusión °F	518 °F	590 °F
Punto de fusión °C	270 °C	300 °C
Temperatura superior de servicio °C (°F) 1500 a 2000 hrs. aproximadamente 20,000 hrs. Doblez en frío a -65 °C 2.5 K V para 5 min.	 200 °C (392 °F) 177 °C (350 °F) APROBADO	 288 °C (550 °F) 260 °C (500 °F) APROBADO
Gravedad específica	2.15	2.15

La combinación de las propiedades químicas y físicas de FEP y PFA es resultado de su verdadera estructura de fluorocarbono. Esta inusual estructura produce un material que tiene una inercia química casi universal; insolubilidad completa en todos los disolventes conocidos por debajo de 300 °C (572 °F); excelente estabilidad térmica y propiedades eléctricas insuperables incluyendo baja pérdida dieléctrica, baja constante dieléctrica y alta fuerza dieléctrica. Además, FEP y PFA no son quebradizos a temperaturas muy bajas.

DISPONIBLE EN LONGITUDES DE BOBINA

Propiedades mecánicas y eléctricas	FEP	PFA
Resistencia a la tracción, psi 23 °C (73 °F) ASTM D638	3000	4000
Elongación, % 23 °C (73 °F) ASTM D638	300	300
Módulo de flexión, psi 23 °C (73 °F) ASTM D790	95,000	95,000
Vida útil de flexibilidad, MIT (7 a 9 mils) 82 °C (180 °F) Flexiones	100,000	200,000
Fuerza de impacto, pie.lb/pulg.: ASTM D256 Temperatura ambiente	NINGUNA RUPTURA	NINGUNA RUPTURA
-54 °C (-65 °F)	10	10
Coeficiente de fricción, 10 fpm, 100 psi	0.3	0.2
Corte dinámico (lb) radio de la cuchilla Instron de 1/16" desplazándose a 0.2"/min. (0.0031" grosor de aislamiento) 23 °C	118	
75 °C	73	
Constante dieléctrica, ASTM D50	2.1	2.1
Resistividad de volumen, ohm-cm ASTM D257	10^{18}	10^{18}
Factor de disipación, ASTM D150,102 - 106 Hz	0.001	0.0004



Resistencia vs. Diámetro de cable *[Resistencia en ohmios por pie doble a 20 °C (68 °F)]*

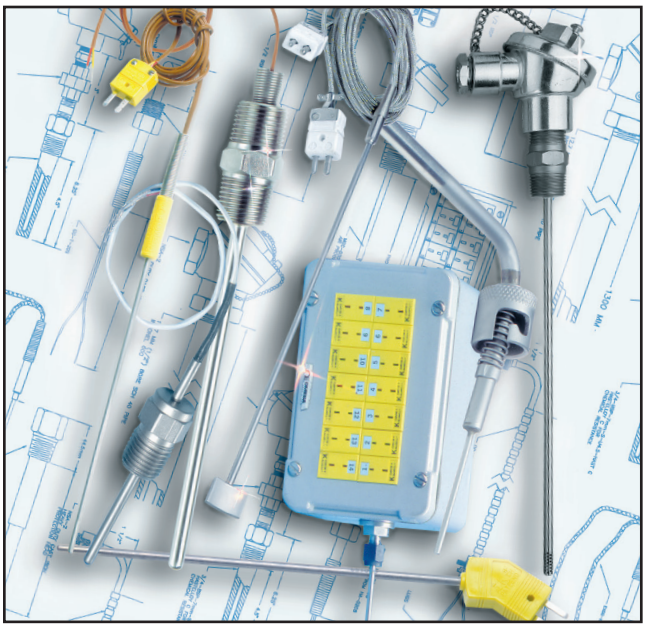
AWG No.	Diámetro pulgadas	Diámetro mm	Tipo K†† CHROMEGA®/ ALOMEGA®	Hierro/ Constantán Tipo J	Cobre/ Constantán Tipo T	CHROMEGA®/ Constantán Tipo E	Pt/ Pt10%Rh Tipo S	Tipo R Pt/ Pt13%Rh	Aleación de cobre11** Tipo RX/SX	W5%Re/ W26%Re Tipo C†	Aleación 405 y 426 Tipo CX	W/ W26%Re Tipo G†	W3%Re W25%Re Tipo D†	Cobre/ Cobre* Tipo BX
6	0.162	4.11	0.023	0.014	0.012	0.027	0.007	0.007	0.003	0.009	0.014	0.008	0.009	0.000790
8	0.128	3.25	0.037	0.022	0.019	0.044	0.011	0.011	0.004	0.015	0.023	0.012	0.015	0.001256
10	0.102	2.59	0.058	0.034	0.029	0.069	0.018	0.018	0.007	0.023	0.037	0.020	0.022	0.001998
12	0.081	2.06	0.091	0.054	0.046	0.109	0.028	0.029	0.011	0.037	0.058	0.031	0.035	0.00318
14	0.064	1.63	0.146	0.087	0.074	0.175	0.045	0.047	0.018	0.058	0.093	0.049	0.055	0.00505
16	0.051	1.30	0.230	0.137	0.117	0.276	0.071	0.073	0.028	0.092	0.146	0.078	0.088	0.00803
18	0.040	1.02	0.374	0.222	0.190	0.448	0.116	0.119	0.045	0.148	0.238	0.126	0.138	0.01277
20	0.032	0.81	0.586	0.357	0.298	0.707	0.185	0.190	0.071	0.235	0.371	0.200	0.220	0.02030
24	0.0201	0.51	1.490	0.878	0.7526	1.78	0.464	0.478	0.180	0.594	0.941	0.560	0.560	0.05134
26	0.0159	0.40	2.381	1.405	1.204	2.836	0.740	0.760	0.288	0.945	1.503	0.803	0.890	0.08162
30	0.0100	0.25	5.984	3.551	3.043	7.169	1.85	1.91	0.727	2.38	3.800	2.03	2.26	0.2064
32	0.0080	0.20	9.524	5.599	4.758	11.31	1.96	3.04	1.136	3.8	5.94	3.22	3.60	0.3282
34	0.0063	0.16	15.17	8.946	7.66	18.09	4.66	4.82	1.832	6.04	9.57	5.10	5.70	0.5218
36	0.0050	0.13	24.08	14.20	12.17	28.76	7.40	7.64	2.908	9.6	15.20	8.16	9.10	0.8296
38	0.0039	0.10	38.20	23.35	19.99	45.41	11.6	11.95	4.780	15.3	24.98	12.9	15.3	1.3192
40	0.00315	0.08	60.88	37.01	31.64	73.57	18.6	19.3	7.327	24.4	38.30	20.6	23.0	2.098
44	0.0020	0.051	149.6	88.78	76.09	179.20	74.0	76.5	18.18	60.2	95.00	51.1	56.9	5.134
50	0.0010	0.025	598.4	355.1	304.3	716.9	185	191	72.7	240	380.0	204	227	20.64
56	0.00049	0.012	2408	1420	1217	2816	740	764	302.8	1000	1583	850	945	86.38

** Incremente la resistencia en 19% para cable tipo RTD chapado en níquel. ** Máxima resistencia de cable revisado.*
† No es símbolo ANSI. † † La resistividad para N es 1.324 veces los valores del tipo K .

Omega Engineering:
Una fuerza en la manufactura

Omega Engineering tiene su sede en Stamford, Connecticut. La compañía tiene aproximadamente 37,000 metros cuadrados de espacio de manufactura repartido en 4 ubicaciones en casi una docena de instalaciones en todo el mundo, y, conforme se introducen nuevos productos, este espacio de producción se incrementa. Estos son algunos ejemplos específicos de las operaciones de manufactura actuales en diversas instalaciones de Omega.

Los productos OMEGA se utilizan en muchas aplicaciones críticas en la manufactura, procesamiento de alimentos, medicina, industria aeroespacial y ciencia, por nombrar algunas. OMEGA fabrica la mayoría de los componentes individuales con el equilibrio perfecto entre el proyecto resistente y las especificaciones de calidad. Como resultado, OMEGA puede hacer posible una medición de control a través del extenso uso de la automatización y las pruebas de calidad. Esta es la clave de la alta estima que OMEGA disfruta entre sus clientes y de la reputación de sus productos de alta calidad y altamente consistentes.



Productos de medición de temperatura diseñados a la medida.



Cable: termopar, RTD, termistor, montaje de calentador.

Producción de cables

La manufactura en Omega empieza cerca de la parte inferior de la cadena de suministro. La compañía actualmente produce su propio cable de termopar en una operación de manufactura que produce decenas de millones de metros al año. Comenzando con existencias de cable descubierto en una amplia gama de composiciones y diámetros, el cable terminado se hace para un sinnúmero de productos Omega. Máquinas especializadas producen cable trenzado, extruido, envuelto en vidrio, blindado, de un solo conductor, multi-conductor, de pares blindados torcidos, cubierto de Kapton® y cubierto de PTFE en estilos tanto sólidos como varados. El tamaño más pequeño utilizado es de calibre 40, que es mucho más fino que un cabello humano. Tales tamaños de calibre pequeño se utilizan en muchos sensores de temperatura y presión, y el personal de producción de Omega se ha vuelto experto en el manejo de estos cables super finos. Si usted puede pensar en un tipo de cable, probablemente se haya hecho en las instalaciones de Omega.

Metalurgia

Dado que se necesita una gran inversión para tener una capacidad extensa de mecanizado interno, muchos fabricantes subcontratan este trabajo a los talleres de máquinas. No es así en Omega. La compañía ha estado dispuesta a invertir tanto para un mejor control de la calidad del producto como para facilitar la introducción de nuevos productos. El resultado es una sofisticada operación de mecanizado CNC que produce muchas de las piezas utilizadas en su medición, control de procesos y productos de automatización. Las piezas fabricadas van desde lo simple, como los pines del conector termopar, hasta lo extraordinario, como componentes militares y aeroespaciales ultra precisos y ultra complejos. Para una precisión extrema, las instalaciones cuentan con capacidad de mecanizado de descarga eléctrica (EDM). Los productos Omega que incorporan estas piezas mecanizadas terminan en una increíble diversidad de aplicaciones, cuyos ejemplos incluyen máquinas de ensayo para mamografías, submarinos, aeronaves, equipo de procesamiento de alimentos y bebidas, y los sistemas de automatización de fábricas.

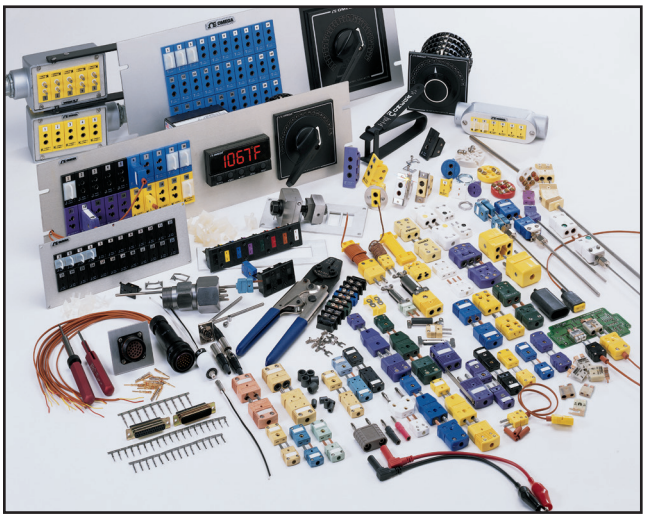


Capacidad de mecanizado interno.

Omega Engineering:
Una fuerza en la manufactura

Conectores de termopar

Omega es el mayor fabricante del mundo de conectores de termopar, tanto en volumen como en selección. Estos conectores se utilizan directamente en los productos Omega y están disponibles por separado para los usuarios finales. La compañía tiene una operación de moldeado interna para las carcasas de plástico, y también hace los demás componentes, como enchufes y tomas, piezas de alivio de voltaje, abrazaderas y accesorios de montaje. Una revisión de la página web de Omega muestra una sorprendente gama de estilos y opciones para cubrir cualquier necesidad imaginable y todos son fabricados por Omega. Una extensa oferta de productos como esta podría ser un desafío logístico abrumador si se utilizaran decenas de vendedores o las piezas fueran fabricadas en el extranjero. Al fabricar estas piezas, Omega puede mantener un control total sobre la calidad, el inventario y la entrega.



Conectores de termopar y sistemas de panel.



Sondas y conjuntos termopares

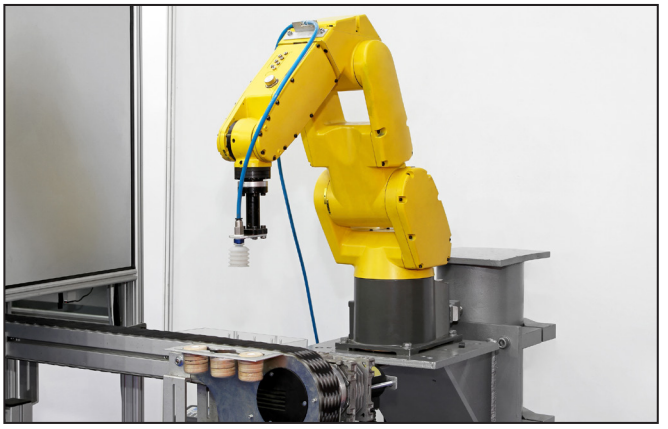
Sondas de temperatura

Omega cuenta con una planta de manufactura de sondas automatizadas que no tiene igual. Empezando con rollos de metal plano y una amplia gama de tipos de cables, una línea de producción altamente automatizada produce funda de sonda, con cableado cerrado, en rollos que pueden ser de cientos de metros de longitud. Los tamaños de las fundas van desde increíblemente delgadas 0.010 pulgadas hasta robustas 0.375 pulgadas. Mientras otros fabricantes hacen las sondas individualmente a una longitud específica, Omega puede hacer cualquier longitud deseada simplemente cortándola del rollo de sonda. El sensor de temperatura (termopar o RTD) se añade entonces a un extremo, los cables se añaden al otro y la unidad es sellada, probada, calibrada y lista para usarse.

Automatización

Omega es una gran defensora de la automatización de procesos tanto por su productividad como por sus beneficios de calidad. Se utiliza ampliamente en las diversas ubicaciones de manufactura. Donde se utilizan equipos comerciales, los procesos de entrada y salida suelen ser objetos de automatización interna. Omega tiene algunos de los ingenieros de automatización más talentosos y ha invertido en los talleres y laboratorios modelo necesarios para darles apoyo. Trabajando con un talentoso equipo de ingenieros de software, es producida una amplia gama de equipos de automatización personalizada. Curiosamente, Omega hace un gran uso de sus propios componentes y productos de instrumentación en esos proyectos de automatización; productos que también son comprados y utilizados por otros fabricantes en todo el mundo. Eso incluye sensores de temperatura y presión, celdas de carga, actuadores, calentadores e instrumentación.





Sistemas de automatización en funcionamiento.

Manufactura y distribución de clase mundial

Como proveedora internacional de productos de alta ingeniería y soluciones personalizadas, integrando todo esto en un único local, OMEGA utiliza un enfoque de mercadotecnia diverso que incorpora literatura, mercadotecnia en línea y ventas por teléfono para llegar a una gran base de clientes en los mercados industriales y académicos que desean obtener una fuente conveniente y confiable de productos, sistemas y servicios. Nuestro enfoque en servicio al cliente y productos sólidos, tecnología de punta, personalización y entrega rápida nos ha dado un modelo de negocio flexible y sustentable. OMEGA es una marca fuerte con altos niveles de fieles clientes y una reputación sin igual en la satisfacción de las necesidades del cliente.



Conclusión

Aunque lejos de ser detalladas, las capacidades mencionadas anteriormente dan una idea de las extensas operaciones de manufactura que son parte de Omega Engineering. Aunque un cliente que utiliza productos estándar normalmente sólo requiera de asistencia en ventas o aplicaciones, tras bambalinas hay un gran equipo de talentosos trabajadores, diseñadores de productos, ingenieros de software y expertos en automatización en la línea de producción. Todos ellos están listos y capaces de crear e implementar innovadoras soluciones personalizadas para aplicaciones difíciles e inusuales. No lo dude: Omega Engineering es uno de los mejores y más importantes fabricantes. Cuando usted trata con nosotros, puede estar seguro de que está tratando con una compañía con una excelente capacidad organizacional y que posee un control total sobre la calidad, consistencia y confiabilidad de sus productos.



Lineamientos prácticos para medición de temperatura

La temperatura puede medirse con una amplia gama de sensores. Todos ellos infieren la temperatura detectando un cambio en una característica física. Seis tipos con los que el ingeniero podría entrar en contacto son: termopares, dispositivos de temperatura de resistencia (RTDs y termistores), radiadores infrarrojo, dispositivos bimetálicos, dispositivos de expansión de líquidos, y dispositivos de cambio de estado. Es bueno comenzar con una breve reseña de cada uno.

Los termopares consisten esencialmente de dos tiras o cables hechos de diferentes metales y unidos en un extremo. Como se discute más adelante, los cambios en la temperatura en ese punto inducen un cambio en la fuerza electromotriz (FEM) entre los otros extremos. Cuando la temperatura sube, esa FEM de salida del termopar se eleva, aunque no necesariamente de forma lineal.

Los dispositivos de temperatura de resistencia aprovechan el hecho de que la resistencia eléctrica de un material cambia conforme cambia su temperatura. Dos tipos principales son los dispositivos metálicos (comúnmente conocidos como RTDs) y termistores.

Como su nombre lo indica, los RTDs dependen en el cambio de resistencia en un metal, con la resistencia elevándose más o menos linealmente con la temperatura. Los termistores se basan en el cambio de resistencia en un semiconductor cerámico; la resistencia cae de forma no lineal con aumento de temperatura.

Los sensores infrarrojo son dispositivos de no contacto. Como se discute más adelante, infieren la temperatura midiendo la radiación térmica emitida por un material.

Los dispositivos bimetálicos aprovechan la diferencia en la tasa de expansión térmica entre los diferentes metales. Tiras de dos metales se unen entre sí. Cuando se calientan, un lado se expandirá más que el otro y la curvatura resultante se traduce en una lectura de temperatura por enlace mecánico a un puntero. Estos dispositivos son portátiles y no requieren una fuente de alimentación pero, por lo general, no son tan precisos como termopares o RTDs y no se prestan fácilmente a registrar temperaturas.

Los dispositivos de expansión de fluidos, tipificados por los termómetros caseros, por lo general vienen en dos clasificaciones principales: el tipo de mercurio y el tipo orgánico-líquido. También hay disponibles versiones que emplean gas en lugar de líquido. El mercurio es considerado un peligro ambiental, por lo que hay reglamentos que rigen el envío de dispositivos que lo contienen. Los sensores de expansión de fluidos no requieren energía eléctrica, no plantean riesgos de explosión y son estables incluso después de ciclos repetidos. Por otro lado, no generan datos que sean fácilmente registrados o transmitidos, y no pueden hacer mediciones de foco o punto.

Los sensores de temperatura de cambio de estado consisten en etiquetas, pellets, crayones, lacas o cristales líquidos cuya apariencia cambia cuando se alcanza cierta temperatura. Se utilizan, por ejemplo, con válvulas de vapor – cuando una válvula de vapor excede una cierta temperatura, un punto blanco en una etiqueta de sensor adherida a la trampa la vuelve negra.

El tiempo de respuesta suele tomar minutos, por lo que estos dispositivos con frecuencia no responden a los cambios de temperatura transitorios y la precisión es menor que con otros tipos de sensores. Además, el cambio de estado es irreversible, excepto en el caso de las pantallas de cristal líquido. Aun así, los sensores de cambio de estado pueden ser útiles cuando se necesita confirmación de que la temperatura de una pieza del equipo o un material no ha excedido un cierto nivel, por ejemplo por razones técnicas o legales, durante el traslado del producto.

Los más resistentes y confiables

En las industrias de procesos químicos, los sensores de temperatura más utilizados son termopares, dispositivos resistivos y dispositivos infrarrojo. Hay un malentendido generalizado en cuanto a la forma en que estos dispositivos funcionan y cómo deben usarse.

Termopares: Consideremos primero el termopar, quizás el más utilizado y menos comprendido de los tres. Esencialmente, un termopar consta de dos aleaciones unidas en un extremo y abiertas en el otro. La FEM en el extremo de salida (el extremo abierto; *V_1 en la Figura 1a)* es una función de la temperatura T_1 en el extremo cerrado. Cuando la temperatura aumenta, la FEM sube.

Con frecuencia el termopar se ubica dentro de una cubierta de metal o cerámica que lo protege de varios ambientes. Los termopares con funda de metal también están disponibles con muchos tipos de revestimientos exteriores, tales como el politetrafluoroetileno, para uso sin problemas en soluciones corrosivas.

La FEM del extremo abierto es una función no sólo de la temperatura de extremo cerrado (es decir, la temperatura en el punto de medición) sino también de la temperatura en el extremo abierto *(T_2 en la Figura 1a).* Solo manteniendo la T_2 a una temperatura estándar puede la FEM medida considerarse una función directa del cambio en T_1. El estándar industrialmente aceptado para T_2 es de 0 °C; por lo tanto, la mayoría de las tablas y gráficos asumen que T_2 está en ese nivel. En la instrumentación industrial, la diferencia entre la temperatura real en T_2 y 0 °C por lo general se corrige electrónicamente, dentro de la instrumentación. Este ajuste de la FEM se conoce como corrección de unión fría o CJ.

Los cambios de temperatura en el cableado entre los extremos de entrada y salida no afectan al voltaje de salida, siempre y cuando el cableado sea de aleación de termopar o un equivalente termoeléctrico *(Figura 1a).* Por ejemplo, si un termopar está midiendo temperatura en un horno y el instrumento que muestra la lectura está a cierta distancia, el cableado entre los dos podría pasar cerca de otro horno y no ser afectado por su temperatura, a menos que se caliente lo suficiente para fundir el cable o cambiar permanentemente su comportamiento electrotérmico.

La composición de la unión en sí no afecta la acción del termopar de ninguna manera, siempre y cuando la temperatura, T_1, se mantenga constante a lo largo de la unión y el material de unión sea eléctricamente conductor *(Figura 1b).* Del mismo modo, la lectura no se ve afectada por la inserción de aleaciones no termopar en una o ambas puntas, siempre y cuando la temperatura en los extremos del material “espurio” sea la misma *(Figura 1c).*

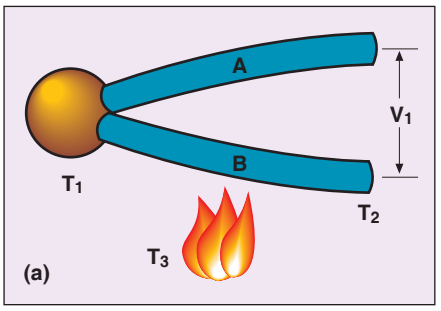


Figura 1a

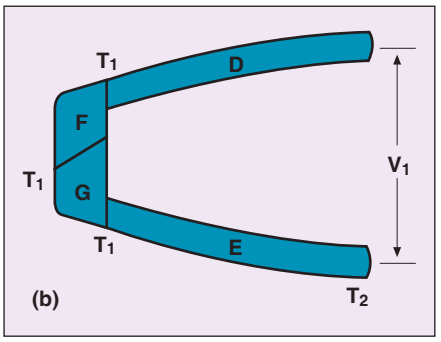


Figura 1b

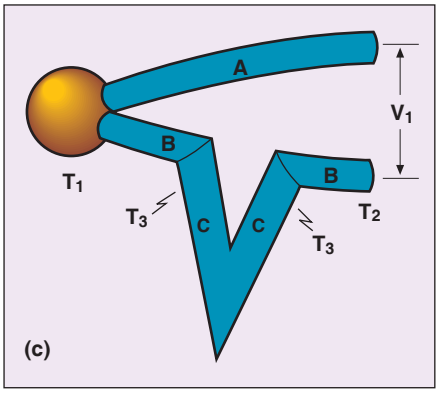


Figura 1c

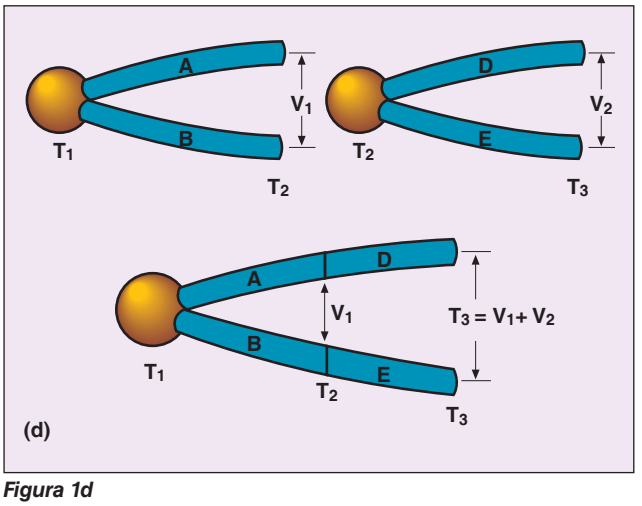


Figura 1d

Figura 1. *Asumiendo que se cumplan ciertas condiciones (texto), el desempeño del termopar no se ve afectado por lo cambios en la temperatura del cableado (a), la composición de la unión (b), ni la inserción de aleaciones de no termopar en las puntas (c). Como también se discutió en el texto, las lecturas de termopar pueden ser aditivas (d).*

Esta capacidad del termopar para funcionar con un metal espurio en la ruta de transmisión permite el uso de varios dispositivos especializados, como los interruptores de termopar. Mientras el cableado de transmisión por sí mismo suele ser el equivalente termoeléctrico de la aleación de termopar, los interruptores de termopar en correcto funcionamiento deben estar hechos de elementos de aleación de cobre chapados en oro o chapados en plata con resortes de acero adecuados para asegurar un buen contacto. Mientras las temperaturas en las uniones de entrada y salida del interruptor sean iguales, este cambio en la composición no hace ninguna diferencia.

Es importante tener cuidado de lo que podría llamarse la Ley de Termopares Sucesivos. De los dos elementos que se muestran en la parte superior de la *Figura 1d,* un termopar tiene T_1 en el extremo caliente y T_2 en el extremo abierto. El segundo termopar tiene su extremo caliente en T_2 y su extremo abierto en T_3. El nivel de FEM para el termopar que está midiendo T_1 es V_1; que para el otro termopar es V_2. La suma de las dos FEMs, V_1 más V_2, equivale a la FEM V_3 que sería generada por el termopar combinado operando entre T_1 y T_3. En virtud de esta ley, un termopar designado para una temperatura de referencia de extremo abierto puede usarse con una temperatura de extremo abierto diferente.

RTDs: Un RTD típico consta de un cable de platino fino envuelto alrededor de un mandril y con una cubierta protectora. Por lo general, el mandril y la cubierta son de vidrio o cerámica

A la pendiente media del gráfico de resistencia vs. temperatura para el RTD se le conoce como valor alfa (*Figura 2*), donde alfa representa el coeficiente de temperatura. La pendiente de la curva para un sensor dado depende hasta cierto punto de la pureza del platino que contiene.

La pendiente estándar más utilizada, perteneciente a platino de una pureza y composición particular, tiene un valor de 0.00385 (asumiendo que la resistencia se mida en ohmios y la temperatura en grados Celsius). Una curva de resistencia vs. temperatura trazada con esta pendiente es la llamada curva europea, porque los RTDs de esta composición se usaron por primera vez extensamente en ese continente. Complicando el panorama está también otra pendiente estándar, perteneciente a una composición de platino ligeramente diferente. Con un valor alfa ligeramente más alto de 0.00392, sigue lo que se conoce como la curva estadounidense.

Si el valor alfa para un RTD dado no se especifica, por lo general es 0.00385. Sin embargo, es prudente asegurarse de esto, sobre todo si las temperaturas a medir son altas. Este punto se destaca en la *Figura 2*, que muestra tanto la curva europea como la estadounidense para el RTD más utilizado, concretamente uno que presenta resistencia de 100 ohmios a 0 °C.

Termistores: La relación resistencia-temperatura de un termistor es negativa y altamente no lineal. Esto plantea un grave problema para los ingenieros que deben diseñar sus propios circuitos. Sin embargo, la dificultad se puede aligerar usando termistores en pares combinados, de tal manera que las no linealidades se compensan entre sí. Además, los vendedores ofrecen medidores y controles de panel que compensan internamente la falta de linealidad de los termistores.

Los termistores suelen designarse de acuerdo a su resistencia a 25 °C. La más común de estas clasificaciones es 2252 ohmios; otras son de 5,000 y 10,000 ohmios. Si no se especifica lo contrario, la mayoría de los instrumentos aceptarán el tipo de termistor 2252.

Lineamientos prácticos para medición de temperatura (Cont'd)

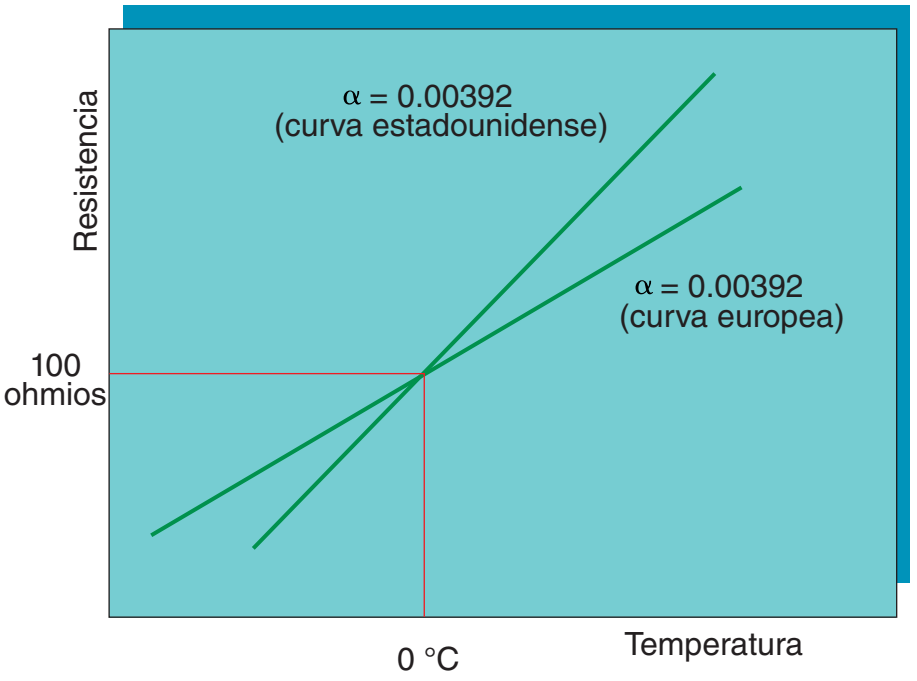


Figure 2. *Un RTD dado representa cualquiera de las dos relaciones estándar resistencia-vs.-temperatura, conocidas comúnmente como valores alfa. Un ingeniero sabio no usará un RTD, sobre todo para mediciones de alta temperatura, sin conocer su valor alfa.*

Sensores infrarrojo: Estos miden la cantidad de radiación emitida por una superficie. La energía electromagnética irradia de toda la materia sin importar su temperatura. En muchas situaciones de proceso, la energía está en la región infrarroja. Conforme la temperatura sube, la cantidad de radiación infrarroja y su frecuencia promedio suben.

Diferentes materiales irradian a diferentes niveles de eficiencia. Esta eficiencia se cuantifica como emisividad, un número decimal o porcentaje que va de 0 a 1 o 0% a 100%. La mayoría de los materiales orgánicos, incluyendo la piel, son muy eficientes, con frecuencia presentando una emisividad de 0.95. La mayoría de los metales pulidos, por otro lado, tienden a ser radiadores ineficientes a temperatura ambiente, con emisividad o eficiencia a menudo de 20% o menos.

Para funcionar correctamente, un dispositivo de medición infrarrojo debe tener en cuenta la emisividad de la superficie a medir. Esto por lo general puede consultarse en una tabla de referencia. Sin embargo, tome en cuenta que las tablas no pueden dar cuenta de las condiciones localizadas como oxidación y rugosidad de la superficie. Una forma a veces práctica de medir la temperatura con infrarrojo cuando no se conoce el nivel de emisividad es "forzar" la emisividad a un nivel conocido, cubriendo la superficie con cinta adhesiva (emisividad de 95%) o una pintura altamente emisiva.

Una parte de la entrada del sensor bien puede consistir de energía que no es emitida por el equipo o material cuya superficie es el objetivo, pero en su lugar está siendo reflejada por esa superficie de otro equipo o materiales. La emisividad se refiere a la energía que irradia de una superficie, mientras que la "reflexión" se refiere a la energía reflejada de otra fuente. La emisividad de un material opaco es un indicador inverso de su reflectividad –las sustancias que son buenas emisoras no reflejan mucha energía incidente y, por lo tanto no suponen un gran problema en el sensor para determinar las temperaturas de superficies. A la inversa, cuando se mide una superficie objetivo con sólo, por ejemplo, 20% de emisividad, mucha de la energía que llega al sensor podría ser debido a la reflexión, por ejemplo, de un horno cercano a otra temperatura. En pocas palabras, tener cuidado con los objetivos, calientes de reflejo espurio.

Un dispositivo infrarrojo es como una cámara, y así cubre un cierto campo visual. Podría, por ejemplo, ser capaz de "ver" un cono visual de 1 grado o un cono de 100 grados. Al medir una superficie, asegúrese de que la superficie llene completamente el campo visual. Si la superficie objetivo no llena el campo visual al principio, acérquese o utilice un instrumento con un campo visual más estrecho. O simplemente tome en cuenta la temperatura de fondo (es decir, ajústese a ella) al leer el instrumento.

Guías de selección

Los RTDs son más estables que los termopares. Por otro lado, como clase, su rango de temperatura no es tan amplio: los RTDs operan de -250 a 850 °C (-418 a 1562 °F), mientras que los termopares van de -270 a 2,300 °C (-457 a 4172 °F).

Los termistores tienen una vida más restrictiva, utilizándose comúnmente entre -40 y 150 °C (-40 y 302 °F), pero ofrecen una alta precisión en ese rango.

Los termistores y RTDs comparten una limitación muy importante. Son dispositivos resistivos y, en consecuencia, funcionan pasando una corriente a través de un sensor. Aunque por lo general se emplea sólo una muy pequeña corriente, crea una cierta cantidad de calor y por lo tanto puede desequilibrar la lectura de la temperatura. Este auto-calentamiento en sensores resistivos puede ser significativo cuando se trata de un fluido inmóvil (es decir, uno que no está fluyendo ni agitándose), porque ya no hay que sortear tanto el calor generado. Este problema no surge con los termopares, que son esencialmente dispositivos de corriente cero.

Los sensores infrarrojo, aunque relativamente caros, son apropiados en temperaturas extremadamente altas. Están disponibles hasta para 3000 °C (5400 °F), excediendo por mucho el rango de termopares u otros dispositivos de contacto.

El enfoque infrarrojo es también atractivo cuando no se quiere entrar en contacto con la superficie cuya temperatura se va a medir. Por lo tanto, las superficies frágiles o húmedas, tales como las superficies pintadas que salen de un horno de secado, se pueden monitorear de esta forma. Las sustancias que son químicamente reactivas o eléctricamente ruidosas son candidatas ideales para la medición infrarroja. El enfoque es igualmente ventajoso al medir la temperatura de superficies muy grandes, como paredes, que requerirían una gran variedad de termopares o RTDs para la medición.

Propiedades físicas de los materiales de termoelemento

Material de termoelemento

Propiedad	J Hierro	J, C, T Constantán	T Cobre	K, E Cromel	K Alumel	N Nicrosil	N Nisil	R Pt13% Rh	S Pt10% Rh	R,S Platino	B Pt30% Rh	B Pt6% Rh
Punto de fusión (temp. sólido)												
°C	1490	1220	1083	1427	1399	1420	1330	1860	1850	1769	1927	1826
°F	2715	2228	1981	2600	2550	2590	2425	3380	3362	3216	3501	3319
Resistividad												
μΩ·cm												
a 0 °C	8.57	48.9	1.56	70	28.1	97.4	32.5	19.0	18.4	9.83		
a 20 °C	9.67	48.9	1.724	70.6	29.4	97.8	34.6	19.6	18.9	10.4	19.0	17.5
Ω cmil/ft												
a 0 °C	51.5	294.2	9.38	421	169			114.3	110.7	59.1		
a 20 °C	58.2	294	10.37	425	177			117.7	114.0	62.4	114.5	106
Coeficiente de temperatura de resistencia, Ω/Ω·°C (0 a 100 °C)	65×10^{-4}	-0.1×10^{-4}	43×10^{-4}	4.1×10^{-4}	23.9×10^{-4}	13.3×10^{-4}	12.1×10^{-4}	15.6×10^{-4}	16.6×10^{-4}	39.2×10^{-4}	13.3×10^{-4}	20.6×10^{-4}
Coeficiente de expansión térmica pul/pul °C (20 a 100 °C)	11.7×10^{-6}	14.9×10^{-6}	16.6×10^{-6}	13.1×10^{-6}	12.0×10^{-6}			9.0×10^{-6}	9.0×10^{-6}	9.0×10^{-6}		
Conductividad térmica a 100 °C												
Cal·cm/s·cm²·°C	0.162	0.0506	0.901	0.046	0.071	0.0358	0.0664	0.088	0.090	0.171		
BTU·pie/h·pie²·°F	39.2	12.2	218	11.1	17.2	8.67	16.07	21.3	21.8	41.4		
Calor específico a 20 °C, cal/g·°C	0.107	0.094	0.092	0.107	0.125	0.11 8.52	0.12 8.70			0.032		
Densidad												
g/cm³	7.86	8.92	8.92	8.73	8.60		0.3143	19.61	19.97	21.45	17.60	20.55
lb/pul³	0.284	0.322	0.322	0.315	0.311	0.3078		0.708	0.721	0.775	0.636	0.743
Fuerza de tensión (recocido) MPa	345	552	241	655	586	690	621	317	310	138	483	276
psi	50,000	80,000	35,000	95,000	85,000	100,000	90,000	46,000	45,000	20,000	70,000	40,000
Atracción magnética	Fuerte	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

Composición química nominal de los termoelementos

	Hierro	Constantán	Cobre	CHROMEGA®	ALOMEGA®	OMEGALLOY® Nicrosil	OMEGALLOY® Nisil	Platino 13% Rodio	Platino 10% Rodio	Platino Puro	Platino 30% Rodio	Platino 6% Rodio
N=Neg P=Pos	JP	JN,TN EN[a]	TP	KP, EP	KN	NP	NN	RP	SP	RN, SN	BP	BN
Elemento	**Composición química nominal, %**											
Hierro	99.5	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Carbono	[b]	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Manganesio	[b]	…	…	…	2	…	…	…	…	…	…	…
Azufre	[b]	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Fósforo	[b]	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Silicio	[b]	…	…	…	1	1.4	4.4	…	…	…	…	…
Níquel	[b]	45	…	90	95	84.4	95.5	…	…	…	…	…
Cobre	[b]	55	100	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Cromo	[b]	…	…	10	…	14.2	…	…	…	…	…	…
Aluminio	…	…	…	…	2	…	…	…	…	…	…	…
Platino	…	…	…	…	…	…	…	87	90	100	70.4	93.9
Rodio	…	…	…	…	…	…	…	13	10	…	29.6	6.1
Magnesio	…	…	…	…	…	…	0.15	…	…	…	…	…

a Los termoelementos tipo JN,TN y EN por lo general contienen pequeñas cantidades de diversos elementos para el control de la FEM térmica, con reducciones correspondientes en el contenido de níquel, o el contenido de cobre, o ambos.

b El hierro termoeléctrico (JP) contiene cantidades pequeñas pero variadas de estos elementos.

OMEGACLAD™
Guía de selección de funda

APLICACIONES

- **Tratamiento de piezas metálicas con calor**
- **Hornos impulsados por gas o petróleo**
- **Intercambiadores de calor impulsados por combustible**
- **Cocción de materiales cerámicos**
- **Sinterizado de polvos metálicos**
- **Hornos de cementado de acero**
- **Fusión y recocido de vacío/ atmósfera**
- **Incineradores de desechos sólidos**
- **Camas fluidificadas de procesamiento de calor**
- **Hornos de tubo R&D o de caja**



La funda metálica en el exterior de una sonda OMEGACLAD™ se utiliza para proteger los cables del termopar internos de las atmósferas químicamente activas. En algunos casos, incluso el aire caliente puede dañar los cables del termopar y hacer que pierdan su calibración permanentemente. La selección del mejor tipo de funda metálica a emplear se basa en el uso previsto de nuestros clientes, la industria en la que trabajan y el país donde se encuentran. Por ejemplo, las fundas metálicas OMEGA™ más comunes son de acero inoxidable 304 e Inconel 600. Estas son aceptadas en la mayoría de las industrias, incluyendo la elaboración de alimentos. El acero inoxidable 304 es una aleación común, fácilmente disponible y baja en costo de materiales y fabricación. Algunas industrias, sin embargo, como la del petróleo, médica, nuclear, aérea y de generación de energía, tienen sus propios estándares y pueden requerir aleaciones más complicadas y costosas.

A la derecha se enumeran los materiales de funda que OMEGA utiliza para hacer OMEGACLAD™.

Acero inoxidable 304

OMEGA utiliza una versión de bajo carbono de acero inoxidable 304, llamada 304L, sobre todo porque es más fácil de soldar. En general, es intercambiable con el simple 304.

Aplicaciones:

Elaboración de alimentos y bebidas
Procesamiento de químicos
Lácteos
Equipo hospitalario
Equipo farmacéutico
Equipo reactor nuclear
Contenedores para corrosivos leves

Limitaciones de temperatura:

hasta 871 °C (1600 °F) para procesos cíclicos. Utilice Inconel 600 para uso extendido alrededor o más de 899 °C (1650 °F)

Inconel 600

Esta aleación de alto contenido de níquel y cromo es más cara que la mayoría de los aceros inoxidables. Es buena para el uso extendido en altas temperaturas y resiste la corrosión causada por la mayoría de los ácidos simples y agua muy pura.

Aplicaciones:

Componentes de horno
Procesamiento de alimentos y químicos
Generación de energía nuclear
Químicos cáusticos

Limitaciones de temperatura:

hasta 1149 °C (2100 °F)

SUPER OMEGACLAD™

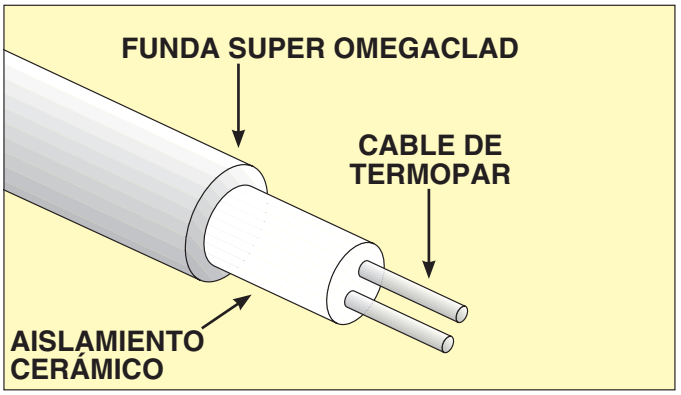
Esta aleación tiene excelente resistencia al aire a altas temperaturas. Tiene una capa de óxido de aluminio en la superficie que impide más oxidación. Esta resistencia a la oxidación permite a las sondas termopar operar por periodos prolongados antes de que el desvío de FEM “descalibre” el termopar. También es popular por su resistencia al gas de hidrógeno y su alta resistencia a altas temperaturas. Debido a las limitaciones de forma y dificultad en el procesamiento, es más cara que cualquiera de las aleaciones mencionadas anteriormente.

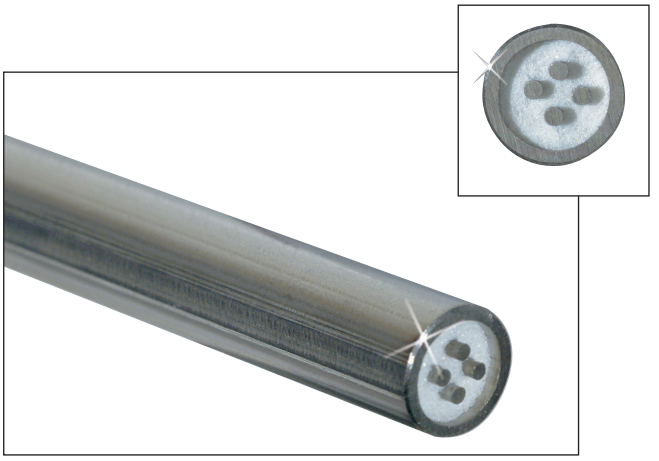
Aplicaciones:

Componentes de horno
Industria de turbinas de gases
Componentes de convertidor catalítico
Motores aeroespaciales de jet y cohete
Anclas refractarias
Incineradores de desperdicios

Limitaciones de temperatura:

Aprox. 1216 °C (2220 °F)
También es aceptable en hidrógeno calentado, ≈ 1093 °C (2000 °F)





Acero inoxidable 310

Este se usa comúnmente a temperaturas más altas porque resiste la ampliación hasta 1038 °C (1900 °F). Es más fuerte y resiste el ataque aéreo mejor que el acero inoxidable 304 a estas temperaturas más altas. También es bueno en gases de combustible fósil a altas temperaturas.

Aplicaciones:
(Temperaturas más altas)
- Calentadores de aire
- Equipo de horneado
- Equipo de procesamiento de químicos
- Piezas para hornos
- Intercambiadores de calor y equipo de energía eléctrica (que no entra en contacto con el azufre)
- Refinamiento de petróleo

Limitaciones de temperatura:
hasta 1038 °C (1900 °F)

Acero inoxidable 316 (y 316L)

Mejor resistencia a la corrosión a la mayoría de los químicos, sales y ácidos que la mayoría de los aceros inoxidables debido a la adición de molibdeno. Tiene buena resistencia al azufre o líquidos que soportan cloro.

Aplicaciones:
- Exteriores de equipamiento marino
- Elaboración de químicos y alimentos
- Equipo de refinación de petróleo
- Equipo farmacéutico
- Papel y pulpa
- Acabado de textiles

Limitaciones de temperatura:
hasta 871 °C (1600 °F) continuamente en el aire o en ambientes corrosivos cíclicos, ligeramente más altos en aire.

Acero inoxidable 321

Esta aleación es similar a la de acero inoxidable 304, pero incorpora titanio. Está diseñada para componentes soldados que se exponen a altas temperaturas, y es especialmente adecuado para la exposición prolongada a atmósferas de aire y combustión de alrededor de 427 °C (800 °F).

Aplicaciones:
- Escapes y colectores de aeronaves
- Piezas de motor de jet
- Forros de pilas
- Equipo soldado
- Equipo de procesamiento químico

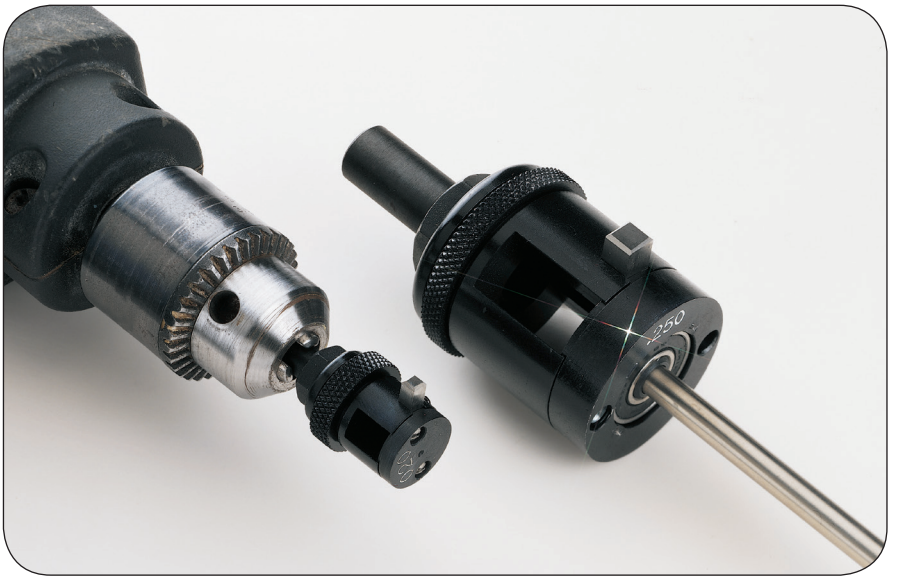
Limitaciones de temperatura:
hasta 871 °C (1600 °F)

Hastelloy-X

Esta aleación es costosa por la adición de hierro, cromo y molibdeno. Tiene muy buena resistencia a altas temperaturas y buena resistencia a la oxidación. Es una aleación relativamente vieja, menos costosa y con mejor rendimiento que algunas aleaciones más nuevas.

Aplicaciones:
- Turbinas de gas para generación de energía
- Aplicaciones aeroespaciales
- Hornos industriales
- Caldeiras y vasos de presión

Limitaciones de temperatura:
hasta 1177 °C (2150 °F)



Decapante de cable de termopar para cable OMEGACLAD. Decapantes serie PST disponibles, visite mx.omega.com

Mediciones prácticas de temperatura*

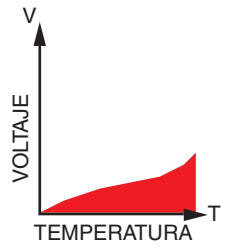
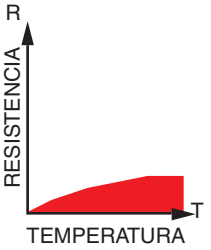
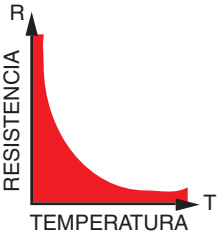
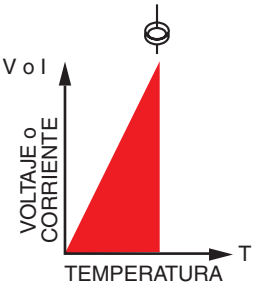
	Termopar	RTD	Termistor	Sensor con cirtuito integrado
				
Ventajas	☐Automático ☐Simple ☐Resistente ☐Barato ☐Amplia variedad ☐Rango amplio de temperatura	☐Más estable ☐Más preciso ☐Más lineal que el termopar	☐Alta potencia ☐Rápido ☐Medición de ohmios con dos cables	☐Más lineal ☐Potencia más alta ☐Barato
Desventajas	☐No lineal ☐Bajo voltaje ☐Necesita referencia ☐Menos estable ☐Menos sensible	☐Caro ☐Necesita fuente de corriente ☐Pequeño Ø R = Resistencia ☐Resistencia absoluta baja	☐No lineal ☐Rango de temperatura limitado ☐Frágil ☐Necesita fuente de corriente ☐Auto-calentamiento	☐T<200 °C ☐Necesita fuente de energía ☐Lento ☐Auto-calentamiento ☐Configuraciones limitadas ☐Auto-calentamiento

Figura 1

ÍNDICE

NOTAS DE APLICACIÓN-MEDICIONES PRÁCTICAS DE TEMPERATURA

Página

Transductores comunes de temperatura **26**
Introducción **27**
Temperaturas de referencia **28**
El termopar **28**
Unión de referencia **29**
Circuito de referencia **30**
Compensación de hardware **31**
Conversión de voltaje a temperatura **32**
Medición práctica de termopar **34**
Rechazo de ruido **34**
Conexión de unión deficiente **36**
Descalibración **36**
Impedancia de derivación **36**
Acción galvánica **37**
Derivado térmico **37**
Calibración de cables **37**
Diagnóstica **38**
Resumen **39**
El RTD **40**
Historia **40**
RTD's de película metálica **40**
Medición de resistencia **41**
Errores de medición en puente de 3 cables **42**
Conversión de resistencia a temperatura **42**
Precauciones prácticas **43**

* Copyright © 1997, 2000 Agilent Technologies, Inc. Reproducido con autorización.

ÍNDICE

NOTAS DE APLICACIÓN-MEDICIONES PRÁCTICAS DE TEMPERATURA (cont.)

El termistor **43**
Termistores lineales **44**
Medición **44**
Sensor monolítico de temperatura lineal **44**
Apéndice A-Las leyes empíricas de los termopares **44**
Apéndice B **45**
Características del termopar **45**
Termopares de metal base **45**
Errores de cables estándar **46**
Bibliografía **47**

Introducción

La investigación de combustible sintético, la conversión de energía solar y el desarrollo de nuevos motores son sólo algunas de las disciplinas en expansión que responden al estado de nuestros menguantes recursos naturales. Conforme todas las industrias ponen un nuevo énfasis en la eficiencia energética, la medición fundamental de temperatura cobra nueva importancia. El propósito de esta nota de aplicación es explorar las técnicas de monitoreo de temperatura más comunes y presentar procedimientos para mejorar su precisión.

Nos centraremos en los cuatro transductores de temperatura más comunes: el termopar, el RTD, el termistor y el sensor de circuito integrado. Pese a la gran popularidad del termopar, con frecuencia se utiliza incorrectamente. Por esta razón, nos concentraremos principalmente en las técnicas de medición del termopar.

El Apéndice A contiene las leyes empíricas de los termopares que son la base de todas las derivaciones utilizadas aquí. A los lectores que deseen una discusión más profunda de la teoría del termopar se les invita a leer la REFERENCIA 17 en la Bibliografía.

Para aquellos con una aplicación de termopar específica, el Apéndice B puede ayudar a elegir el mejor tipo de termopar.

A lo largo de esta nota de aplicación, haremos énfasis en las consideraciones prácticas de la colocación del transductor, el acondicionamiento de señales y la instrumentación.

Primeros aparatos de medición- A Galileo se le atribuye la invención del termómetro, alrededor del año 1592[1, 2, 3]. En un recipiente abierto lleno de alcohol de color, él suspendió un tubo de vidrio largo de cuello estrecho, en cuyo extremo superior había una esfera hueca. Al calentarse, el aire en la esfera se expandía y burbujeaba a través del líquido. Enfriar la esfera hacía que el líquido se moviera hacia arriba del tubo1. Así las fluctuaciones en la temperatura de la esfera podían observarse anotando la posición del líquido dentro del tubo. Este termómetro “invertido” era un indicador deficiente porque el nivel cambiaba con la presión barométrica y el tubo no tenía ninguna escala. Grandes mejoras fueron hechas en la precisión de la medición de temperatura con el desarrollo del termómetro Florentino, que incorporaba construcción sellada y una escala graduada.

En las décadas siguientes se concibieron muchas escalas termométricas, todas basadas en dos o más puntos fijos. Una escala, sin embargo, no fue reconocida universalmente hasta principios de la década de 1700, cuando Gabriel Fahrenheit, un holandés fabricante de instrumentos, produjo termómetros de mercurio precisos y repetibles. Para el punto fijo en el extremo inferior de su escala de temperatura, Fahrenheit utilizó una mezcla de agua helada y sal (o cloruro de amonio). Esta fue la temperatura más baja que podía reproducir, y la etiquetó como “cero grados”. Para el extremo más alto de su escala, eligió la temperatura de la sangre humana y la llamó 96 grados.

¿Por qué 96 y no 100 grados? Escalas previas habían sido divididas en doce partes. Fahrenheit, en una aparente búsqueda de más resolución, dividió su escala en 24, luego 48 y finalmente 96 partes.

La escala Fahrenheit ganó popularidad debido principalmente a la repetibilidad y calidad de los termómetros que Fahrenheit construía.

Alrededor de 1742, Anders Celsius propuso que el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua se utilizara para los dos puntos de referencia. Celsius seleccionó cero grados como el punto de ebullición y 100 grados como el punto de fusión. Después, los puntos extremos se invirtieron y así nació la escala centígrada. En 1948, el nombre fue cambiado oficialmente a la escala Celsius.

A principios de la década de 1800, William Thomson (Lord Kelvin), desarrolló una escala termodinámica universal basada en el coeficiente de expansión de un gas ideal. Kelvin estableció el concepto de cero absoluto y su escala sigue siendo el estándar de la termometría moderna.

Las ecuaciones de conversión para las cuatro escalas modernas de temperatura son:

$$°C = 5/9\ (°F - 32)\quad °F = 9/5\ °C + 32$$
$$K = °C + 273.15\quad °R = °F + 459.67$$

La Escala Rankine (°R) es simplemente el equivalente Fahrenheit de la escala Kelvin y fue nombrada en honor a un pionero en el campo de la termodinámica, W. J. M. Rankine.

[1, 2, 3] *Consulte la Bibliografía 1,2,3.*

Temperaturas de referencia

No podemos construir un divisor de temperatura como podemos con un divisor de voltaje, ni podemos agregar temperaturas como agregaríamos longitudes para medir la distancia. Debemos confiar en las temperaturas establecidas por los fenómenos físicos que son fáciles de observar y de naturaleza consistente. La Escala Internacional de Temperatura Práctica (IPTS) está basada en estos fenómenos. Revisada en 1968, establece once temperaturas de referencia.

Ya que sólo tenemos estas temperaturas fijas para usar como referencia, debemos utilizar instrumentos para interpolar entre ellos. Pero interpolar con precisión entre estas temperaturas puede requerir algunos transductores bastante exóticos, muchos de los cuales son demasiado complicados o costosos para usarse en una situación práctica. Limitaremos nuestra discusión a los cuatro transductores de temperatura más comunes: termopares, detectores de temperatura de resistencia (RTD), termistores, y sensores de circuito integrados.

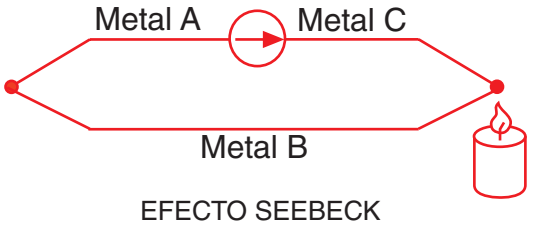
TEMPERATURAS DE REFERENCIA IPTS-68

PUNTO DE EQUILIBRIO	K	°C
Punto triple de hidrógeno	13.81	-259.34
Fase líquido/vapor de hidrógeno a 25/76 atmósfera estándar	17.042	-256.108
Punto de ebullición del hidrógeno	20.28	-252.87
Punto de ebullición del neón	27.102	-246.048
Punto triple de oxígeno	54.361	-218.789
Punto de ebullición del oxígeno	90.188	-182.962
Punto triple de agua	273.16	0.01
Punto de ebullición del agua	373.15	100
Punto de congelación del zinc	692.73	419.58
Punto de congelación de la plata	1235.08	961.93
Punto de congelación del oro	1337.58	1064.43

Tabla 1

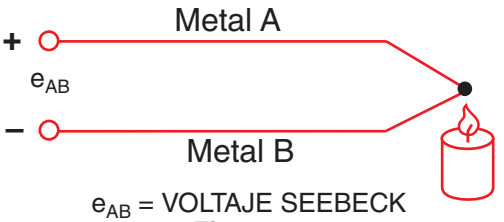
EL TERMOPAR

Cuando dos cables compuestos de metales diferentes se unen en ambos extremos y uno de los extremos se calienta, hay una corriente continua que fluye en el circuito termoeléctrico. Thomas Seebeck hizo este descubrimiento en 1821.



EFECTO SEEBECK
Figura 2

Si este circuito se rompe en el centro, el voltaje neto de circuito abierto (el voltaje Seebeck) es una función de la temperatura de unión y la composición de los dos metales.



e_{AB} = VOLTAJE SEEBECK
Figura 3

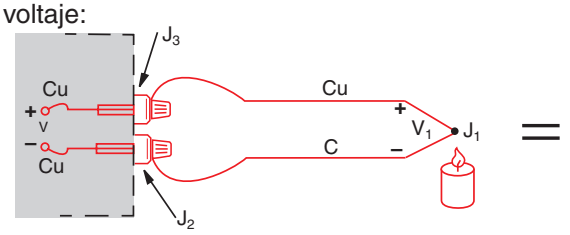
Todos los metales diferentes presentan este efecto. Las combinaciones más comunes de dos metales se enumeran en el **Apéndice B** de esta nota de aplicación, junto con sus características importantes. Para pequeños cambios en la temperatura, el voltaje Seebeck es linealmente proporcional a la temperatura:

$$\Delta e^{AB} = \alpha \Delta T$$

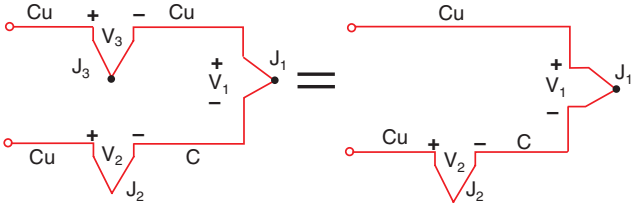
Donde α, el coeficiente Seebeck, es la constante de proporcionalidad.

Midiendo el voltaje del termopar - No podemos medir el voltaje Seebeck directamente porque primero debemos conectar un voltímetro al termopar y los propios cables del voltímetro crean un nuevo circuito termoeléctrico.

Conectemos un voltímetro a través de un termopar de cobre-constantán (Tipo T) y observaemos la salida de voltaje:



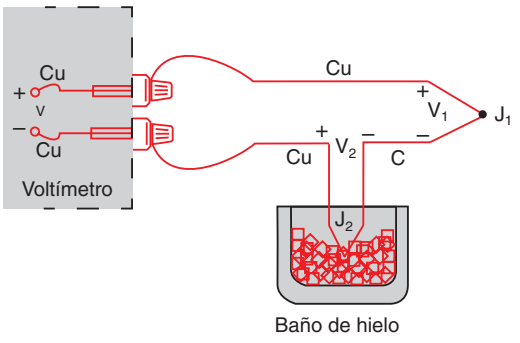
CIRCUITOS EQUIVALENTES

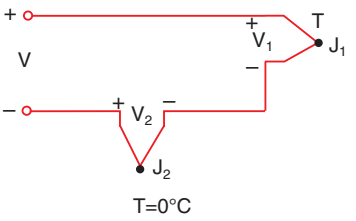


MIDIENDO EL VOLTAJE DE LA UNIÓN CON UN DVM
Figura 4

Nos gustaría que el voltímetro leyera sólo V_1, pero al conectar el voltímetro en un intento de medir la salida de la Unión J_1, hemos creado dos uniones metálicas más: J_2 y J_3. Dado que J_3 es una unión cobre con cobre, no crea FEM térmica ($V_3 = 0$), pero J_2 es una unión de cobre con constantán que agregará una FEM (V_2) en oposición a V_1. El voltímetro resultante que lea V será proporcional a la diferencia de temperatura entre J_1 y J_2. Esto nos dice que no podemos encontrar la temperatura en J_1 a menos que primero encontremos la temperatura de J_2.

La unión de referencia





UNIÓN DE REFERENCIA EXTERNA
Figura 5

Una forma de determinar la temperatura de J_2 es poner físicamente la unión en un baño de hielo, forzando su temperatura a 0 °C y estableciendo J_2 como la *unión de referencia*. Dado que ambas uniones terminales del voltímetro son ahora de cobre con cobre, no crean ninguna FEM térmica y la lectura V en el voltímetro es proporcional a la diferencia de temperatura entre J_1 y J_2.

Ahora la lectura del voltímetro es (ver Figura 5):

$V = (V_1 - V_2) \cong \alpha(t_{J_1} - t_{J_2})$

Si especificamos T_{J_1} en grados Celsius:

T_{J_1} (˚C) + 273.15 = t_{J_1}

entonces V se convierte en:

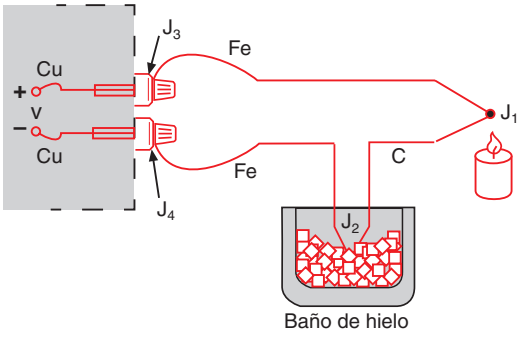
$V = V_1 - V_2 = \alpha\,[(T_{J_1} + 273.15) - (T_{J_2} + 273.15)]$

$= \alpha\,(T_{J_1} - T_{J_2}) = \alpha\,(T_{J_1} - 0)$

$V = \alpha T_{J_1}$

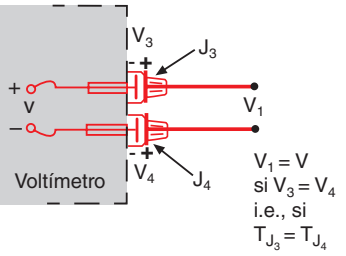
Utilizamos esta derivación alargada para enfatizar que la salida de unión de baño de hielo, V_2, no es cero voltios. Es una función de temperatura absoluta.

Agregando el voltaje de la unión de referencia de punto de hielo, ahora hemos referenciado la lectura V a 0°C. Este método es muy preciso porque la temperatura del punto de hielo puede controlarse con precisión. El punto de hielo es utilizado por el National Bureau of Standards (NBS) como el punto de referencia fundamental para sus tablas de termopar, así que ahora podemos ver las tablas del NBS y convertir directamente de voltaje V a temperatura T_{J_1}.



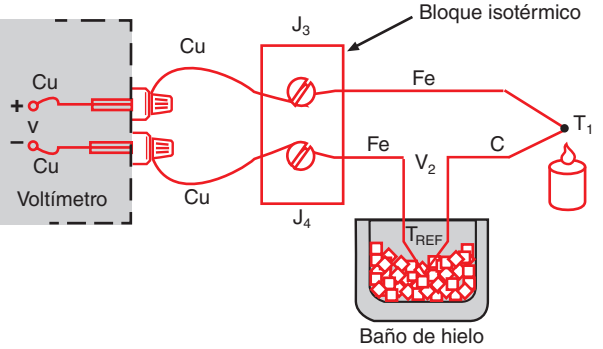
PAR HIERRO-CONSTANTÁN
Figura 6

El termopar de cobre-constantán mostrado en la Figura 5 es un ejemplo único porque el cable de cobre es el mismo metal que las terminales del voltímetro. Utilicemos un termopar de hierro-constantán (Tipo J) en lugar del cobre-constantán. El cable de hierro (Figura 6) aumenta el número de uniones de metales diferentes en el circuito, ya que ambas terminales del voltímetro se convierten en uniones de termopar Cu-Fe.



CANCELACIÓN DEL VOLTAJE DE UNIÓN
Figura 7

Si ambas terminales del panel frontal no están a la misma temperatura, habrá un error. Para una medición más precisa, los cables del voltímetro de cobre deben extenderse de manera que las uniones de cobre a hierro se hagan sobre un bloque *isotérmico* (misma temperatura):



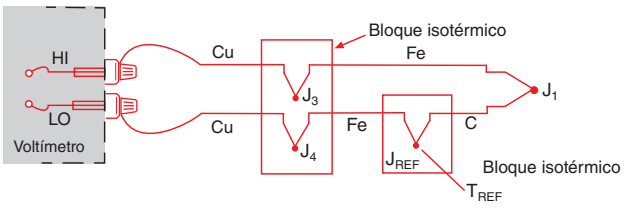
RETIRANDO UNIONES DE LAS TERMINALES DVM
Figura 8

El bloque isotérmico es un aislante eléctrico pero un buen conductor de calor y sirve para mantener J_3 y J_4 a la misma temperatura. La temperatura de bloque absoluta no es importante porque las dos uniones Cu-Fe actúan en oposición. Todavía tenemos

$$V = \alpha\,(T_1 - T_{REF})$$

Circuito de referencia

Remplacemos el baño de hielo con otro bloque isotérmico

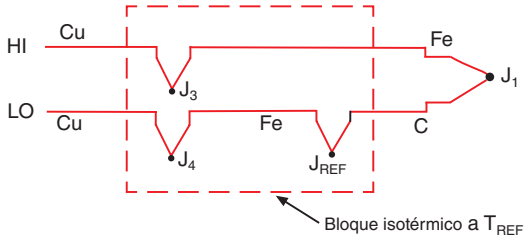


ELIMINANDO EL BAÑO DE HIELO
Figura 9a

El nuevo bloque está en Temperatura de Referencia T_{REF} y dado que J_3 y J_4 están todavía a la misma temperatura, podemos mostrar de nuevo que

$$V = \alpha\ (T_1 - T_{REF})$$

Este sigue siendo un circuito bastante inconveniente porque tenemos que conectar dos termopares. Vamos a eliminar el cable Fe extra en el cable negativo (LO) combinando la unión Cu-Fe (J_4) y la unión Fe-C (J_{REF}). Podemos hacer esto uniendo primero los dos bloques isotérmicos (Figura 9b).

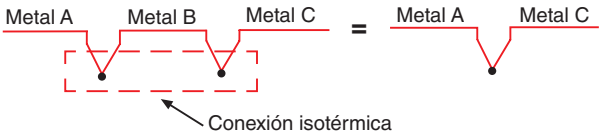


UNIENDO LOS BLOQUES ISOTÉRMICOS
Figura 9b

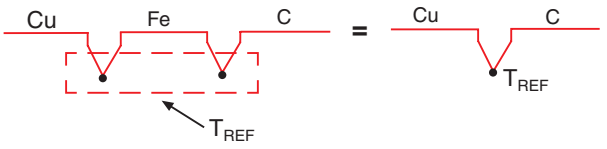
No hemos cambiado el voltaje de salida V. Sigue siendo

$$V = \alpha\ (T_{J_1} - T_{J_{REF}})$$

Ahora recurrimos a la ley de los metales intermedios (ver Apéndice A) para eliminar la unión extra. Esta "ley" empírica indica que un tercer metal (en este caso, hierro) insertado entre los dos metales diferentes de una unión de termopar no tendrá efecto sobre el voltaje de salida siempre y cuando las dos uniones formadas por el metal adicional estén a la misma temperatura:

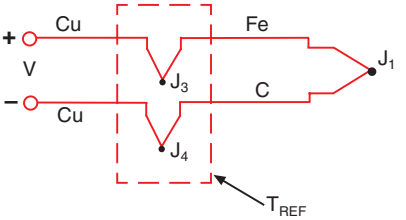


Así el cable inferior en la Fig. 9b: Se convierte en:



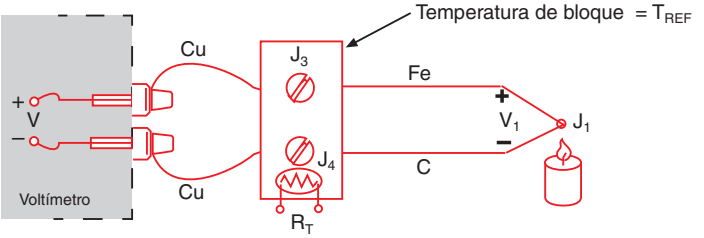
LEY DE METALES INTERMEDIOS
Figura 10

Esta es una conclusión útil, ya que elimina por completo la necesidad del cable de hierro (Fe) en el cable LO:



CIRCUITO EQUIVALENTE
Figura 11

Nuevamente, $V = \alpha\ (T_{J1} - T_{REF})$, donde α es el coeficiente Seebeck para un termopar Fe-C. Las uniones J_3 y J_4, toman el lugar del baño de hielo. Estas dos uniones se convierten ahora en la Unión de Referencia. Ahora podemos proceder al siguiente paso lógico: medir directamente la temperatura del bloque isotérmico (la Unión de Referencia) y utilizar esa información para calcular la temperatura desconocida, T_{J1}.



UNIÓN DE REFERENCIA EXTERNA-SIN BAÑO DE HIELO
Figura 12

Un termistor, cuya resistencia R_T es una función de temperatura, nos ofrece una manera de medir la temperatura absoluta de la unión de referencia. Las uniones J_3 y J_4 y el termistor se supone que están a la misma temperatura, debido al diseño del bloque isotérmico. Usando un multímetro digital controlado por computadora, simplemente:

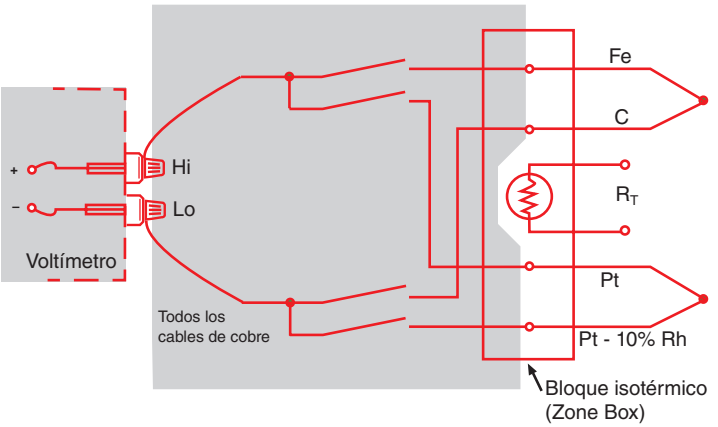
1) Medimos R_T para encontrar T_{REF} y convertimos T_{REF} a su voltaje de unión de referencia equivalente, V_{REF} , luego
2) Medimos V y agregamos V_{REF} para encontrar V_1 y convertimos V_1 a temperatura T_{J1}

Este procedimiento se conoce como Compensación de Software porque se basa en el software de una computadora para compensar el efecto de la unión de referencia. El sensor de temperatura del bloque de terminal isotérmico puede ser cualquier dispositivo que tenga una característica proporcional a la temperatura absoluta: un RTD, un termistor, o un sensor de circuito integrado. Parece lógico preguntar: Si ya tenemos un dispositivo que medirá la temperatura absoluta (como un RTD o termistor), ¿por qué nos molestamos con un termopar que requiere compensación de la unión de referencia?

La única respuesta más importante a esta pregunta es que el termistor, el RTD y el transductor de circuito integrado sólo son útiles sobre un cierto rango de temperatura. Los termopares, por otra parte, se pueden utilizar en una amplia gama de temperaturas y optimizarse para diversas atmósferas. Son mucho más resistentes que los termistores, como lo evidencia el hecho de que los termopares suelen estar soldados a una pieza de metal o sujetados bajo un tornillo. Se pueden fabricar de inmediato, ya sea por soldadura o soldadura blanda. En resumen, los termopares son los transductores de temperatura más versátiles disponibles y dado que el sistema de medición realiza toda la tarea de la compensación de referencia y la conversión de voltaje a temperatura del software, utilizar un termopar se vuelve tan fácil como conectar un par de cables.

La medición de termopar se vuelve especialmente conveniente cuando debemos monitorear un gran número de puntos de datos. Esto se logra usando la unión de referencia isotérmica para más de un elemento de termopar (ver Figura 13).
Un escáner con relé de láminas conecta el voltímetro a los distintos termopares en secuencia. Todos los cables del voltímetro y del escáner son de cobre, independiente del tipo de termopar elegido. De hecho, mientras sepamos cuál es cada termopar, podemos mezclar tipos de termopares en el mismo bloque de unión isotérmico (con frecuencia llamado *zone box*) y hacer las modificaciones pertinentes en el software. El sensor de temperatura del bloque de unión R_T se encuentra en el centro del bloque para minimizar errores por gradientes térmicos.

La compensación de software es la técnica más versátil que tenemos para medir termopares. Muchos termopares están conectados en el mismo bloque, se utilizan cables de cobre en todo el escáner y la técnica es independiente de los tipos de termopares elegidos. Además, cuando se utiliza un sistema de adquisición de datos con una *zone box* incorporada, simplemente conectamos el termopar como lo haríamos con un par de cables de prueba. Todas las conversiones son realizadas por la computadora. La única desventaja es que la computadora requiere una pequeña cantidad de tiempo adicional para calcular la temperatura de la unión de referencia. Para máxima velocidad podemos utilizar compensación de hardware.



INTERRUPTORES DE ZONE BOX
Figura 13

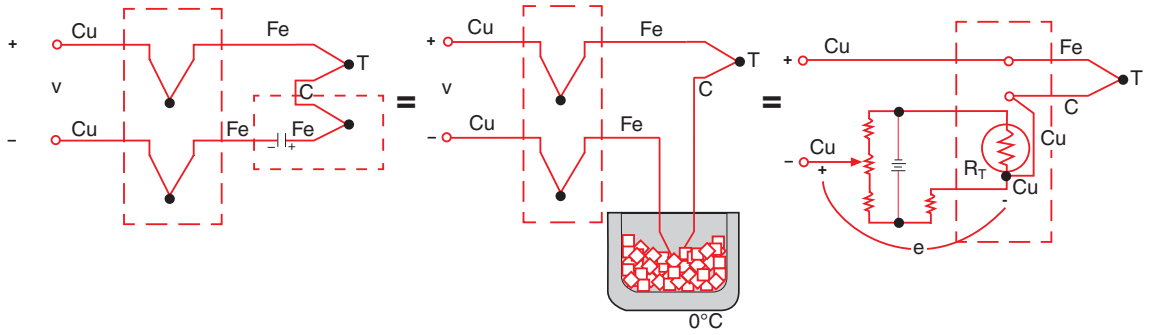
Compensación de Hardware

En lugar de medir la temperatura de la unión de referencia y calcular su voltaje equivalente como lo hicimos con la *compensación de software,* podríamos insertar una batería para cancelar el voltaje de compensación de la unión de referencia. La combinación de este voltaje de compensación de hardware y la unión de referencia es igual a la de una unión 0 °C.

El voltaje de compensación, e, es una función de la resistencia que detecta temperatura, R_T. El voltaje V está referenciado ahora a 0 °C y puede leerse directamente y convertirse a temperatura usando las tablas NBS.

Otro nombre para este circuito es la *referencia de punto de hielo electrónico*[6]. Estos circuitos están disponibles comercialmente para su uso con cualquier voltímetro y con una amplia variedad de termopares. La principal desventaja es que, por lo general, se necesita un circuito de referencia de punto de hielo único para cada tipo de termopar individual.

La Figura 15 muestra un circuito de referencia de punto de hielo práctico que puede utilizarse en conjunto con un escáner con relé de láminas para compensar todo un bloque de entradas de termopar. Todos los termopares en el bloque deben ser del mismo tipo, pero cada bloque de entradas puede albergar un tipo de termopar diferente con solo cambiar las resistencias de ganancia.



CIRCUITO DE COMPENSACIÓN DE HARDWARE
Figura 14

[6] *Consulte la Bibliografía 6.*



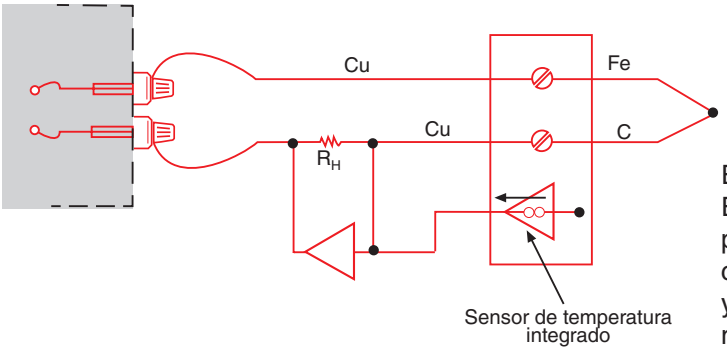
OMEGA TAC-Punto de hielo electrónico™ y cables preamplificadores/linealizadores de termopar en conector estándar



OMEGA Punto de hielo electrónico™ Integrado en conector de termopar-"MCJ"



OMEGA punto de hielo™ Cámara de referencia. La refrigeración electrónica elimina el baño de hielo



COMPENSACION PRACTICA DE HARDWARE

Figura 15

La ventaja del circuito de compensación de hardware o referencia de punto de hielo electrónico es que eliminamos la necesidad de calcular la temperatura de referencia. Esto nos ahorra dos pasos de cálculo y hace una medición de temperatura de compensación de hardware más rápido que una medición de compensación de software.

COMPENSACIÓN DE HARDWARE	COMPENSACIÓN DE SOFTWARE
Rápida Restringida a un tipo de termopar por tarjeta	Requiere más tiempo de manipulación por computadora Versátil – acepta cualquier termopar

Tabla 2

Conversión de voltaje a temperatura

Hemos utilizado compensación de hardware y software para sintetizar una referencia del punto de hielo. Ahora todo lo que tenemos que hacer es leer el voltímetro digital y convertir la lectura de voltaje a temperatura. Desafortunadamente, la relación temperatura-versus-voltaje de un termopar no es lineal. Los voltajes de salida de los termopares más comunes se trazan como una función de temperatura en la Figura 16. Si la pendiente de la curva (el coeficiente Seebeck) se traza vs. la temperatura, como en la Figura 17, se hace obvio que el termopar es un dispositivo no lineal.

Una línea horizontal en la Figura 17 indicaría una α constante, en otras palabras, un dispositivo lineal. Notamos que la pendiente del termopar tipo K se aproxima a una constante sobre un rango de temperatura de 0 °C a 1000 °C. En consecuencia, el tipo K se puede utilizar con un voltímetro multiplicador y una referencia de punto de hielo externo para obtener una lectura directa moderadamente precisa de la temperatura. Es decir, la visualización de la temperatura involucra solamente un factor de escala.

Este procedimiento funciona con voltímetros. Examinando las variaciones en el coeficiente Seebeck, podemos ver fácilmente que usar un factor de escala constante limitaría el rango de temperatura del sistema y restringiría la precisión del sistema. Se puede obtener mejor precisión de conversión leyendo el voltímetro y consultando las Tablas de Termopar[4] de la National Bureau of Standards en la página 153 de este Manual – ver Tabla 3.

$$T = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 \quad \ldots + a_n x^n$$

donde

T = Temperatura

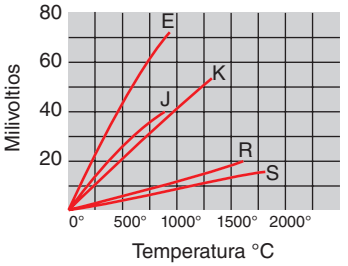
x = FEM de termopar en voltios

a = Coeficientes polinomiales únicos para cada termopar

n = Orden máximo del polinomio

Conforme n aumenta, la precisión del polinomio mejora. Un número representativo es n = 9 para ± 1 ˚C de precisión. Se pueden usar polinomios de orden inferior sobre un rango de temperatura estrecho para obtener una mayor velocidad del sistema.

La Tabla 3 es un ejemplo de los polinomios utilizados para convertir el voltaje en temperatura. Los datos pueden utilizarse en paquetes para un sistema de adquisición de datos. En lugar de calcular directamente las exponenciales, la computadora está programada para utilizar la forma anidada de *polinomio* para ahorrar tiempo de ejecución. El *ajuste* polinómico se degrada rápidamente fuera del rango de temperatura mostrado en la Tabla 3 y no debe extrapolarse fuera de esos límites.

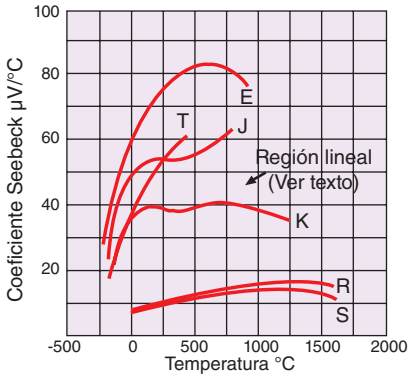


Tipo	Metales +	-
E	Cromel vs. Constantán	
J	Hierro vs. Constantán	
K	Cromel vs. Alumel	
R	Platino vs. Platino 13% Rodio	
S	Platino vs. Platino 10% Rodio	
T	Cobre vs. Constantán	

TEMPERATURA DE TERMOPAR
vs.
GRÁFICO DE VOLTAJE

Figura 16

[4] *Consulte la Bibilografía 4.*



COEFICIENTE SEEBECK vs. TEMPERATURA

Figura 17

	TIPO E	TIPO J	TIPO K	TIPO R	TIPO S	TIPO T
	Níquel-10% Cromio(+) Versus Constantán(-)	Hierro(+) Versus Constantán(-)	Níquel-10% Cromio(+) Versus Níquel-5%(-) (Aluminio Silicio)	Platino-13% Rodio(+) Versus Platino(-)	Platino-10% Rodio(+) Versus Platino(-)	Cobre(+) Versus Constantán(-)
	-100 ˚C a 1000 ˚C ± 0.5 ˚C 9º orden	0 ˚C a 760 ˚C ± 0.1 ˚C 5º orden	0 ˚C a 1370 ˚C ± 0.7 ˚C 8º orden	0 ˚C a 1000 ˚C ± 0.5 ˚C 8º orden	0 ˚C a 1750 ˚C ± 1 ˚C 9º orden	-160˚C to 400˚C ±0.5˚C 7º orden
a_0	0.104967248	-0.048868252	0.226584602	0.263632917	0.927763167	0.100860910
a_1	17189.45282	19873.14503	24152.10900	179075.491	169526.5150	25727.94369
a_2	-282639. 0850	-218614.5353	67233.4248	-48840341.37	-31568363.94	-767345.8295
a_3	12695339.5	11569199.78	2210340.682	1.90002E + 10	8990730663	78025595.81
a_4	-448703084.6	-264917531.4	-860963914.9	-4.82704E + 12	-1.63565E + 12	-9247486589
a_5	1.10866E + 10	2018441314	4.83506E + 10	7.62091E + 14	1.88027E + 14	6.97688E + 11
a_6	-1. 76807E + 11		-1. 18452E + 12	-7.20026E + 16	-1.37241E + 16	-2.66192E + 13
a_7	1.71842E + 12		1.38690E + 13	3.71496E + 18	6.17501E + 17	3.94078E + 14
a_8	-9.19278E + 12		-6.33708E + 13	-8.03104E + 19	-1.56105E + 19	
a_9	2.06132E + 13				1.69535E + 20	

ECUACIÓN PARA CONVERSIÓN DE TEMPERATURA: $T = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_n x^n$

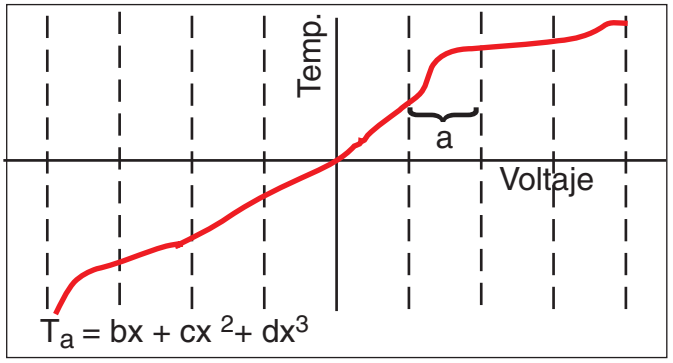
FORMA ANIDADA DE POLINOMIO: $T = a_0 + x(a_1 + x(a_2 + x(a_3 + x(a_4 + a_5 x))))$ (5° orden)

donde x es en voltios, T es en °C

COEFICIENTES POLINÓMICOS DEL NBS

Tabla 3

El cálculo de polinomios de orden superior es una tarea que consume mucho tiempo para una computadora. Como mencionamos antes, podemos ahorrar tiempo utilizando un polinomio de orden inferior para un rango de temperatura más pequeño. En el software para un sistema de adquisición de datos, la curva característica del termopar se divide en ocho sectores, y cada sector es aproximado por un polinomio de tercer orden*.



CURVA DIVIDIDA EN SECTORES

Figura 18

** HEWLETT PACKARD 3054A.*

Todos los procedimientos anteriores asumen que el voltaje del termopar se puede medir con precisión y facilidad; sin embargo, un vistazo rápido a las tablas de termopar NIST nos muestra que los voltajes de salida del termopar son, de hecho, muy pequeños. Examine los requisitos del voltímetro del sistema:

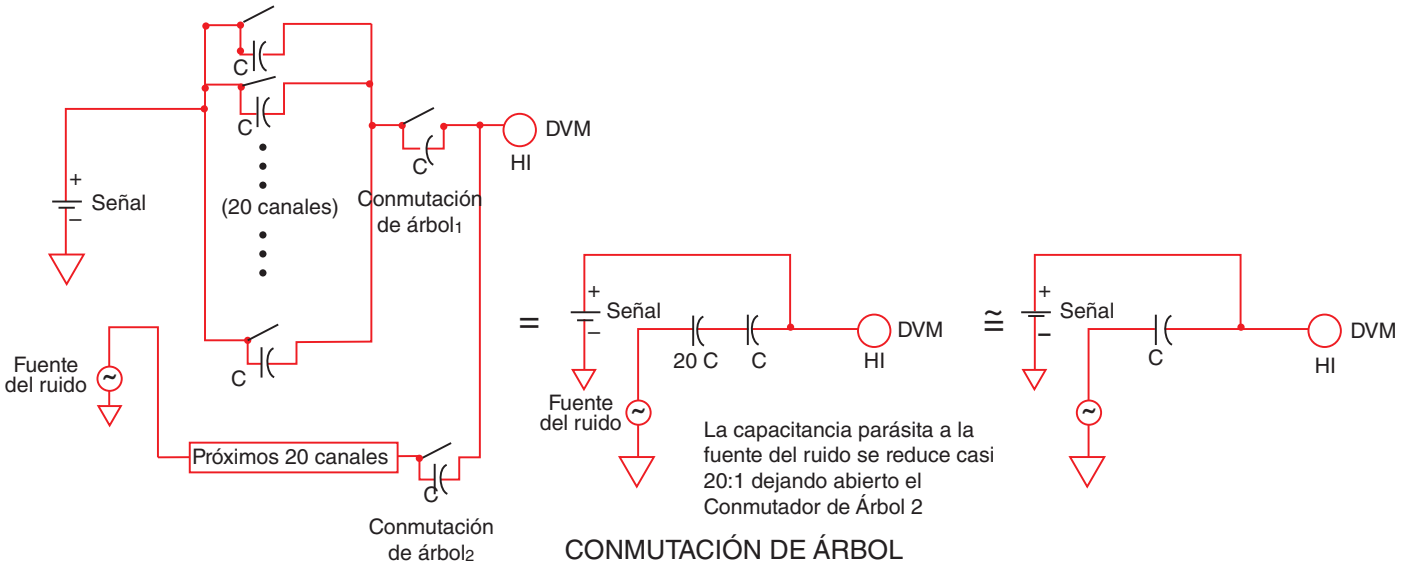
TIPO DE TEMPORAR	COEFICIENTE SEEBECK (µV/˚C) a 20˚C	SENSIBILIDAD DVM PARA 0.1ºC (µV)
E	62	6.2
J	51	5.1
K	40	4.0
R	7	0.7
S	7	0.7
T	40	4.0

SENSIBILIDAD DVM REQUERIDA

Tabla 4

Incluso para el termopar común tipo K, el voltímetro debe ser capaz de resolver 4 µV para detectar un cambio de 0.1 ˚C. La magnitud de esta señal es una invitación abierta para que el ruido se cuele en cualquier sistema. Por esta razón, los diseñadores de instrumentos utilizan varias técnicas fundamentales de rechazo de ruido, incluyendo la conmutación de árbol, el filtrado de modo normal, la integración y la protección.

MEDICIÓN PRÁCTICA DE TERMOPAR
Rechazo de ruido



CONMUTACIÓN DE ÁRBOL

Figura 19

Conmutación de árbol- La conmutación de árbol es un método para organizar los canales de un escáner en grupos, cada uno con su propio interruptor principal.

Sin conmutación de árbol, cada canal puede aportar ruido directamente a través de su capacitancia *parásita*. Con conmutación de árbol, grupos de capacitancias de canal paralelo están en serie con una única capacitancia de *conmutador de árbol.* El resultado es una diafonía enormemente reducida en un gran sistema de adquisición de datos, debido a la reducida capacitancia entre canales.

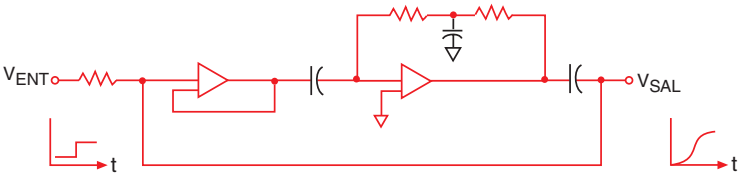
Filtro análogo- Un filtro puede usarse directamente en la entrada de un voltímetro para reducir el ruido. Reduce drásticamente la interferencia, pero hace que el voltímetro responda a las entradas escalonadas.

Integración- La integración es una técnica de A/D que esencialmente promedia el ruido durante un ciclo de línea completo; por lo tanto, el ruido relacionado con las líneas eléctricas y su armonía prácticamente se elimina. Si se elige que el periodo de integración sea menor al ciclo de línea de un entero, sus propiedades de rechazo de ruido son esencialmente anuladas.

Dado que los circuitos de termopar que cubren largas distancias son especialmente susceptibles al ruido relacionado con las líneas eléctricas, es recomendable utilizar un convertidor de analógico a digital integrador para medir el voltaje del termopar. La integración es una técnica A/D especialmente atractiva a la luz de recientes innovaciones que permiten tasas de lectura de 48 muestras por segundo con integración de ciclo completo.

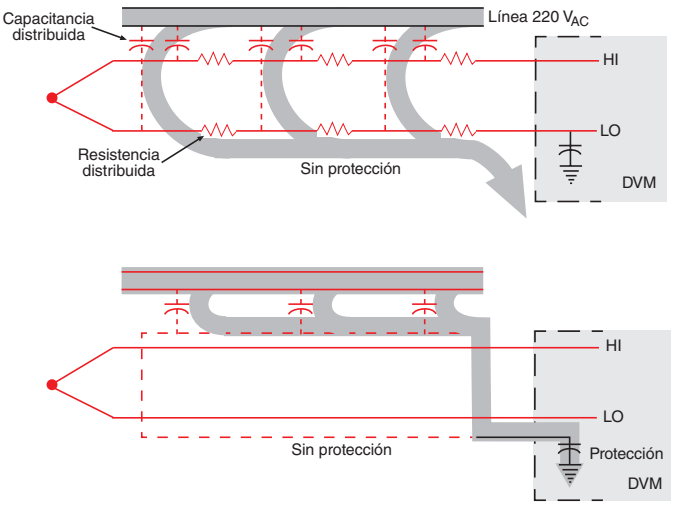
Protección – La protección es una técnica utilizada para reducir la interferencia de cualquier fuente de ruido que sea común en cables de medición altos y bajos, *es decir,* de fuentes de ruido de *modo común.*

Asumamos que un cable del termopar ha sido tirado a través del mismo conducto que una línea de suministro de 220 VCA. La capacitancia entre las líneas eléctricas y las líneas de termopar creará una señal de CA de una magnitud casi igual en ambos cables de termopar. Esta señal de modo común no es un problema en un circuito ideal, pero el voltímetro no es ideal. Tiene algo de capacitancia entre su terminal inferior y la conexión tierra de seguridad (chasis). La corriente fluye a través de esta capacitancia y a través de la resistencia del cable de termopar, creando una señal de ruido de modo normal. La protección, físicamente una caja de metal flotante que rodea todo el circuito del voltímetro, se conecta a un escudo que rodea el cable del termopar, y sirve para desviar la corriente de interferencia.



FILTRO ANÁLOGO

Figura 20



DESVIACIONES DE PROTECCIÓN INTERFIRIENDO CON LA CORRIENTE

Figura 21

Cada unión de termopar blindada puede hacer contacto directamente con una fuente de interferencia sin efectos adversos, ya que en el escáner se prevé cambiar la terminal de la protección por separado para cada canal de termopar. Este método para conectar el escudo a la protección sirve para eliminar los bucles de tierra que suelen crearse cuando los escudos se conectan a tierra.

La protección dvm es especialmente útil para eliminar voltajes de ruido creados cuando la unión de termopar entra en contacto directo con una fuente de ruido de modo común.

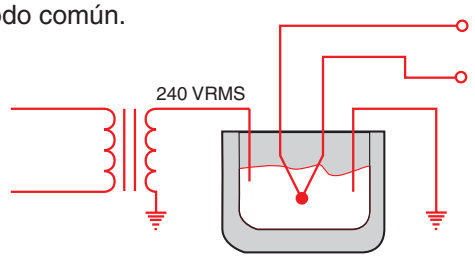


Figura 22

En la Figura 22 queremos medir la temperatura en el centro de un baño de metal fundido que está siendo calentado por corriente eléctrica. El potencial en el centro del baño es de 120 V RMS. El circuito equivalente es:

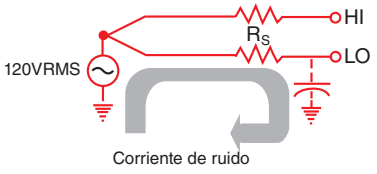


Figura 23

La capacitancia parásita de la terminal dvm Lo al chasis hace que una corriente fluya en el cable inferior, que a su vez hace que un voltaje de ruido caiga por la resistencia en serie del termopar, R_S. Este voltaje aparece directamente a través de las terminales dvm Hi a Lo y provoca una medición ruidosa. Si utilizamos un cable de protección directamente conectado al termopar, reducimos drásticamente la corriente que fluye en el cable Lo. La corriente de ruido ahora fluye en el cable de protección donde no puede afectar a la lectura:

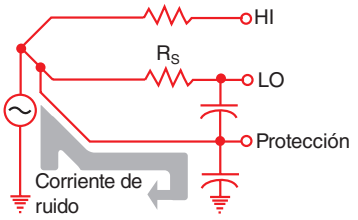


Figura 24

Note que también podemos minimizar el ruido minimizando R_S. Hacemos esto usando cable de termopar más grande que tenga una resistencia en serie más pequeña.

Para reducir la posibilidad de ruido inducido magnéticamente, el termopar debe girarse de manera uniforme. *Cables de extensión* de termopar están a la venta en una configuración de *par trenzado.*

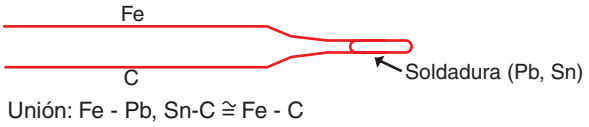
Precauciones prácticas- Hemos discutido los conceptos de la unión de referencia, cómo utilizar un polinomio para extraer datos de temperatura absoluta y qué buscar en un sistema de adquisición de datos, para minimizar los efectos del ruido. Ahora veamos el cable de termopar en sí. El ajuste de curva polinómica depende de que el cable de termopar sea perfecto; es decir, no debe *descalibrarse* al momento de hacer una medición de temperatura. Ahora discutiremos algunas de las dificultades de la termometría de termopar.

Además de las precisiones especificadas del sistema de adquisición de datos y su zone box, la mayoría de los errores de medición se pueden rastrear por una de estas fuentes primarias:

1. Deficiente conexión de uniones
2. Descalibración del cable de termopar
3. Impedancia de derivación y acción galvánica
4. Derivado térmico
5. Corrientes de ruido y de fuga
6. Especificaciones de termopar
7. Documentación

Deficiente conexión de uniones

Hay una serie de maneras aceptables para conectar dos cables de termopar: soldadura, soldadura a la plata, soldadura blanda, etc. Cuando se sueldan los cables del termopar juntos, introducimos un tercer metal en el circuito de termopar, pero mientras las temperaturas en ambos lados del termopar sean las mismas, la soldadura no debe introducir ningún error. La soldadura sí limita la temperatura máxima a la cual podemos someter a esta unión. Para llegar a una temperatura de medición superior, la unión debe soldarse. Pero la soldadura no es un proceso que deba tomarse a la ligera[5]. El sobrecalentamiento puede degradar el cable y el gas de soldadura y la atmósfera en la cual se suelda el cable pueden difundirse en el metal del termopar, cambiando sus características. La dificultad se agrava por la naturaleza tan diferente de los dos metales que se están uniendo. Los termopares comerciales se sueldan en maquinaria cara usando una técnica de descarga capacitiva para asegurar la uniformidad.



SOLDANDO UN TERMOPAR
Figura 25

Una soldadura deficiente puede, por supuesto, resultar en una conexión abierta, que puede detectarse en una situación de medición realizando una *verificación* de termopar abierto. Esta es una función de prueba común disponible con los registradores de datos. Si bien el termopar abierto es el mal funcionamiento más fácil de detectar, no es necesariamente el modo de fallo más común.

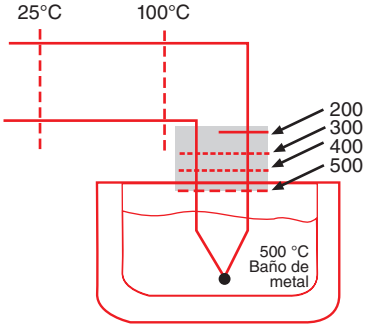
Descalibración

La descalibración es una condición de fallo mucho más grave que el termopar abierto porque puede resultar en una lectura de temperatura que parece correcta. La descalibración describe el proceso de alterar involuntariamente la composición física del cable de termopar de manera que ya no se ajusta al polinomio NBS dentro de los límites especificados. La descalibración puede originarse por la difusión de partículas atmosféricas en el metal, causada por temperaturas extremas. Puede ser causada por recocido a alta temperatura o el metal por trabajar en frío, un efecto que puede ocurrir cuando el cable es arrastrado a través de un conducto o tensado por mal manejo o vibración. El recocido puede ocurrir dentro de la sección de cable que se somete a un gradiente de temperatura.

[5] *Consulte la Bibliografía 5*
[9] *Consulte la Bibliografía 9*
[7] *Consulte la Bibliografía 7*

Robert Moffat en su *Enfoque Gradiente a la Termometría de Termopar* explica que el voltaje del termopar es en realidad generado por la sección de cable que contiene el gradiente de temperatura y no necesariamente por la unión[9].Por ejemplo, si tenemos una sonda térmica ubicada en un baño de metal fundido, habrá dos regiones prácticamente isotérmicas y una que tiene un gradiente grande.

En la Figura 26, la unión de termopar no producirá *ninguna* parte del voltaje de salida. La sección sombreada será la que produzca prácticamente todo el voltaje de salida del termopar. Si, debido al envejecimiento o recocido, la salida de este termopar



GRADIENTE PRODUCE VOLTAJE
Figura 26

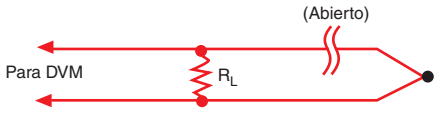
se encontrara a la deriva, entonces reemplazar solo la unión de termopar no resolvería el problema. Tendríamos que reemplazar toda la sección sombreada, ya que es la fuente de voltaje del termopar.

El cable del termopar obviamente no se puede fabricar perfectamente; habrá algunos defectos que causarán errores en el voltaje de salida. Estas *no homogeneidades* pueden ser especialmente perjudiciales si ocurren en una región de fuerte gradiente de temperatura. Dado que no sabemos dónde ocurrirá una imperfección en un cable, lo mejor que podemos hacer es evitar crear un gradiente fuerte. Los gradientes se pueden reducir usando mangas metálicas o colocando con cuidado el cable del termopar.

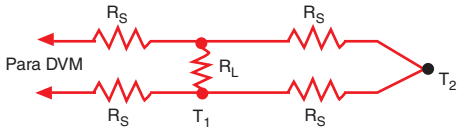
Impedancia de derivación

Las altas temperaturas también pueden causar un impacto negativo en los *aisladores* de cable de termopar. La resistencia de aislamiento disminuye exponencialmente con el aumento de temperatura, hasta el punto de crear una *unión virtual*[7]. Suponga que tenemos un termopar completamente abierto operando a una temperatura alta.

La Resistencia de fuga, R_L, puede ser lo suficientemente baja para completar el recorrido del circuito y darnos una lectura de voltaje inadecuada. Ahora supongamos que el termopar no está abierto, pero estamos usando una sección muy larga de cable de diámetro pequeño.



RESISTENCIA DE FUGA
Figura 27



UNIÓN VIRTUAL
Figura 28

Si el cable del termopar es pequeño, su resistencia en serie, R_S, será bastante alta y bajo condiciones extremas $R_L << R_S$. Esto significa que la *unión* de termopar parecerá estar en R_L y la salida será proporcional a T_1 y no a T_2.

Las altas temperaturas tienen otros efectos perjudiciales en el cable del termopar. Las impurezas y los químicos dentro del aislamiento en realidad pueden difundirse en el metal del termopar haciendo que la dependencia temperatura-voltaje se desvíe de los valores publicados. Al usar termopares a altas temperaturas, el aislamiento debe elegirse con cuidado. Los efectos atmosféricos pueden minimizarse eligiendo la funda metálica o cerámica protectora adecuada.

Acción galvánica

Las pinturas usadas en el aislamiento de algunos termopares forman un electrólito en presencia del agua. Eso desencadena una acción galvánica que resulta en un efecto termoeléctrico centenas de veces más grande que el Efecto Seebeck. Deben ser tomadas medidas preventivas para revestir los cables de termopares con el fin de protegerlos contra atmósferas y líquidos hostiles.

Derivado térmico

Ningún termopar puede hacerse sin masa. Dado que se necesita energía para calentar cualquier masa, el termopar alterará ligeramente la temperatura que pretende medir. Si la masa a medir es pequeña, el termopar debe ser naturalmente pequeño. Pero un termopar hecho con cable pequeño es mucho más susceptible a problemas de contaminación, recocido, tensión e impedancia de derivación. Para *minimizar* estos efectos, se puede utilizar *cable de extensión* de termopar. El cable de extensión es cable a la venta destinado principalmente a cubrir largas distancias entre el termopar de medición y el voltímetro.

El cable de extensión está hecho de metales que tienen coeficientes Seebeck muy similares a un tipo de termopar particular. Por lo general es más grande en tamaño, por lo que su resistencia en serie no se convierte en un factor al atravesar largas distancias. También se puede tirar más fácilmente a través de un conducto a diferencia del cable de termopar muypequeño. Por lo general se especifica en un rango de temperatura mucho menor que el cable de termopar de grado *premium*. Además de ofrecer una práctica ventaja de tamaño, el cable de extensión es menos costoso que el cable de termopar estándar. Esto es especialmente cierto en el caso de termopares a base de platino.

Dado que el cable de extensión se especifica en un rango de temperatura más estrecho y es más propenso a recibir tensión mecánica, el gradiente de temperatura a través del cable de extensión debe mantenerse al mínimo. Esto, según la teoría del gradiente, asegura que prácticamente ninguna señal de salida se verá afectada por el cable de extensión.

Ruido- Ya hemos discutido el ruido relacionado con las líneas en lo que respecta al sistema de adquisición de datos. Las técnicas de integración, conmutación de árbol y protección sirven para cancelar la mayoría de las interferencias relacionadas con las líneas. El ruido de banda ancha puede ser rechazado con el filtro análogo.

El único tipo de *ruido* que el sistema de adquisición de datos no puede rechazar es una compensación de CC causada por una corriente de fuga de CC en el sistema. Si bien es menos común ver corrientes de fuga de CC de magnitud suficiente para causar un error perceptible, la posibilidad de su presencia debe señalarse y evitarse, sobre todo si el cable del termopar es muy pequeño y la impedancia de serie relacionada es alta.

Calibración de cables

El cable de termopar es fabricado según cierta especificación, lo que significa su conformidad con las tablas del NBS. La especificación a veces se puede mejorar mediante la *calibración* del cable (probándolo a temperaturas conocidas). Las piezas consecutivas de cable en un carrete continuo por lo general se monitorearán entre sí más de cerca que la tolerancia especificada, aunque sus voltajes de salida se pueden retirar ligeramente del centro de la especificación absoluta. Si el cable se calibra en un esfuerzo por mejorar sus especificaciones fundamentales, se hace aún más imperativo que todas las condiciones anteriores se atiendan para evitar la descalibración.

Documentación - Puede parecer incongruente hablar de documentación por ser una fuente de error en la medición de voltaje, pero el hecho es que los sistemas de termopar, por su propia facilidad de uso, invitan a un gran número de puntos de datos. La magnitud de los datos puede llegar a ser bastante difícil de manejar. Cuando se toma una gran cantidad de datos, hay mayor probabilidad de error debido a un etiquetado incorrecto de las líneas, al uso de la curva NBS equivocada, etc.

Dado que los números de canal cambian invariablemente, los datos deben ser clasificados por medida y no sólo por el número del canal[6]. La información sobre cualquier medida dada y tal como el tipo de transductor, voltaje de salida, valor típico y ubicación, se pueden mantener en un archivo de datos. Esto se puede hacer bajo control de la computadora o simplemente llenando un formulario preimpreso. Sin importar cómo se mantengan los datos, la importancia de un sistema conciso no debe subestimarse, sobre todo al principio de un complejo proyecto de recolección de datos.

Diagnósticos

La mayoría de las fuentes de error que hemos mencionado se agravan por usar el termopar cerca de sus límites de temperatura. Estas condiciones se encontrarán rara vez en la mayoría de las aplicaciones. Pero ¿qué pasa cuando usamos termopares pequeños en un ambiente hostil a altas temperaturas? ¿Cómo podemos saber cuando el termopar está produciendo resultados erróneos? Necesitamos desarrollar un conjunto confiable de procedimientos de diagnóstico.

Empleando técnicas de diagnóstico, R.P. Reed ha desarrollado un excelente sistema para detectar termopares y canales de datos defectuosos[10]. Tres componentes de este sistema son el registro de eventos, la prueba de *zone box* y el historial de resistencia del termopar.

Registro de eventos – El primer diagnóstico no es una prueba en absoluto, sino un registro de todos los eventos pertinentes que incluso podrían afectar de forma remota las mediciones. Un ejemplo sería:

REGISTRO DE EVENTOS 18 DE MARZO

10:43 Apagón
10:47 Retorno eléctrico del sistema
11:05 Se cambió M821 por termopar tipo K
13:51 Nuevo programa de adquisición de datos
16:07 M821 parece ser una mala lectura

Figura 29

Vemos nuestra lista de programas y encontramos que al hacer la medida #M821 utiliza un termopar tipo J y que nuestro nuevo programa de adquisición de datos lo interpreta como un tipo J. Pero desde el registro de eventos, al parecer el termopar M821 fue cambiado a un tipo K, y el cambio no ingresó en el programa. Aunque la mayoría de las anomalías no se descubren con tal facilidad, el registro de eventos puede ofrecer información valiosa sobre la razón de un cambio inexplicable en la medición de un sistema. Esto es especialmente cierto en un sistema configurado para medir cientos de puntos de datos.

Prueba de Zone Box – Una *zone box* es un bloque de terminales isotérmico de temperatura conocida utilizado en lugar de una referencia de baño de hielo. Si creamos un cortocircuito temporal en el termopar directamente en la *zone box,* el sistema debería leer una temperatura muy cercana a la de la *zone box*, es decir, cercana a la temperatura ambiente.

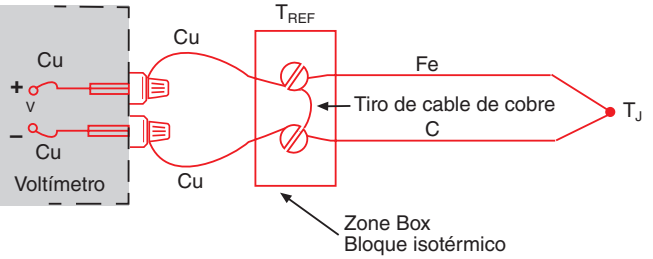
Si la resistencia del cable de termopar es mucho mayor que la resistencia de derivado, la derivación del cable de cobre fuerza V = 0. En el caso normal *sin cortocircuito,* queremos medir T_J y el sistema lee:

$$V \cong \alpha\ (T_J - T_{REF})$$

Pero para la prueba funcional, hemos creado cortocircuito en las terminales de manera que V = 0. La temperatura indicada T_J es así:

$$0 = \alpha\ (T'_J - T_{REF})$$
$$T'_J = T_{REF}$$

Así, para una lectura dvm de V = 0, el sistema indicará la temperatura de la *zone box.* Primero observamos la temperatura T_J (forzada a ser diferente de T_{REF}), entonces causamos un cortocircuito en el termopar con un cable de cobre y nos aseguramos de que el sistema indique la



CAUSANDO CORTO CIRCUITO AL TERMOPAR EN LAS TERMINALES
Figura 30

temperatura de la *zone box* en lugar de T_J.

Esta sencilla prueba verifica que la compensación del controlador, escáner, voltímetro y *zone box* estén funcionando correctamente. De hecho, este simple procedimiento prueba todo, menos el propio cable del termopar.

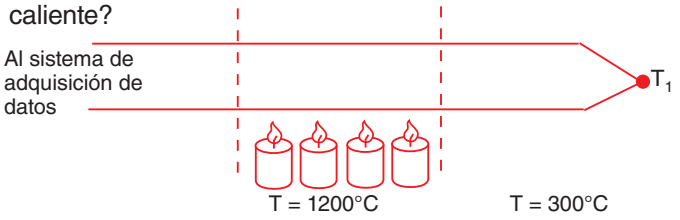
Resistencia de termopar – Un cambio repentino en la resistencia de un circuito de termopar puede actuar como un indicador de advertencia. Si trazamos la resistencia vs. tiempo para cada conjunto de cables de termopar, podemos detectar de inmediato un cambio repentino en la resistencia, lo cual podría ser un indicio de un cable abierto, un cable en cortocircuito debido a una falla de aislamiento, cambios por fatiga por vibración, o uno de muchos mecanismos de fallo.

Por ejemplo, supongamos que tenemos la medición de termopar mostrada en la Figura 31.

Queremos medir el perfil de temperatura de un filón de carbón subterráneo que se ha encendido. El cable pasa de una región de alta temperatura, para una región más fría.

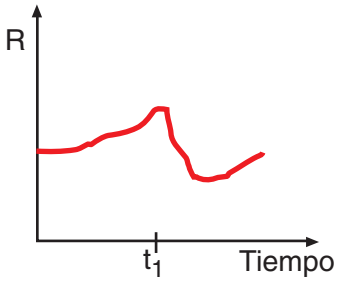
[10] *Consulte la Bibliografía 10*

De repente, la temperatura que medimos se eleva de 300 °C para 1200 °C. ¿La sección del filón de carbón ardiente ha migrado a una ubicación diferente, o ha fallado el aislamiento del termopar, causando un cortocircuito entre los dos cables en la región de punto caliente?



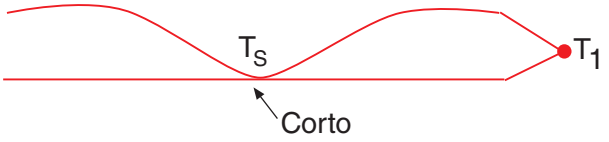
FILÓN DE CARBÓN ARDIENTE
Figura 31

Si tenemos una historia continua de la resistencia del cable de termopar, podemos deducir lo que en realidad ha ocurrido.



RESISTENCIA DE TERMOPAR vs. TIEMPO
Figura 32

La resistencia de un termopar naturalmente cambiará con el tiempo conforme la resistividad del cable cambie debido a la variación de temperatura. Pero un cambio repentino en la resistencia es una indicación de que algo anda mal. En este caso, la resistencia ha caído bruscamente, indicando que el aislamiento ha fallado, acortando efectivamente el bucle de termopar.



CAUSA DEL CAMBIO DE RESISTENCIA
Figura 33

La nueva unión medirá la temperatura T_S y no T_1. La medición de la resistencia nos ha dado información adicional para ayudar a interpretar el fenómeno físico detectado por una verificación estándar del termopar abierto.

Midiendo la resistencia – Casualmente hemos mencionado revisar la resistencia del cable del termopar como si se tratara de una medición directa. Pero tome en cuenta que cuando el termopar está produciendo un voltaje, este voltaje puede causar un gran error de medición de resistencia. Medir la resistencia de un termopar es como medir la resistencia interna de una batería. Podemos atacar este problema con una técnica conocida como medición offset de ohmios compensados.

Como su nombre lo indica, el voltímetro primero mide el voltaje de compensación de termopar sin la fuente de corriente de ohmios aplicada. Entonces la fuente de corriente de ohmios se enciende y el voltaje a través de la resistencia se vuelve a medir. El software del voltímetro compensa el voltaje de compensación del termopar y calcula la resistencia real de la fuente de termopar.

Termopares especiales – En condiciones extremas, podemos incluso utilizar configuraciones de circuito de termopar de diagnóstico. Los termopares *tip-branched y leg-branched* son circuitos de termopar de cuatro cables que permiten la medición redundante de temperatura, ruido, voltaje y resistencia para revisar la integridad del cable. Sus respectivos méritos se discuten a detalle en la REF. 8.

Sólo las aplicaciones de termopar graves requieren diagnósticos tan extensos, pero es reconfortante saber que hay procedimientos que pueden utilizarse para verificar la integridad de una medición de termopar importante.

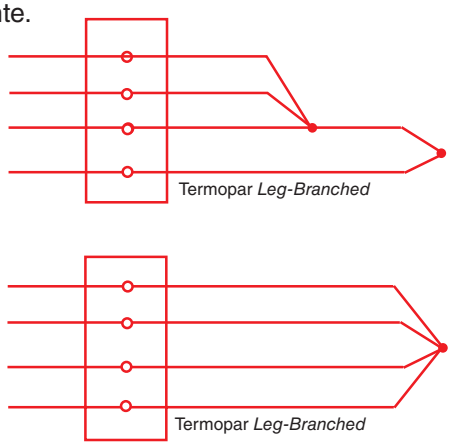


Figura 34

Resumen

En resumen, la integridad de un sistema de termopar se puede mejorar tomando las siguientes precauciones:

- Utilice el cable más grande posible que no desvíe el calor fuera de la zona de medición.
- Si se requiere un cable pequeño, úselo sólo en la región de medición y use cable de extensión para la región sin gradiente de temperatura.
- Evite el estrés mecánico y la vibración que pueda tensar los cables.
- Al utilizar cables de termopar largos, conecte el escudo del cable a la terminal de protección dvm y utilice cable de extensión de par trenzado.
- Evite los gradientes de temperatura fuertes.
- Intente usar el cable de termopar bien dentro de su clasificación de temperatura.
- Utilice un convertidor A/D integrador protegido.
- Utilice el material de funda adecuado en ambientes hostiles para proteger el cable del termopar.
- Utilice cable de extensión sólo a bajas temperaturas y sólo en las regiones de gradientes pequeños.
- Lleve un registro de eventos y un registro continuo de la resistencia del termopar.

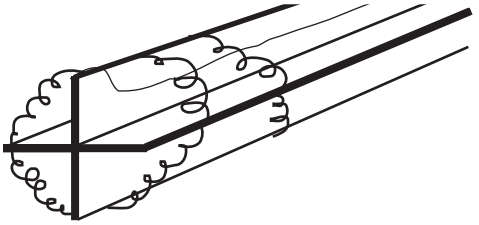
EL RTD

Historia

El mismo año que Seebeck hizo su descubrimiento sobre la termoelectricidad, Sir Humphrey Davy anunció que la resistividad de los metales mostraba una marcada dependencia en la temperatura. Cincuenta años después, Sir William Siemens propuso el uso del platino como el elemento en un termómetro de resistencia. Su elección resultó más propicia, ya que el platino se utiliza hasta el día de hoy como el elemento primario en todos los termómetros de resistencia de alta precisión. De hecho, el detector de temperatura de resistencia de platino[15], o PRTD, se utiliza hoy como estándar de interpolación desde el punto de oxígeno (-182.96 °C) hasta el punto de antimonio (630.74 °C).

El platino es especialmente adecuado para este propósito, ya que puede soportar altas temperaturas mientras mantiene una excelente estabilidad. Como un metal noble, muestra la susceptibilidad limitada a la contaminación.

La construcción del detector de temperatura de resistencia clásico (RTD) con platino fue propuesta por C.H. Meyers en 1932[12]. Él enrolló una bobina helicoidal de platino en una red de mica cruzada y montó el conjunto dentro de un tubo de vidrio. Esta construcción minimizó la tensión en el cable al tiempo que maximizó la resistencia.



CONSTRUCCIÓN DEL RTD MEYERS
Figura 35

Aunque esta construcción produce un elemento muy estable, el contacto térmico entre el platino y el punto medido es bastante deficiente. Esto resulta en un tiempo lento de respuesta térmica. La fragilidad de la estructura limita su uso hoy en día principalmente al de un estándar de laboratorio.

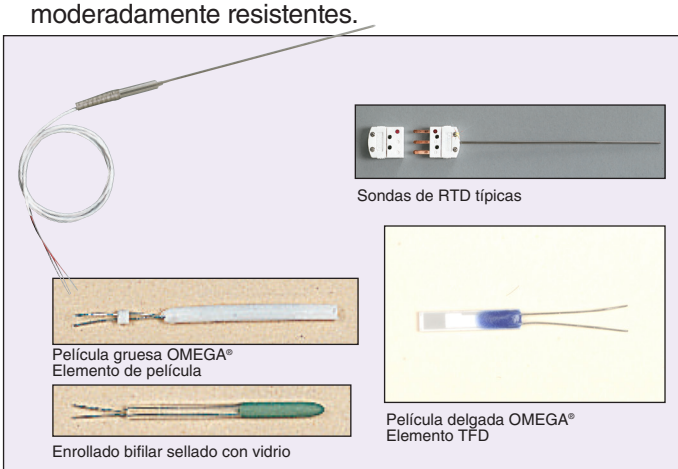
Otro estándar de laboratorio ha tomado el lugar del diseño de Meyers. Este es el elemento de jaula propuesto por Evans y Burns[16]. El elemento de platino sigue principalmente sin apoyo, lo que le permite moverse libremente al expandirse o contraerse debido a las variaciones de temperatura.

La resistencia inducida por tensión cambia con el tiempo y así la temperatura se minimiza y la jaula se convierte en el último estándar de laboratorio. Debido a la estructura sin soporte y posterior susceptibilidad a la vibración, esta configuración sigue siendo algo frágil para ambientes industriales.

[12] Consulte la Bibliografía 12
[15] Consulte la Bibliografía15
[16] Consulte la Bibliografía 16

Una técnica de construcción más resistente se muestra en la Figura 37. El cable doble de platino se enrolla de manera bifilar en un carrete de vidrio o cerámica. El enrollado bifilar reduce el área cerrada efectiva del rollo para minimizar la captación magnética y su ruido relacionado. Una vez que el cable se enrolla en el carrete, el conjunto se sella con una cubierta de vidrio fundido. El proceso de sellado asegura que el RTD mantendrá su integridad bajo vibraciones extremas, pero también limita la expansión del metal de platino a altas temperaturas. A menos que los coeficientes de expansión del platino y el carrete coincidan perfectamente, la tensión se colocará sobre el cable conforme la temperatura cambie, resultando en un cambio de resistencia inducida por tensión. Esto puede resultar en un cambio permanente en la resistencia del cable.

Hay versiones parcialmente compatibles del RTD que ofrecen un compromiso entre el enfoque de la jaula y la hélice sellada. Uno de estos enfoques utiliza una hélice de platino roscada en un cilindro cerámico y fijada mediante frita de vidrio. Estos dispositivos mantendrán una excelente estabilidad en aplicaciones de vibración moderadamente resistentes.



RTD's TÍPICOS
Figuras 36 y 37

RTDs de película metálica

En la técnica de construcción más reciente, una película líquida de platino o metal-vidrio se deposita o proyecta a un pequeño sustrato de cerámica plana, grabado con un sistema de corte láser, y sellado. El RTD de película ofrece una reducción sustancial en el tiempo de montaje y tiene la ventaja adicional de aumento en la resistencia para un tamaño dado. Debido a la tecnología de fabricación, el tamaño del propio dispositivo es pequeño, lo que significa que puede responder rápidamente a cambios escalonados de temperatura. Los RTDs de película son actualmente menos estables que sus contrapartes hechas a mano, pero son cada vez más populares por sus ventajas decididas en tamaño y costo de producción. Estas ventajas deben proporcionar el impulso para futuras investigaciones, necesarias para mejorar la estabilidad.

Metales - Todos los metales producen un cambio positivo en la resistencia para un cambio positivo en la temperatura. Esto, por supuesto, es la función principal de un RTD. Como veremos brevemente, el error del sistema se minimiza cuando el valor nominal de la resistencia de RTD es grande. Esto implica un cable de metal con alta resistividad. Entre menor sea la resistividad del metal, más material tendremos que utilizar.

La tabla 5 enumera las resistividades de materiales comunes de RTD.

METAL		RESISTIVIDAD OHM/CMF (cmf = pie mil circular)
Oro	Au	13.00
Plata	Ag	8.8
Cobre	Cu	9.26
Platino	Pt	59.00
Tungsteno	w	30.00
Níquel	Ni	36.00

Tabla 5

Debido a sus resistividades más bajas, el oro y la plata rara vez se utilizan como elementos de RTD. El tungsteno tiene una resistividad relativamente alta, pero se reserva para aplicaciones de muy alta temperatura porque es extremadamente frágil y difícil de trabajar.

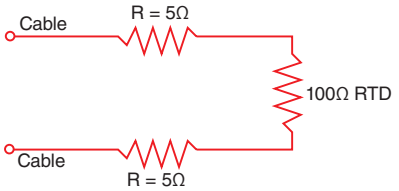
El cobre se utiliza ocasionalmente como elemento RTD. Su baja resistividad obliga el elemento a ser más largo que un elemento de platino, pero su linealidad y muy bajo costo lo hacen una alternativa económica. Su límite superior de temperatura es sólo alrededor de 120 °C.

Los RTDs más comunes están hechos de platino, níquel, o aleaciones de níquel. Los cables económicos derivados de níquel se utilizan en un rango de temperatura limitado. Son bastante no lineales y tienden a amontonarse con el tiempo. Para integridad de la medición, el platino es la elección obvia.

Medición de resistencia

Los valores de resistencia comunes para un RTD de platino van de 10 ohms para el modelo de jaula a varios miles de ohms para el RTD de película. El único valor más común es de 100 ohmios a 0 °C. El coeficiente de temperatura estándar DIN 43760 del cable de platino es α = 0.00385. Para un cable de 100 ohmios, esto corresponde a +0.385 ohmios/°C a 0 °C. Este valor de α es en realidad la pendiente media de 0 °C a 100 °C. El cable de platino más químicamente puro utilizado en las normas de resistencia de platino tiene un α de 0.00392 ohmios/ohm/°C.

Tanto la pendiente como el valor absoluto son números pequeños, sobre todo si consideramos el hecho de que los cables de medición que conducen el sensor pueden ser de varios ohmios o incluso decenas de ohmios. Una pequeña impedancia de cable puede aportar un error significativo a nuestra medición de temperatura.



EFECTO DE RESISTENCIA DE CABLE
Figura 38

Una impedancia de cable de diez ohmios implica 10/0.385 α 26 °C de error en la medición. Incluso el coeficiente de temperatura del cable principal puede aportar un error medible. El método clásico para evitar este problema ha sido el uso de un puente.



PUENTE WHEATSTONE
Figura 39

El voltaje de salida del puente es una indicación indirecta de la resistencia del RTD. El puente requiere cuatro cables de conexión, una fuente externa y tres resistencias que tengan un coeficiente de temperatura cero. Para evitar someter a las tres resistencias de culminación de puente a la misma temperatura que el RTD, el RTD es separado del puente por un par de cables de extensión:

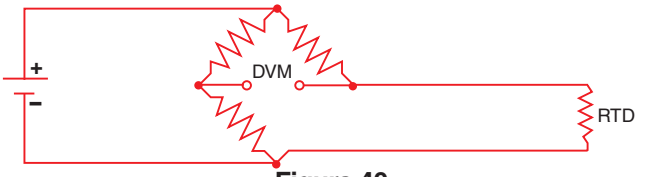
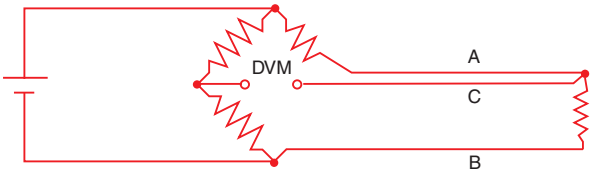


Figura 40

Estos cables de extensión recrean el problema que teníamos inicialmente: La impedancia de los cables de extensión afecta la lectura de la temperatura. Este efecto se puede minimizar usando una configuración de puente de tres cables:

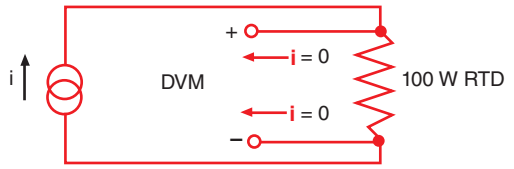


PUENTE DE 3 CABLES
Figura 41

Si los cables A y B coinciden perfectamente en longitud, sus efectos de impedancia se cancelarán porque cada uno está en una pierna opuesta del puente. El tercer cable, C, actúa como un cable sensor y no lleva ninguna corriente.

El puente Wheatstone mostrado en la Figura 41 crea una relación no lineal entre el cambio de resistencia y el cambio de voltaje de salida del puente. Esto agrava la ya no lineal característica de temperatura – resistencia del RTD al requerir una ecuación adicional para convertir el voltaje de salida del puente a la impedancia del RTD equivalente.

Ohmios en 4 cables- La técnica de usar una fuente de corriente junto con un voltímetro digital de detección remota alivia muchos problemas asociados con el puente.



MEDICIÓN DE OHMIOS EN 4 CABLES
Figura 42

El voltaje de salida leído por el dvm es directamente proporcional a la resistencia del RTD, por lo que sólo se necesita una ecuación de conversión. Las tres resistencias de finalización del puente son reemplazadas por una resistencia de referencia. El voltímetro digital mide sólo la caída de voltaje a través del RTD y es insensible a la longitud de los cables principales.

La única desventaja de usar ohmios en 4 cables es que necesitamos un cable de extensión más que con el puente de 3 cables. Este es un pequeño precio a pagar si nos preocupa la exactitud de la medición de temperatura.

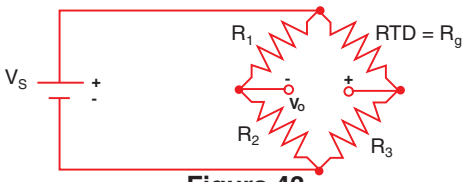


Figura 43

Errores de medición en Puente de 3 cables

Si conocemos V_S y V_O, podemos encontrar R_g y luego despejar la temperatura. El voltaje de desequilibrio Vo de un puente construido con $R_1 = R_2$ es:

$$V_O = V_S\left(\frac{R_3}{R_3 + R_g}\right) - V_S\left(\frac{1}{2}\right)$$

Si $R_g = R_3$, $V_O = 0$ y el puente está equilibrado. Esto se puede hacer manualmente, pero si no queremos hacer un balance de puente manual, podemos simplemente despejar R_g en términos de V_O:

$$R_g = R_3\left(\frac{V_S - 2V_O}{V_S + 2V_O}\right)$$

Esta expresión asume que la resistencia de cable es cero. Si R_g se ubica a cierta distancia del puente en una configuración de 3 cables, la resistencia de cable R_L aparecerá en serie tanto con R_g como con R_3:

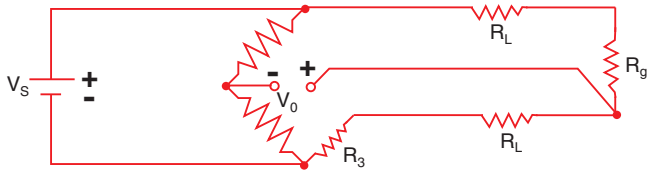


Figura 44

De nuevo despejamos R_g:

$$R_g = R_3\left(\frac{V_s - 2V_o}{V_S + 2V_o}\right) - R_L\left(\frac{4V_o}{Vs + 2V_o}\right)$$

El término de error será pequeño si V_O es pequeño, es decir, el puente está cerca del balance. Este circuito funciona bien con dispositivos como medidores de tensión, que cambian el valor de resistencia por sólo un pequeño porcentaje, pero un RTD cambia drásticamente la resistencia con la temperatura. Asuma que la resistencia RTD es de 200 ohmios y el puente está diseñado para 100 ohmios.

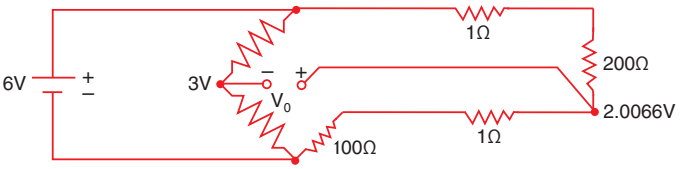


Figura 45

Dado que no conocemos el valor de R_L, debemos usar una ecuación (a), así obtenemos:

$$R_g = 100\left(\frac{6 - 1.9868}{6 + 1.9868}\right) = 199.01 \text{ ohms}$$

La respuesta correcta es, por supuesto, 200 ohmios. Es un error de temperatura de unos 2.5 ˚C.

A menos que usted pueda medir la resistencia de R_L o equilibrar el puente, la técnica básica de 3 cables no es un método preciso para medir la temperatura absoluta con un RTD. Un mejor enfoque es utilizar una técnica de 4 cables.

Conversión de resistencia a temperatura

El RTD es un dispositivo más lineal que el termopar, pero aún requiere ajuste de curvas. La ecuación de Callendar-Van Dusen se ha utilizado durante años para aproximarse a la curva RTD:[11, 13]

$$R_T = R_0 + R_0\,\alpha\left[T - \delta\left(\frac{T}{100} - 1\right)\left(\frac{T}{100}\right) - \beta\left(\frac{T}{100} - 1\right)\left(\frac{T}{100}\right)^3\right]$$

Donde:

R_T	=	Resistencia a temperatura T
R_o	=	Resistencia a T = 0 ˚C
α	=	Coeficiente de temperatura a T = 0 ˚C (típicamente +0.00392Ω/Ω/˚C)
δ	=	1.49 (valor típico para platino.00392)
β	=	0 T > 0 0. 11 (típico) T < 0

Los valores exactos para los coeficientes α, β y δ se determinan probando el RTD a cuatro temperaturas y resolviendo las ecuaciones resultantes. Esta ecuación familiar fue reemplazada en 1968 por un polinomio de orden 20 para proporcionar un ajuste de curva más exacto.

[11, 13] *Consulte la Bibliografía 11 y 13.*

El trazado de esta ecuación muestra que el RTD es un dispositivo más lineal que el termopar:

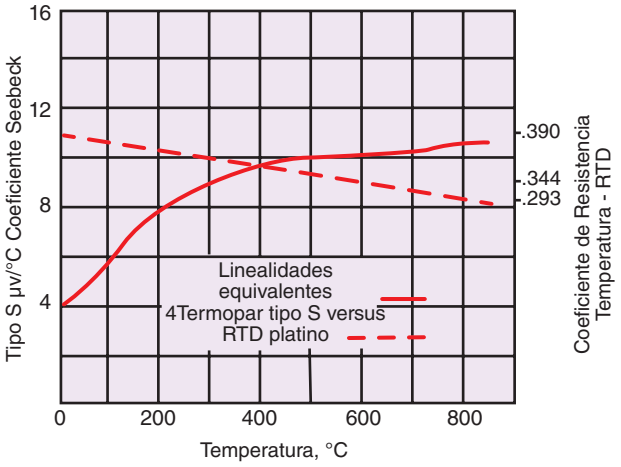


Figura 46

Precauciones prácticas

Las mismas precauciones prácticas que se aplican a los termopares también se aplican a los RTDs, es decir, utilizar escudos y cable de par trenzado, utilizar la cubierta adecuada, evitar la tensión y las gradientes abruptas, utilizar cable de extensión grande, mantener buena documentación y utilizar un dvm integrador protegido. Además, se deben observar las siguientes precauciones.

Construcción - Debido a su construcción, el RTD es un tanto más frágil que el termopar, y se deben tomar precauciones para protegerlo.

Autocalentamiento- A diferencia del termopar, el RTD no es automático. Una corriente debe pasar a través del dispositivo para proporcionar un voltaje que se pueda medir. La corriente provoca calentamiento de Joule (I^2R) dentro del RTD, cambiando su temperatura. Este auto-calentamiento aparece como un error de medición. En consecuencia, se debe prestar atención a la magnitud de la corriente de medición suministrada por el ohmímetro. Un valor típico para el error de autocalentamiento es ½ °C por milivatio en el aire libre. Obviamente, un RTD sumergido en un medio térmicamente conductor distribuirá su calor Joule al centro, y el error por autocalentamiento será menor. El mismo RTD que se eleva 1 ˚C por milivatio en el aire libre subirá sólo ⅒°C por milivatio en el aire que fluye a razón de un metro por segundo [6].

Para reducir los errores de autocalentamiento, utilice la corriente mínima de medición de ohmios que todavía le dará la resolución que requiere, y utilice el RTD más grande que pueda que aún le dé buen tiempo de respuesta. Obviamente, hay acuerdos que se deben considerar.

Derivado térmico – Derivado térmico es el acto de alterar la temperatura de medición insertando un transductor de medición. El derivado térmico es más un problema con los RTDs que con los termopares, ya que el grueso físico de un RTD es mayor que el de un termopar.

RTD pequeño	RTD grande
Rápido tiempo de respuesta Bajo derivado térmico Alto error de auto-calentamiento	Lento tiempo de respuesta Deficiente derivado térmico Bajo error de auto-calentamiento

FEM térmica- La conexión de platino a cobre que se hace cuando se mide el RTD puede causar un voltaje de compensación térmico. La técnica de ohms compensados puede usarse para eliminar este efecto.

[6] *Consulte la Bibliografía 6.*
[18] *Consulte la Bibliografía 18.*

EL TERMISTOR

Al igual que el RTD, el termistor es también una resistencia sensible a la temperatura. Mientras que el termopar es el transductor de temperatura más versátil y el PRTD es el más estable, la palabra que mejor describe al termistor es sensible. De las tres principales categorías de sensores, el termistor presenta, sin lugar a dudas, el mayor cambio de parámetro con la temperatura.

Los termistores por lo general se componen de materiales semiconductores. Aunque están disponibles unidades positivas de coeficiente de temperatura, la mayoría de los termistores tienen un coeficiente de temperatura (TC) negativo; es decir, su resistencia disminuye al incrementarse la temperatura. El TC negativo puede ser tan grande como varios por ciento por grado Celsius, permitiendo que el circuito de termistor detecte cambios mínimos en la temperatura que no pudieron observarse con un circuito de RTD o termopar.

El precio que pagamos por este aumento en la sensibilidad es la pérdida de linealidad. El termistor es un dispositivo extremadamente no lineal que es altamente dependiente de los parámetros del proceso. En consecuencia, los fabricantes no han estandarizado curvas de termistor en la medida en que se han estandarizado las curvas de RTD y termopar.Una curva de termistor individual puede aproximarse muy de cerca usando la ecuación Steinhart-Hart:[18]

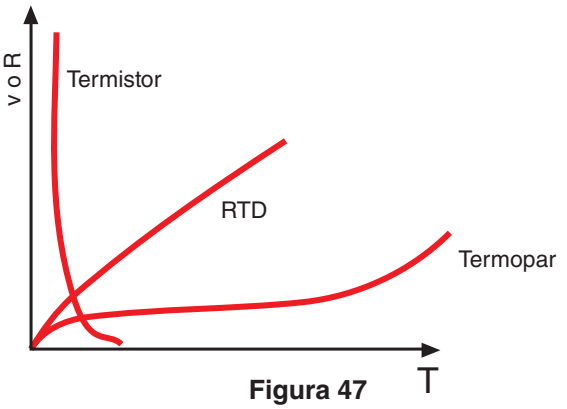


Figura 47

$$\frac{1}{T} = A + B\ln R + C\,(\ln R)^3$$

donde:

T = Grados Kelvin

R = Resistencia del termistor

A,B,C = Constantes de ajuste de curva

A, B, y C se encuentran mediante la selección de tres puntos de datos en la curva de datos publicada y resolviendo las tres ecuaciones simultáneas. Cuando se eligen los puntos de datos para que no abarquen más de 100 °C en el centro nominal del rango de temperatura del termistor, esta ecuación se aproxima a un ajuste bastante notable de curva de ± 0.02 °C.

De alguna manera se logra un tiempo de ejecución de computadora más rápido a través de una ecuación más simple:

$$T = \frac{B}{\ln R - A} - C$$

donde A, B, y C se encuentran de nuevo mediante la selección de tres (R,T) puntos de datos y resolviendo las tres ecuaciones simultáneas resultantes. Esta ecuación debe aplicarse sobre un rango de temperatura más estrecho con el fin de acercarse a la exactitud de la ecuación Steinhart-Hart.

Termistores lineales

Grandes esfuerzos se han hecho para desarrollar termistores que se aproximen a una característica lineal. Estos suelen ser dispositivos de 2 o 4 cables que requieren resistencias externas coincidentes para linealizar la curva característica. El sistema de adquisición de datos moderno con su controlador de cálculo ha hecho innecesario este tipo de linealización de hardware.

Medición

La alta resistividad del termistor le confiere una ventaja de medición distinta. La medición de resistencia de cuatro cables no se requiere como con los RTDs. Por ejemplo, un valor de termistor común es de 5000 ohmios a 25 °C. Con un T.C. típico de 4%/°C, una resistencia de cable de medición de 100 produce sólo un error de 0.05 °C. Este error es un factor 500 veces menor que el error del RTD equivalente.

Desventajas – Debido a que son semiconductores, los termistores son más susceptibles a la descalibración permanente a altas temperaturas que los RTDs o termopares. El uso de termistores por lo general se limita a unos cuantos cientos de grados Celsius y los fabricantes advierten que las exposiciones prolongadas, incluso muy abajo de los límites máximos de operación, harán que el termistor se aleje de su tolerancia especificada.

Los termistores se pueden hacer muy pequeños, lo que significa que responderán rápidamente a los cambios de temperatura. También significa que su pequeña masa térmica los hace especialmente susceptibles a errores de autocalentamiento.

Los termistores son mucho más frágiles que los RTDs o termopares y deben montarse con cuidado para evitar el aplastamiento o la separación de lazos.

SENSOR DE TEMPERATURA LINEAL MONOLÍTICA

Una innovación reciente en termometría es el transductor de temperatura de circuito integrado. Está disponible tanto en configuración de voltaje como de salida de corriente. Ambos proporcionan una salida que es linealmente proporcional a la temperatura absoluta. Los valores típicos son 1 µA/K y 10 mV/K.

Salvo por el hecho de que ofrecen una salida muy lineal con la temperatura, estos dispositivos comparten todas las desventajas de los dispositivos de termistor y por lo tanto tienen un rango de temperatura limitado. Los mismos problemas de auto-calentamiento y fragilidad son evidentes y requieren una fuente de energía externa.

Estos dispositivos proporcionan una manera conveniente de producir un voltaje analógico proporcional a la temperatura. Tal necesidad surge en un circuito de compensación de unión de referencia de hardware de termopar (ver Figura 15).

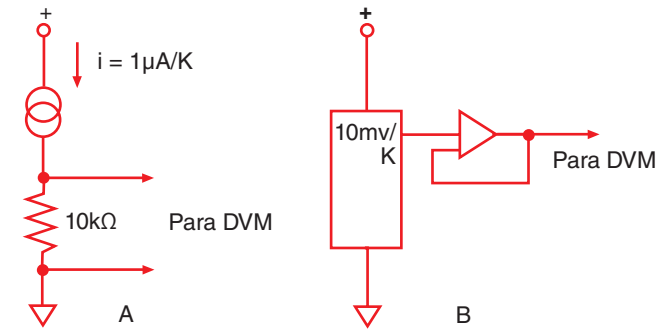


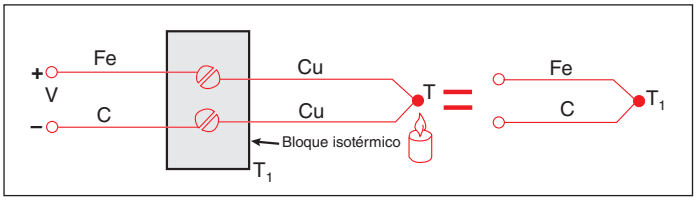
Figura 48

APÉNDICE A

Las leyes empíricas de los termopares[2]

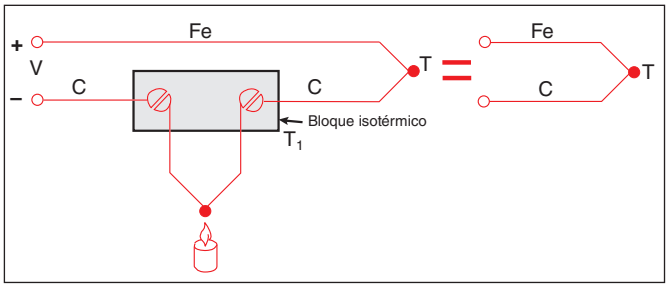
Los siguientes ejemplos ilustran las “leyes” derivadas empíricamente de los termopares que son útiles para entender y diagnosticar los circuitos de termopares.

[2] *Consulte la Bibliografía 2.*



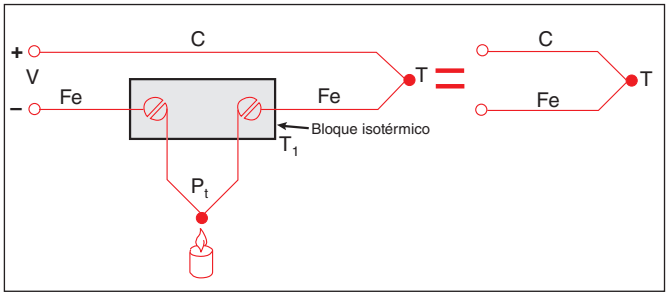
LA LEY DE LOS METALES INTERMEDIOS

Insertar el cable de cobre entre los cables de hierro y constantán no cambiará el voltaje V de salida, independientemente de la temperatura del cable de cobre. El voltaje V es el de un termopar Fe-C a temperatura T_1.



LA LEY DE LAS TEMPERATURAS INTERIORES

El voltaje V de salida será el de un par Fe-C a temperatura T, independientemente de la fuente de calor externa aplicada a cualquier cable de medición.



LA LEY DE LOS METALES INSERTADOS

El voltaje V será el de un termopar Fe-C a temperatura T, siempre que ambos extremos del cable de platino estén a la misma temperatura. Los dos termopares creados por el cable de platino (FePt y Pt -Fe) actúan en oposición.

Todos los ejemplos anteriores asumen que los cables de medición son homogéneos; es decir, libres de defectos e impurezas.

[3] *Consulte la Bibliografía 3*

APÉNDICE B
Características del termopar

Con los años, pares específicos de aleaciones de termopar se han desarrollado para resolver problemas únicos de medición. Las idiosincrasias de los termopares más comunes se discuten aquí.

Utilizaremos el término error de cable estándar para referirnos a las especificaciones comerciales comunes publicadas en el Libro Anual de Normas ASTM. Representa la desviación permitida entre el voltaje de salida de termopar real y el voltaje predicho por las tablas del la Monografía 125 del NBS.

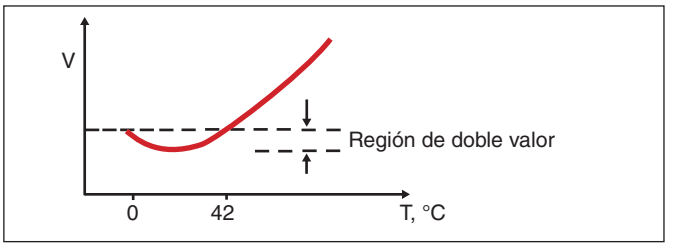
Termopares de metales nobles - Los termopares de metales nobles, los tipos B, R y S, son todos termopares de platino o platino-rodio y por lo tanto comparten muchas de las mismas características.

Difusión – La difusión de vapor metálico a altas temperaturas puede cambiar fácilmente la calibración del cable de platino; por lo tanto, lo cables de platino sólo deben utilizarse dentro de una funda no metálica, como alúmina de alta pureza. La única excepción a esta regla es una funda hecha de platino, pero esta opción es prohibitivamente cara.

Estabilidad – Los pares a base de platino son definitivamente los más estables de todos los termopares comunes. El tipo S es tan estable que se especifica como el estándar para la calibración de temperatura entre el punto de antimonio (630.74 °C) y el punto de oro (1064.43 °C).

Tipo B - El par B es el único termopar común que presenta una ambigüedad de doble valor.

Debido a la curva de doble valor y el coeficiente Seebeck extremadamente bajo a bajas temperaturas, el Tipo B es prácticamente inútil abajo de 50 °C. Dado que la salida es casi cero de 0 °C a 42 °C, el Tipo B tiene la ventaja única de que la temperatura de unión de referencia es casi irrelevante, siempre y cuando esté entre 0˚ y 40 °C. Por supuesto, la temperatura de unión de medición suele ser muy alta.



Termopares de metal común

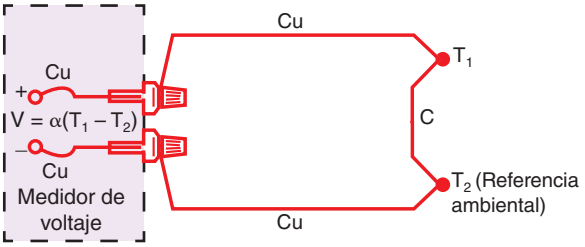
A diferencia de los termopares de metales nobles, los pares de metales comunes no tienen composición química especificada.Se puede usar cualquier combinación de metales que resulte en un ajuste de curva de voltaje vs. temperatura que está dentro de los errores de cables estándar. Esto conduce a algunas combinaciones de metales bastante interesantes. El constantán, por ejemplo, no es una aleación de metal específico en absoluto, sino un nombre genérico para toda una serie de aleaciones de cobre-níquel. Increíblemente, el constantán utilizado en un termopar tipo T (cobre-constantán) no es el mismo que el constantán utilizado en el par tipo J (hierro-constantán).[3]

Tipo E – Aunque los errores de cable estándar Tipo E no se especifican abajo de 0 °C, el termopar tipo E es ideal para mediciones de baja temperatura debido a su alto coeficiente de Seebeck (58 µV/°C), baja conductividad térmica y resistencia a la corrosión.

El coeficiente Seebeck para el Tipo E es mayor que todos los otros pares estándar, lo que lo hace útil para detectar pequeños cambios de temperatura.

Tipo J – El hierro, el elemento positivo en un par J, es un metal barato raramente fabricado en forma pura. Los termopares J están sujetos a deficientes características de conformidad debido a impurezas en el hierro. Aun así, el par J es popular por su alto coeficiente Seebeck y bajo precio.

El par J no debe utilizarse nunca por encima de 760 °C debido a una transformación magnética abrupta que puede causar descalibración incluso después de enfriarse el instrumento.



TYPE T

Tipo T - Este es el único par con errores de cable estándar publicados para la región de temperatura abajo de 0 °C; sin embargo, el tipo E es en realidad más adecuado a temperaturas muy bajas debido a su mayor coeficiente Seebeck y menor conductividad térmica.

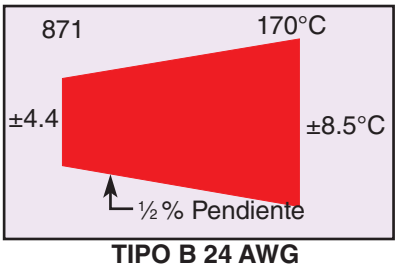
El Tipo T tiene la distinción única de tener un cable de cobre. Esto puede ser una ventaja en una situación de monitoreo especializado donde una diferencia en la temperatura es todo lo que se desea.

La ventaja es que los cables de termopar de cobre son del mismo metal que las terminales dvm, haciendo innecesaria la compensación de cables.

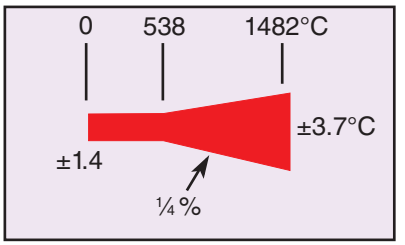
Tipos K y Nicrosil-Nisil - El termopar Nicrosil-Nisil, tipo N, es similar al tipo K, pero ha sido diseñado para minimizar algunas de las inestabilidades en la combinación cromel-alumel convencional. Los cambios en el contenido de la aleación han mejorado las transformaciones de orden/desorden que ocurren a 500 °C, y un contenido mayor de silicio en el elemento positivo mejora la resistencia a la oxidación a temperaturas elevadas. Una descripción completa con curvas características está publicada en la Monografía 161 de NBS[14].

Tungsteno – Los termopares de tungsteno-renio se utilizan normalmente a temperatura alta en ambientes reductores o de vacío, pero nunca en una atmósfera oxidante debido a las altas velocidades de reacción. El tungsteno puro se vuelve muy frágil cuando se calienta sobre su temperatura de recristalización (alrededor de 1200 °C). Para hacer el cable más fácil de manejar, se utilizan aleaciones de renio en ambas piernas del termopar. Los termopares tipos G (tungsteno vs. tungsteno 26% renio), C (tungsteno 5% renio vs. tungsteno 26% renio) y D (tungsteno 3% renio vs. tungsteno 25% renio) están disponibles en forma de cable descubierto, así como conjuntos de sonda completos. Todos los materiales se ajustan a los Límites de Error publicados.

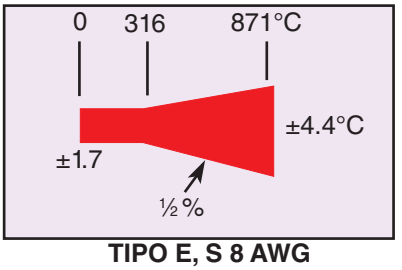
ERRORES DE CABLE ESTÁNDAR ASTM[3]



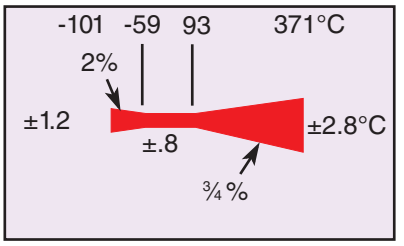
TIPO B 24 AWG



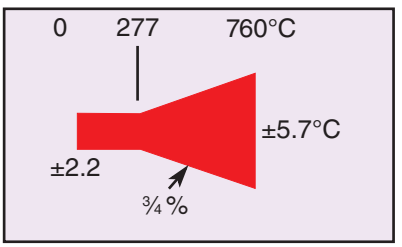
TIPO R, S 24 AWG



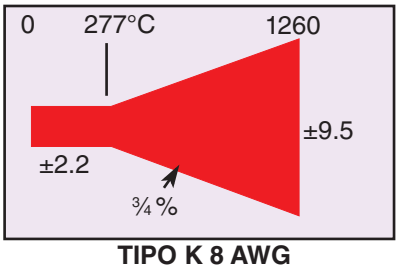
TIPO E, S 8 AWG



TIPO T 14 AWG



TIPO J 8 AWG

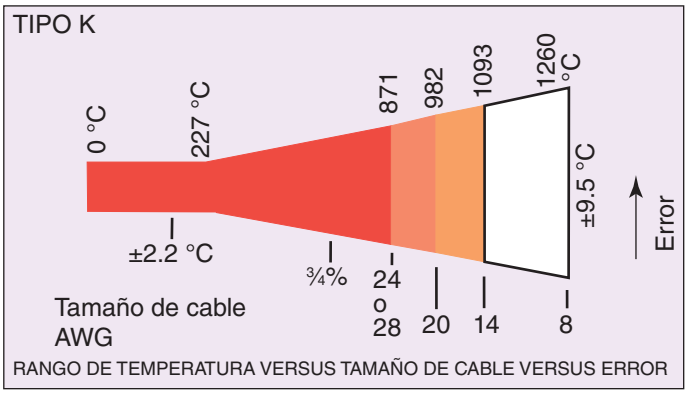


TIPO K 8 AWG

A altas temperaturas, un pequeño cable de termopar se ve más afectado por difusión, impurezas y no homogeneidad que el cable grande. Los errores de cable estándar reflejan esta relación.

Tenga en cuenta que cada especificación de error de cable NBS conlleva un tamaño de cable. Los termopares de metales nobles (B, R y S) están especificados con cable pequeño (24 ga.) por obvias razones de precio.

[3] Consulte la Bibliografía 3
[14] Consulte la Bibliografía 14

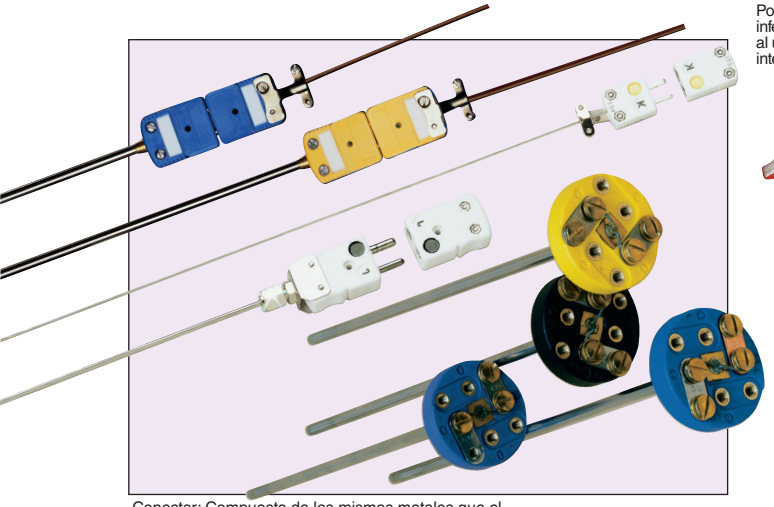


RANGO DE TEMPERATURA VERSUS TAMAÑO DE CABLE VERSUS ERROR

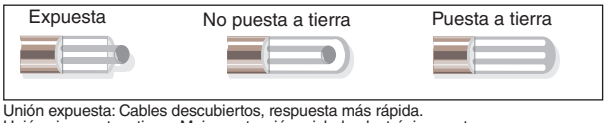
AWG	DIA, MILS	DIA, mm
8	128	3.3
10	102	2.6
12	81	2.1
14	64	1.6
16	51	1.3
18	40	1
20	32	0.8
22	25	0.6
24	20	0.5
26	16	0.4
28	13	0.3

TIPO	METAL +	METAL -	CÓDIGO DE COLOR ESTÁNDAR +	CÓDIGO DE COLOR ESTÁNDAR -	Ω/DOBLE PIE 20 AWG	COEFICIENTE SEEBECK S(μV/˚C) *a* T (˚C)		°C ERROR DE CABLE ESTÁNDAR (VER APÉNDICE B)	RANGO DE MATERIAL† ESPECIFICADO POR NBS (˚C)
B	Platino - 6% Rodio	Platino - 30% Rodio	–		0.2	6	600	4.4 a 8.6	0 a 1820*
E	Níquel - 10% Cromo	Constantán	Violeta	Rojo	0.71	58.5	0	1.7 a 4.4	-270 a 1000
J	Hierro	Constantán	Blanco	Rojo	0.36	50.2	0	1.1 a 2.9	- 210 a 760
K	Níquel - l0% Cromo	Níquel	Amarillo	Rojo	0.59	39.4	0	1.1 a 2.9	-270 a 1372
N (AWG 14)	Nicrosil	Nisil	–		–	39	600	–	0 a 1300
N (AWG 28)	Nicrosil	Nisil	–		–	26.2	0	–	-270 a 400
R	Platino- 13% Rodio	Platino	–		0.19	11.5	600	1.4 a 3.8	-50 a 1768
S	Platino - 10% Rodio	Platino	–		0.19	10.3	600	1.4 a 3.8	-50 a 1768
T	Cobre	Constantán	Azul	Rojo	0.30	38	0	0.8 a 2.9	-270 a 400
W-Re	Tungsteno - 5% Renio	Tungsteno - 26% Renio	–		–	19.5	600	–	0 a 2320

** Tipo B de doble valor abajo de 42 °C – ajuste de curva especificado solo arriba de 130 °C*
† Rango de material es para cable de 8 AWG; disminuye cuando disminuye el tamaño del cable

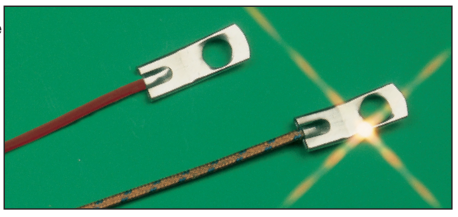


Conector: Compuesto de los mismos metales que el termopar, para un error mínimo de conexión.

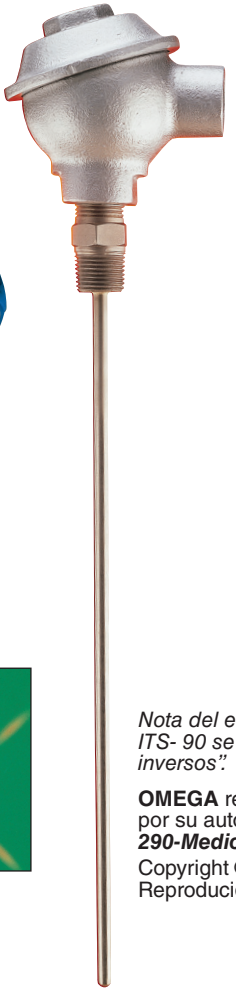


Unión expuesta: Cables descubiertos, respuesta más rápida.
Unión sin puesta a tierra: Mejor protección, aislada electrónicamente.
Unión puesta a tierra: Cables protegidos, respuesta más rápida.

Arandelas de termopar: Par integrado a arandela; montaje conveniente.



Pozo de termopar: Gradiente inferior, protege el cable y permite al usuario cambiar el termopar sin interrumpir el proceso.



BIBLIOGRAFÍA

1. Charles Herzfeld, F.G. Brickwedde: Temperature - Its Measurement and Control in Science and Industry, Vol. 3, Parte 1, Reinhold, Nueva York, 1962.
2. Robert P. Benedict: Fundamentals of Temperature, Pressure and Flow Measurements, John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 1969.
3. Manual on the Use of Thermocouples in Temperature Measurement, Publicación especial ASTM 470A, Omega Press, Stamford, Connecticut 06907, 1974.
4. Thermocouple Reference Tables, NBS Monograph 125, National Bureau of Standards, Washington, D.C., 1979. También, Temperature-Millivolt Reference Tables-Section T, Omega Temperature Measurement Handbook, Omega Press, Stamford Connecticut 06907,1983.
5. H. Dean Baker, E.A. Ryder, N.H. Baker: Temperature Measurement in Engineering, Omega Press, Stamford, Connecticut 06907, 1953.
6. Temperature Measurement Handbook, Omega Engineering, Inc., Stamford, Connecticut.
7. R.L. Anderson: Accuracy of Small Diameter Sheathed Thermocouples for the Core Flow Test Loop, Oak Ridge National Laboratories, ORNL-54011 (disponible desde el Servicio de Información Nacional), Abril, 1979.
8. R. R Reed: Branched Thermocouple Circuits in Underground Coal Gasification Experiments, Eventos del 22nd ISA International Instrumentation Symposium, Instrument Society of America, 1976.
9. R.J. Moffat: The Gradient Approach to Thermocouple Circuitry, from Temperature - Its Measurement and Control in Science and Industry, Reinhold, Nueva York, 1962
10. R.P. Reed: A Diagnostics-Oriented System for Thermocouple Thermometry, Eventos del 24th ISA International Instrumentation Symposium, Instrument Society of America, 1978.
11. Harry R. Norton: Handbook of Transducers for Electronic Measuring Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
12. C.H. Meyers: Coiled Filament Resistance Thermometers, NBS Journal of Research, Vol. 9, 1932.
13. Boletín 9612, Rev. B: Platinum Resistance Temperature Sensors, Rosemount Engineering Co., 1962.
14. Burley, Powell, Burns & Scroger: The Nicrosil vs. Nisil Thermocouple: Properties and Thermoelectric Reference Data, NBS Monograph 161, U.S. Dept. of Commerce, Washington, D.C., 1978
15. J.P Tavener: Platinum Resistance Temperature Detectors - State of the Art, Measurements & Control, Measurements & Data Corporation, Pittsburgh, PA., Abril, 1974.
16. J.P. Evans y G.W. Burns: A Study of Stability of High Temperature Platinum Resistance Thermometers, in Temperature - Its Measurement and Control in Science and Industry, Reinhold, Nueva York, 1962.
17. D.D. Pollock: The Theory and Properties of Thermocouple Elements, ASTM STP 492, Omega Press, Stamford, Connecticut 06907, 1979.
18. YSI Precision Thermistors, Yellow Springs Instruments, Yellow Springs, Ohio, 1977.

Nota del editor: Los datos de termopar que se ajustan a ITS- 90 se dan en "ITS-90 Polinomios de termopar directos e inversos".

OMEGA reconoce con gratitud a **Agilent Technologies** por su autorización para reproducir ***Nota de Aplicación 290-Mediciones prácticas de temperatura.***

Copyright © 1997, 2000 Agilent Technologies, Inc.
Reproducido con autorización

La elección de revestimiento para termopares aislados por minerales

H. L. Daneman, P.E.

INTRODUCCIÓN

La forma de termopar con aislamiento mineral integralmente revestido en metal (MIMS) consiste en cables de termopar envueltos en material aislante (generalmente MgO) compactados por laminado, trefilado o estampado hasta que se alcance una reducción en el diámetro de la funda. Las ventajas de los termopares MIMS son:

- Aislamiento químico de los cables de la atmósfera que los rodea.
- Revestimiento de los termoelementos de las fuentes de interferencia eléctrica.
- Protección de los cables y aislamiento de daños causados por golpes.
- Flexibilidad del conjunto final, permitiendo el doblado.

Durante dos décadas, la gente le ha conferido a la construcción de MIMS una mayor capacidad de la que merece. Con mucha frecuencia, esta forma ha mostrado menos estabilidad, menos durabilidad y menores límites de temperatura que los correspondientes elementos sin funda. Los termopares MIMS de níquel utilizados sobre los 400 °C (750 °F) son especialmente vulnerables a inestabilidad de calibración y menor vida útil - factores que se apoyan en gran medida en el uso y la selección del termopar.

HISTÉRESIS

La histéresis termoeléctrica es un contribuyente a la inestabilidad de calibración. La histéresis es una forma de fenómeno de orden/desorden de corto alcance que ocurre entre 200 y 600 °C (con pico en ≈ 400 °C) para aleaciones de Ni-Cr como el Tipo K. Se evidencia por un cambio de calibración de varios grados mientras la temperatura de termopar está dentro de esta banda de temperatura. Los termopares Tipo N presentan histéresis de hasta 5 °C cuando se calientan y enfrían entre 200 y 1000 °C (con pico alrededor de 750 °C). A 900 °C la histéresis es de 2 a 3 °C. Si el termopar tipo K, por ejemplo, se va a utilizar por abajo de 500 °C, la histéresis se puede reducir por recocido durante la noche a 450 °C.

OXIDACIÓN

Otro fenómeno que afecta la calibración es la oxidación. Las aleaciones de Ni-Cr-Al (por ejemplo, Cromel*) tienen vida limitada en el aire cuando están a más de 500 °C debido a la oxidación. Una forma especial de oxidación es la llamada “pudrición verde”, que es la oxidación preferencial de Cr en atmósferas con bajo contenido de oxígeno (por ejemplo, fundas en las que el volumen de aire es limitado y estancado). Nicrosil resiste la oxidación hasta aproximadamente 1,250 ˚C (2,300 ˚F) y no presenta pudrición verde.

Varios materiales de funda nuevos llamados “Nicrobell” (**) constan de Nicrosil con 1.5% o 3.0% de niobio. Nicrobell “A” está particularmente formulado para ser resistente a la oxidación. Otro nuevo material de funda resistente a la oxidación llamado Nicrosil+ (***) consta de Nicrosil más 0.15% de magnesio. Se ha reportado (ref. 4) que presenta menos fragmentación y quizás tenga una vida útil mayor que algunas versiones probadas de Nicrobell.

Nicrosil, por sí misma, no tiene una resistencia satisfactoria a las atmósferas reductoras, como las encontradas en la mayoría de los procesos de combustión o en muchos tratamientos térmicos. Otras adaptaciones de Nicrosil como material de funda (como Nicrobells B, C y D) pueden ser ofrecidas para para uso en atmósferas típicas no oxidantes.

CONTAMINACIÓN

Una tercera influencia en la estabilidad de calibración es la contaminación. La idea detrás del termopar revestido de metal, diseñado integralmente y aislado por minerales es que la compresión uniforme del aislamiento de óxidos minerales finamente divididos (por lo general MgO) que rodea los cables y llena la funda selle el volumen interno, eliminando así la contaminación. El volumen del aislamiento comprimido por estampado, trefilado o laminado está en el orden de 85% de material sólido. Esto es útil, pues permite que el tubo se doble y también que conjuntos de diámetro menor sean fabricados. Sin embargo, permite la intrusión de gases como vapor de agua o aire. También permite la difusión del vapor de los elementos que componen los cables o la funda. Bentley y Morgan determinaron que la difusión en fase vapor de Mn (manganeso) a través del aislamiento de MgO tiene mayor influencia en la descalibración del termopar.

FATIGA DEL METAL

La fatiga del metal es otra causa de reducción de la vida útil del termopar. Diferir coeficientes de temperatura de expansión lineal entre fundas y cables causa tensión durante el calentamiento o enfriamiento. Estas tensiones resultan en una eventual fractura por fatiga del metal. Al calentar a 900 °C, la expansión térmica del Nisil difiere del acero inoxidable 304 en un 0.4% de longitud. Nicrosil tiene solo 0.05% de diferencia en expansión térmica en comparación con Nisil (la parte más propensa a fracturarse). Una funda de Nicrosil, de Nicrosil+ o de Niobell induciría una menor fatiga del metal en cualquier segmento del termopar Tipo N del que una de acero inoxidable.

COMPOSICIÓN

Los cambios de composición en pares cubiertos de acero inoxidable suelen ser mayores que en los pares cubiertos con Inconel (****). En pruebas realizadas por Anderson, et al., el segmento de KN mostró un aumento de cromo, pero una disminución de aluminio. Estos cambios en la composición contribuyeron con la mayor parte del cambio resultante en la calibración del termopar.

La mayoría de los aceros inoxidables tienen de 1 a 2% de manganeso. El tipo 304 tiene ≈ 2% de manganeso. Otros tienen concentraciones de manganeso que varían de 1% a 10%. Inconel tiene hasta 1% Mn. Como regla general, cada 1% de Mn en el material de la funda contribuye con -10 ˚C en el cambio de calibración para 1,000 horas a 1,100 ˚C. De acuerdo con Bentley, a 1,200˚C, una funda de acero inoxidable del tipo N de 3 mm de diámetro derivó presentó desvío de -24 ˚C en 1,000 horas.

HUMEDAD

Hay un efecto múltiple de vapor de agua dentro de la funda. Se absorbe rápidamente en el MgO, reduciendo la resistencia de aislamiento. La intrusión de humedad puede arruinar un conjunto de termopares MIMS en tan solo unos pocos minutos. En cantidades menores, destruye una capa protectora de óxido en aleaciones de níquel-cromo, sometiéndolos a un deterioro más rápido. Los cambios por vapor de agua

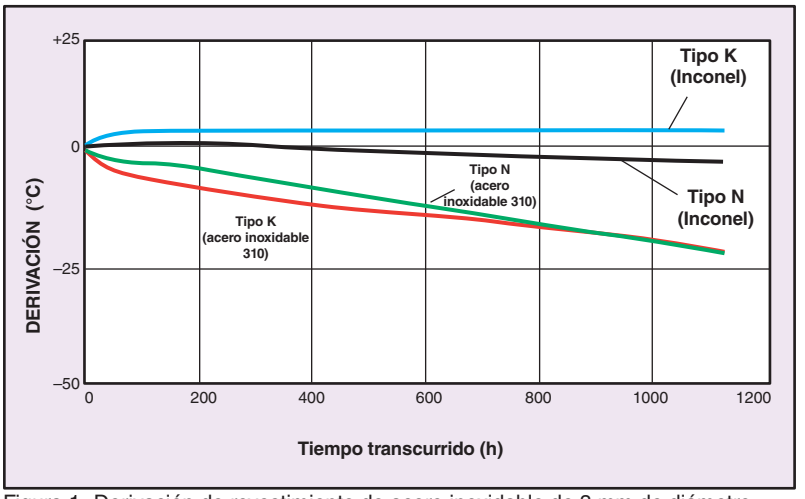


Figura 1. Derivación de revestimiento de acero inoxidable de 3 mm de diámetro y revestimiento Inconel 600 termopares tipo K y Nicrosil vs. Nisil en 1200 °C de vacío. Las caídas en la curva de la derivación son resultado de la “prueba de no homogeneidad in situ” donde las muestras fueron extraídas del horno por 5 cm.

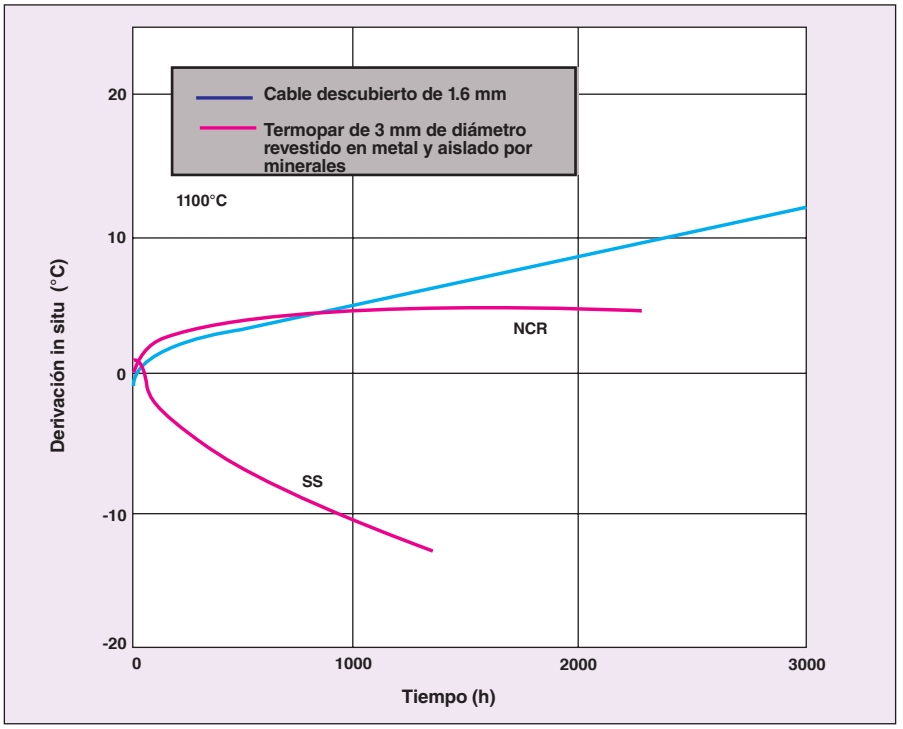


Figura 2. Derivación in situ en termopares tipo N con las puntas sostenidas a 1100 °C. Las curvas se refieren a los termopares revestidos de metal y aislados por minerales con fundas de 3mm de diámetro de acero inoxidable (SS) 310 o Nicrosil (NCR) y termopares de cable descubierto de 1.6mm en aire. También se indica el rango en derivación para este último.

pueden ser lo suficientemente graves como para inutilizar a los pares afectados al reducir la resistencia de aislamiento. Esta resistencia reducida puede resultar en lecturas confusas de temperatura, fallas prematuras o incluso lecturas erróneas después de abrir los circuitos.

El vapor de agua puede introducirse durante la fabricación o reparación del termopar, o incluso por cambios en la presión atmosférica durante el transporte aéreo o durante largos períodos de almacenamiento (por ejemplo, seis meses) en los sitios de construcción. Se debe tener cuidado con los sellos herméticos durante el traslado e instalación.

RECOMENDACIONES

Aunque no se mencionó anteriormente, hay cierta relación entre el diámetro de estos materiales de termopar y la estabilidad y longevidad a temperaturas elevadas. La superficie de enladrillado donde se apoyan los calentadores eléctricos se vuelve conductora a temperaturas elevadas. Esto conduce al flujo de corrientes eléctricas a través de fundas de termopares a tierra, tal vez a través del instrumento de medición.

La tentación de utilizar los termopares mejor revestidos (hasta de 1 mm) debe resistirse para ambientes industriales corrosivos o temperaturas más altas.

El acero inoxidable es una funda más deficiente para termopares aislados por minerales y revestidos de metal que el Inconel 600 o el modificado Nicrosil al utilizarse con termopares Ni-Cr como el Tipo K o Tipo N. Los termopares modificados con funda Nicrosil ofrecen mejor resistencia a la oxidación hasta 1100 °C (1200 a 1250 °C para el tipo N), menos fallas por expansión térmica diferencial, mejor ductilidad y la eliminación de los problemas de deriva causados por la difusión de vapor de manganeso de aceros inoxidables o Inconel.

Considerando el estado actual de provisión de nuevos materiales, una buena opción sería elegir un termopar MIMS Tipo K revestido en Inconel de bajo manganeso (0.3% o menos) hasta que los datos de comprobación del termoparTipo K o N revestido en Nicrosil modificado estén disponibles.

(*) CHROMEL es una marca registrada de Hoskins Manufacturing Co.

(**) NICROBELL es una marca registrada de NICROBELL Pty. Ltd. Las aleaciones de funda NICROBELL están patentadas en varios países, incluyendo EUA

(***) NICROSIL + es una marca registrada de Pyrotenax Australia Pty. Ltd.

(****) INCONEL es una marca registrada de International Nickel Co.

Reproducido con la autorización de H.L. Daneman P.E. (ret.) hankdan@comcast.net

REFERENCIAS

1. Anderson, R. L., Ludwig, R.L.,FAILURE OF SHEATHED THERMOCOUPLES DUE TO THERMAL CYCLING, Temperature, (1982) pp 939-951
2. Anderson, R. L., Lyons, J. D., Kollie, T G., Christie, W. H., Eby,R., DECALIBRATION OF SHEATHED THERMOCOUPLES, Temperature, 1982) pp 977-1007
3. Bentley, R. E., NEW-GENERATION TEMPERATURE PROBES, Materials Australasia, Abril (1987), pp. 10-13
4. Bentley, R. E., THEORY AND PRACTICE OF THERMOELECTRIC THERMOMETERY, 2da Edición, CSIRO Div. de Física Aplicada, (1990) 152 páginas.
5. Bentley, R.E., comunicación privada, 11/22/90
6. Burley, N. A., HIGHLY STABLE NICKEL-BASE ALLOYS FOR THERMOCOUPLES, J. del Instituto Australiano de Metales, Mayo (1972), pp 101-113
7. Burley, N. A., Burns, G. W., Powell, R. L., NICROSIL AND NISIL: THEIR DEVELOPMENT AND STANDARDIZATION, Inst. Physical Conf. Ser. No. 26, (1975), pp 162-171
8. Burley, N. A., Jones, T.P., PRACTICAL PERFORMANCE OF NICROSIL-NISIL THERMOCOUPLES, Inst. Physical Conf. Ser. No. 26, (1975), pp 172-180
9. Burley, N. A., Powell, R. L., Burns, G. W., Scroger, M. G., THE NICROSIL VS NISIL THERMOCOUPLE: PROPERTIES AND THERMOELECTRIC DATA, NBS Monograph 161, Abril (1978), pp 1-156
10. Burley, N. A., THE NICROSIL VS NISIL THERMOCOUPLE: THE FIRST TWO DECADES, (1986) comunicación privada
11. Burley, N. A., N-CLAD-N: A NOVEL ADVANCED TYPE N INTEGRALLY-SHEATHED THERMOCOUPLE OF ULTRA-HIGH THERMOELECTRIC STABILITY, High Temperatures-High Pressures, (1986) pp 609-616
12. Burley, N. A., NICROSIL/NISIL TYPE N THERMOCOUPLE, Measurements & Control, Abril (1989), pp 130-133
13. Burley, N. A., ADVANCED INTEGRALLY SHEATHED TYPE N THERMOCOUPLE OF ULTRA-HIGH THERMOELECTRIC STABILITY, Measurement, Ene-Mar 1990, pp 36-41
14. Daneman, H. L., THERMOCOUPLES, Measurements & Control, Junio (1988), pp 242-243
15. Frank, D.E., AS TEMPERATURES INCREASE, SO DO THE PROBLEMS!, Measurements & Control, Junio (1988), p 245
16. Hobson, J. W., THE INTRODUCTION OF THE NICROSIL/NISIL THERMOCOUPLES IN AUSTRALIA, Australian Journal of Instrumentation and Control, Octubre (1982), pp 102-104
17. Hobson, J. W., THE K TO N TRANSITION - BUILDING ON SUCCESS, Australian Journal of Instrumentation and Control, (1985) pp 12-15
18. Northover, E. W., Hitchcock, J. A., A NEW HIGH-STABILITY NICKEL ALLOY, Instrument Practice, Septiembre (1971), pp 529-531
19. Paine, A., TYPE N AND K MIMS T/C'S, fax LNA5195, 11/23/90
20. Wang, T P., Starr, C. D., NICROSIL-NISIL THERMOCOUPLES IN PRODUCTION FURNACES, ISA (1978) Conferencia anual, pp 235-254
21. Wang, T. P., Starr, C. D., EMF STABILITY OF NICROSIL-NISIL AT 500˚C, ISA (1978) Conferencia anual, pp 221-233

Reproducido con la autorización de H.L. Daneman, P.E.

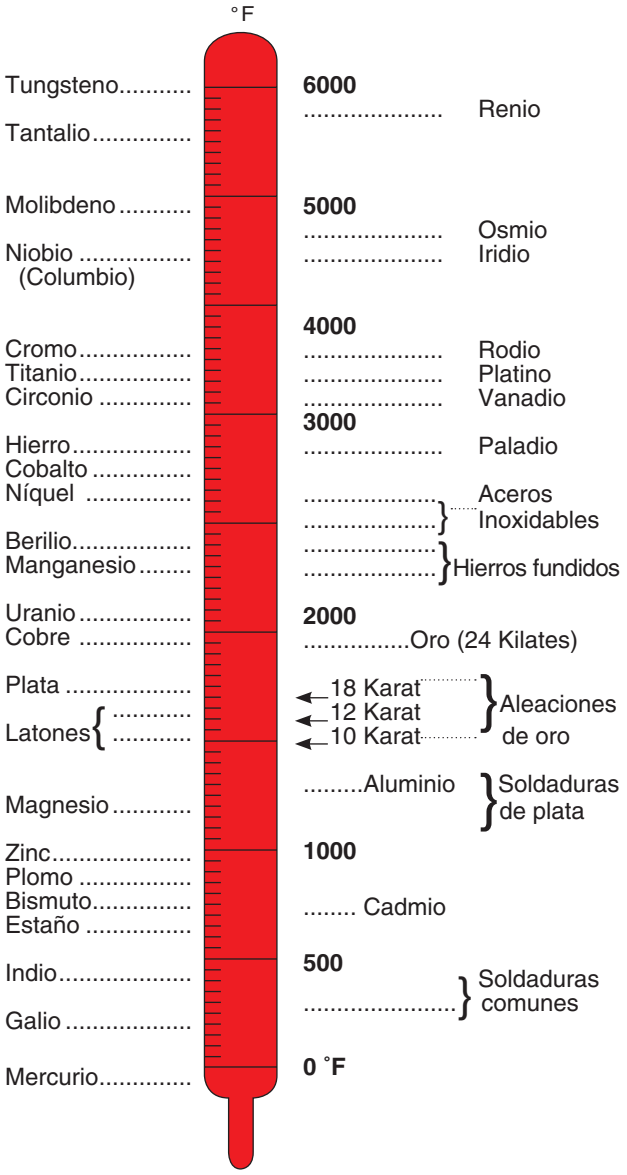
Guía de selección de materiales

Este cuadro es una guía para la selección de la funda del termopar y los materiales de termopozo de acuerdo con el fluido del proceso. Incluye factores tales como reacción catalítica, contaminación y electrólisis. Sin embargo, hay muchos casos en los que se deben considerar otros factores además de estos. Se recomienda que tales aplicaciones especiales se presenten a OMEGA para obtener recomendaciones. Estas recomendaciones son solo guías basadas en la selección de materiales más económica. OMEGA no se hace responsable si estas recomendaciones no son satisfactorias para aplicaciones específicas.

Sustancia	Condiciones	Metal Recomendado
Solventes de acetato	Crudo o Puro	Monel o níquel
Ácido acético	10% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	50% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	50% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 316
" "	99% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 430
" "	99% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 430
Anhídrido acético		Monel
Acetona	100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 304
Acetileno		304, Monel, Níquel
Alcohol etílico	21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 304
Alcohol metílico	21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 304
Aluminio	Fundido	Hierro fundido
Acetato de aluminio	Saturado	Acero inoxidable 304
Sulfato de aluminio	10% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	Saturado 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	10% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 316
" "	Saturado 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 316
Amoníaco	Todas las concentraciones 21° C (70 °F)	Acero inoxidable 304
Cloruro de amonio	Todas las concentraciones 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 316
Nitrato de amonio	Todas las concentraciones 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	Todas las concentraciones 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 304
Sulfato de amonio	5% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	10% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 316
" "	Saturated 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 316
Anilina	Todas las concentraciones 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
Amilacetato		Monel
Asfalto		Acero (C1018) Fósforo Bronce, Monel, Níquel
Carbonato de bario	21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
Cloruro de bario	5% - 21 °C (70 °F)	Monel
" "	Saturado 21 °C (70 °F)	Monel
" "	Acuoso - Caliente	Acero inoxidable 316
Hidróxido de barrio		Acero (C1018)
Sulfito de bario		Nicromo
Benzaldehído		Acero (C1018)
Benceno	21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
Bencina		Acero (C1018), Monel, Inconel
Benzol	Caliente	Acero inoxidable 304
Ácido bórico	5% Caliente o frío	Acero inoxidable 304
Bromo	21 °C (70 °F)	Tantalio
Butadieno		Latón, 304
Butano	21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
Butil acetato		Monel
Butil Alcohol		Cobre
Butilenos		Acero (C1018), Fósforo Bronce
Ácido butírico	5% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	5% - 66 °C (150 °F)	Acero inoxidable 304
Bisulfito de calcio	21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 316
Clorato de calcio	Diluido 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	Diluido 66 °C (150 °F)	Acero inoxidable 304
Hidróxido de calcio	10% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 304
" "	20% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 304
" "	50% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 317
Ácido carbólico	Todo 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 316
Dióxido de carbono	Seco	Acero (C1018), Monel
" "	Húmedo	Aluminio,Monel,Níquel
Tetracloruro de carbono		10% - 70°F, Monel
Chlorex Cáustico		316SS, 317SS
Gas cloro	Seco 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	Húmedo 21 °C (70 °F)	Hastelloy C
" "	Húmedo 100 °C (212 °F)	Hastelloy C
Ácido crómico	5% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	10% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 316
" "	50% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 316
Ácido cítrico	15% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	15% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 316
" "	Concentrado 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 317
Alquitrán de hulla	Caliente	Acero inoxidable 304
Gas de horno de coque		Aluminio
Nitrato de cobre		304, 316
Sulfato de cobre		304, 316
Aceites de núcleo		Acero inoxidable 316
Aceite de semilla de algodón		Acero (C1018), Monel, Níquel
Creosoles		Acero inoxidable 304
Crudo de creosota		Acero (C 1018), Monel, Níquel
Gas cianógeno		Acero inoxidable 304
Dowtherm		Steel (C1018)
Sal Epsom	Caliente y frío	Acero inoxidable 304
Éter	21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
Acetato de etilo		Monel
Cloruro de etilo	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Etilenoglicol		Acero (C1018)
Sulfato de etilo	21°C (70°F)	Monel
Cloruro férrico	1% - 21°C (70°F)	Acero inoxidable 316
" "	5% - 21°C (70°F)	Tantalio
" "	5% - Hirviendo	Tantalio
Sulfato férrico	5% - 21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Sulfato ferroso	Diluido 21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Formaldehído		Acero inoxidable 304
Freón		Acero (C1018)
Ácido fórmico	5% - 21°C (70°F)	Acero inoxidable 316
" "	5% - 66°C (150°F)	Acero inoxidable 316
Ácido gálico	5% - 21°C (70°F)	Monel
" "	5% - 66°C (150°F)	Monel
Gasolina	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Glucosa	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Glicerina	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Glicerol		Acero inoxidable 304
Tratamiento térmico		Acero inoxidable 446
Ácido hidrobrómico	48% - 100°C (212°F)	Hastelloy B
Ácido hidroclórico	1% - 21°C (70°F)	Hastelloy C
" "	1% - 100°C (212°F)	Hastelloy B
" "	5% - 21°C (70°F)	Hastelloy C
" "	5% - 100°C (212°F)	Hastelloy B
" "	25% - 21°C (70°F)	Hastelloy B
" "	25% - 100°C (212°F)	Hastelloy B
Ácido hidrociánico		Acero inoxidable 316
Ácido hidrofluórico		Hastelloy C
Peróxido de Hidrógeno	21°C (70°F)	Acero inoxidable 316
" "	100°C (212°F)	Acero inoxidable 316
Sulfuro de Hidrógeno	Húmedo y seco	Acero inoxidable 316
Yodo	21°C (70°F)	Tantalio
Querosén	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Ácido láctico	5% - 21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
" "	5% - 66°C (150°F)	Acero inoxidable 316
" "	10% - 100°C (212°F)	Tantalio
Laca	21°C (70°F)	Acero inoxidable 316
Latex		Acero (C1018)
Sulfuro de lima		Acero (C1018), 304, Monel
Aceite de linaza	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Cloruro de Magnesio	5% - 21°C (70°F)	Monel
" "	5% - 100°C (212°F)	Níquel
Sulfato de magnesio		Monel frío y caliente
Ácido málico	Frío y caliente	Acero inoxidable 316
Mercurio		Acero (C1018), 304, Monel
Metano	21°C (70°F)	Acero (1020)
Leche		304, Níquel
Ácidos mezclados (Sulfúrico y nítrico - todas temp. y %)		Carpenter #20
Melaza		Acero (C1018), 304, Monel, Níquel
Ácido muriático	21°C (70°F)	Tantálio
Lanilla	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Gas Natural	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Neón	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Cloruro de níquel	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Sulfato de níquel	Caliente y frío	Acero inoxidable 304
Ácido nítrico	5% - 21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
" "	20% - 21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
" "	50% - 21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
" "	50% - 100°C (212°F)	Acero inoxidable 304
" "	65% - 100°C (212°F)	Acero inoxidable 316
" "	Concentrado - 21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
" "	Concentrado - 100°C (212°F)	Tantálio
Nitrobenceno	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Ácido nitroso		Acero inoxidable 304
Ácido oléico	21°C (70°F)	Acero inoxidable 316
Óleum	21°C (70°F)	Acero inoxidable 316
Ácido oxálico	5% - Caliente y frío	Acero inoxidable 304
" "	10% - 100°C (212°F)	Monel
Oxígeno	21°C (70°F)	Acero (C1018)
"	Líquido	Acero inoxidable 304
Ácido palmítico		Acero inoxidable 316
Éter de petróleo		
Fenol		Acero inoxidable 304
Pentano		Acero inoxidable 304
Ácido fosfórico	1% - 21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
" "	5% - 21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
" "	10% - 21°C (70°F)	Acero inoxidable 316
" "	10% - 100°C (212°F)	Hastelloy C
" "	30% - 21°C (70°F)	Hastelloy B
Ácido pícrico	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Bromuro de potasio	21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 316
Carbonato de potasio	1% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
Clorato de potasio	21°C 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
Cloruro de potasio	5% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	5% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 304
Hidróxido de potasio	5% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	25% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 304
" "	50% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 316
Nitrato de potasio	5% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	5% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 304
Potasio		
Permanganato	5% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
Sulfato de potasio	5% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	5% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 304
Sulfuro de potasio	21°C (70°F)	Acero inoxidable 304
Propano		Acero inoxidable 304
Ácido pirogálico		Acero inoxidable 304
Bisulfato de quinina	Seco	Acero inoxidable 316
Sulfato de quinina	Seco	Acero inoxidable 304
Resina		Acero inoxidable 304
Colofonia	Fundido	Acero inoxidable 304
Agua de mar		Monel
Salomónica		Monel
Ácido salicílico		Níquel
Goma laca		Acero inoxidable 304
Jabón	21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
Bicarbonato de sodio	Todas las concentraciones 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	5% - 66 °C (150 °F)	Acero inoxidable 304
Bisulfato de sodio		Monel
Carbonato de sodio	5% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	5% - 66 °C (150 °F)	Acero inoxidable 304
Cloruro de sodio	5% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 316
" "	5% - 66 °C (150 °F)	Acero inoxidable 316
" "	Saturado - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 316
" "	Saturado - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 316
Fluoruro de sodio	5% - 21 °C (70 °F)	Monel
Hidróxido de sodio		Acero inoxidable 304
Hipoclorito de sodio	5% inmóvil	Acero inoxidable 316
Nitrato de sodio	Fusionado	Acero inoxidable 317
Peróxido de sodio		Acero inoxidable 304
Fosfato de sodio		Acero (C1018)
Silicato de sodio		Acero (C1018)
Sulfato de sodio	21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
Sulfuro de sodio	21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 316
Sulfito de sodio	66 °C (150 °F)	Acero inoxidable 304
Vapor		Acero inoxidable 304
Ácido esteárico		Acero inoxidable 304
Dióxido de sulfuro	Gas húmedo - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 316
" "	Gas - 300 °C (575 °F)	Acero inoxidable 304
Sulfuro	Seco- Fundido	Acero inoxidable 304
"	Húmedo	Acero inoxidable 316
Ácido sulfúrico	5% - 21 °C (70 °F)	Carp. 20, Hastelloy B
" "	5% - 100 °C (212 °F)	Carp. 20, Hastelloy B
" "	10% - 21 °C (70 °F)	Carp. 20, Hastelloy B
" "	10% - 100 °C (212 °F)	Carp. 20, Hastelloy B
" "	50% - 21 °C (70 °F)	Carp. 20, Hastelloy B
" "	50% - 100 °C (212 °F)	Carp. 20, Hastelloy B
" "	90% - 21 °C (70 °F)	Carp. 20, Hastelloy B
" "	90% - 100 °C (212 °F)	Hastelloy D
Ácido tánico	70 °F	Acero inoxidable 304
Alquitrán		Acero (C1018), 304, Monel, Níquel
Ácido tartárico	21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	66 °C (150 °F)	Acero inoxidable 316
Estaño	Fundido	Hierro fundido
Tolueno		Aluminio, Fósforo Bronce, Monel
Tricloroetileno		Acero (C1018)
Aguarrás		Acero inoxidable 304
Barniz		Acero inoxidable 304
Aceites vegetales		Acero (C1018), 304, Monel
Vinagre		Acero inoxidable 304
Agua	Fresco	Copper, Steel (C1018), Monel
"	Sal	Aluminio
Whiskey, Vino		304, Níquel
Xileno		Cobre
Zinc	Fundido	Hierro fundido
Cloruro de zinc		Monel
Sulfato de zinc	5% - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	Saturado - 21 °C (70 °F)	Acero inoxidable 304
" "	25% - 100 °C (212 °F)	Acero inoxidable 304

Temperaturas de fusión de algunos metales importantes

Los puntos de fusión aproximados se dan solo como una guía para la selección de materiales, ya que hay muchos factores como la atmósfera, tipo de proceso, montaje, etc. que afectan la temperatura máxima de operación.



Materiales de funda de muy alta temperatura

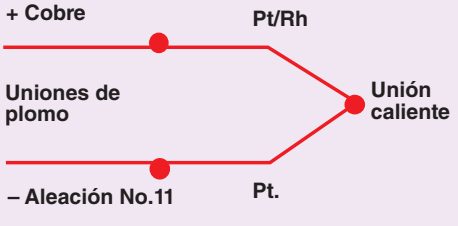
Material de funda	Temp. útil de reg.	Punto de fusión	Condiciones ambientales			
			Oxidación	Hidrógeno	Inerte	Vacío
Molibdeno	4000 ˚F	4730 ˚F	No Reg.	Suficiente	Suficiente	Bueno
Tantalio	4500 ˚F	5425 ˚F	No Reg.	No Reg.	No Reg.	Bueno
Platino	3050 ˚F	3223 ˚F	Muy Bueno	Deficiente	Deficiente	Deficiente

Puntos fijos de termometría

PUNTO TERMOELÉCTRICO FIJO	PUNTOS DE FUSIÓN DE LA ESCALA PRÁCTICA DE TEMPERATURA INTERNACIONAL IPTS-68	
Punto de ebullición del oxígeno	-183.0 ˚C	-297.3 ˚F
Punto de sublimación del dióxido de carbono	- 78.5	-109.2
Punto de congelación del mercurio	- 38.9	- 38
Punto de hielo	0	32
Punto triple de agua	0.01	32
Punto de ebullición del agua	100.0	212
Punto triple del ácido benzoico	122.4	252.3
Punto de ebullición de la naftalina	218	424.4
Punto de congelación del estaño	231.9	449.4
Punto de ebullición de la benzofenona	305.9	582.6
Punto de congelación del cadmio	321.1	610
Punto de congelación del plomo	327.5	621.5
Punto de congelación del zinc	419.6	787.2
Punto de ebullición del azufre	444.7	832.4
Punto de congelación del antimonio	630.7	1167.3
Punto de congelación del aluminio	660.4	1220.7
Punto de congelación de la plata	961.9	1763.5
Punto de congelación del oro	1064.4	1948
Punto de congelación del cobre	1084.5	1984.1
Punto de congelación del paladio	1554	2829
Punto de congelación del platino	1772	3222

Cables de extensión de termopar para aleaciones de platino y tungsteno-renio

Las aleaciones de compensación convertidas en cable de extensión para termopares de tungsteno-renio y termopares de platino-rodio coinciden estrechamente con la **FEM** de los termopares sobre rango limitado.



- La combinación de aleación 405/426 se utiliza con Tungsteno 5% Re vs Tungsteno 26% Re.
- La combinación de aleación 200/226 se utiliza con Tungsteno vs Tungsteno 26% Re.
- La combinación de aleación 203/225 se utiliza con Tungsteno 3% Re vs Tungsteno 25%.
- La combinación de cobre/aleación#11 se utiliza con aleaciones de platino-rodio vs platino puro.

Datos de propiedades de aleación termoeléctrica

Aleación o denominación	Notas	Porcentaje de pureza o composición	Resistividad Ω cmil/ft (a 0 °C)		Coef. de temp de resistencia (0 a 100 °C)		Fuerza de tensión (psi x 1000)		Elongación (porcentaje)		Punto de fusión 0 °C	Densidad (g/cm3)
			Endurecido	Recocido	Endurecido	Recocido	Endurecido	Recocido	Endurecido	Recocido		
Metales puros												
Hierro		99.9+%	66	60	0.0062	0.0065	90	34	2	40	1536	7.9
Níquel		99.98%	39	37	0.0064	0.0068	100	48	2	36	1452	8.9
Molibdeno		99.9+%	42	31	0.0036	0.0047	250	120	2	16	2610	10.2
Aluminio (H-P)		99.99+%	17.4	15	0.0038	0.0044	16.3	6.8	5	60	660	2.71
Cobre		99.98%	9.44	9.24	0.0041	0.0043	76	32	1.5	46	1083	8.93
Oro		99.999%	13.4	13.17	0.0039	0.0040	46	19	1.5	36	1063	19.30
Plata		99.99%	9.3	8.83	0.0038	0.0041	52	24	1.5	46	960.8	10.5
Tungsteno		99.99%	42	33	0.0036	0.0048	285	80	-	3	3410	19.3
Renio		99.99%	-	117	-	-	360	170	-	10	3170	20.0
Platino Ref		99.999+%	61.2	59.13	0.00386	0.00393	60	24	2	38	1769	21.45
Rodio		99.99%	33.0	25.8	0.0029	0.0046	275	120	2	16	1966	12.42
Platino												
Pt- 6%Rh		94%Pt- 6%Rh	101	95	0.0019	0.0020	85	37	1.5	34	1810	20.51
Pt-10%Rh		90% Pt-10% Rh	114	111	0.0016	0.0017	95	46	1.5	32	1830	19.95
Pt-13% Rh		87% Pt-13% Rh	119	114	0.0015	0.0016	105	48	1.5	32	1840	19.55
Pt-20% Rh		80% Pt-20% Rh	124	116	0.0013	0.0014	140	72	1.5	32	1870	18.65
Pt-30% Rh		70% Pt-30% Rh	116	112	0.0013	0.0014	160	74	1.5	26	1910	17.52
Pt-40% Rh		60% Pt-40% Rh	108	101	0.0013	0.0014	190	78	1.5	26	1920	16.54
Aleaciones de níquel												
Constantán		55% Cu-45% Ni	315	294	0.00003	0.00002	150	80	2	32	1270	8.86
CHROMEGA® P		90% Ni-10% Cr	-	425	0.00032	0.00032	165	95	2	27	1430	8.73
ALOMEGA®		95% Ni-2% Mn-2% Al	-	177	0.00188	0.00188	170	85	2	32	1400	8.60
Aleaciones de Tungsteno												
Tungsteno-3% Re		97% W- 3% Re	-	55	-	-	320	180	-	10	3410	19.4
Tungsteno-5% Re		95% W- 5% Re	-	70	-	-	320	200	-	10	3350	19.4
Tungsteno-25% Re		75% W-25% Re	-	165	-	-	300	210	-	10	3130	19.7
Tungsteno-26% Re		74% W-26% Re	-	170	-	-	300	200	-	10	3120	19.7
Aleaciones de compensación												
Aleación #11	(1)	Pt aleaciones	-	30	-	0.0014	105	50	2	30	1090	8.91
Aleación #200		Tungsteno	-	470	-	-	-	-	-	-	1430	8.73
Aleación #203		Tungsteno- 3% Re	-	470	-	0.0003	-	-	-	-	1400	8.60
Aleación #205		Tungsteno- 5% Re	-	510	-	-	-	-	-	-	1410	8.58
Aleación #225		Tungsteno-25% Re	-	180	-	0.0012	-	-	-	-	1370	8.88
Aleación #226		Tungsteno-26% Re	-	160	-	-	-	-	-	-	1450	8.85
Aleación #260		Tungsteno-26% Re	-	750	-	-	-	-	-	-	1520	7.42

(1) La columna "Porcentaje de pureza o composición" se refiere a la aleación de termopar correspondiente.

Cambios en la resistencia de termopar a mayor temperatura

N=Neg P=Pos Termoelementos	Índice de resistencia a la temperatura indicada para la resistencia a 0 °C (32 °F)									
	0 °C (32 °F)	20 °C (68 °F)	200 °C (392 °F)	400 °C (752 °F)	600 °C (1112 °F)	800 °C (1472 °F)	1000 °C (1832 °F)	1200 °C (2192 °F)	1400 °C (2552 °F)	1500 °C (2732 °F)
JP	1.00	1.13	2.46	4.72	7.84	12.0	13.07	…	…	…
JN, TN, EN	1.00	0.999	0.996	0.994	1.02	1.056	1.092	…	…	…
TP	1.00	1.11	1.86	2.75	3.70	4.75	5.96	…	…	…
KP, EP	1.00	1.01	1.09	1.19	1.25	1.30	1.37	1.43	…	…
KN	1.00	1.05	1.43	1.64	1.82	1.98	2.15	2.32	…	…
NP	1.00	1.01	1.02	1.07	1.08	1.08	1.10	…	…	…
NN	1.00	1.07	1.13	1.27	1.39	1.55	1.68	…	…	…
RP	1.00	1.03	1.31	1.60	1.89	2.16	2.41	2.66	2.90	3.01
SP	1.00	1.03	1.33	1.65	1.95	2.23	2.50	2.76	3.01	3.13
RN, SN	1.00	1.06	1.77	2.50	3.18	3.81	4.40	4.94	5.42	5.66
BP	1.00	1.03	1.26	1.51	1.76	1.98	2.20	2.41	2.62	2.73
BN	1.00	1.03	1.40	1.78	2.14	2.47	2.78	3.08	3.37	3.51

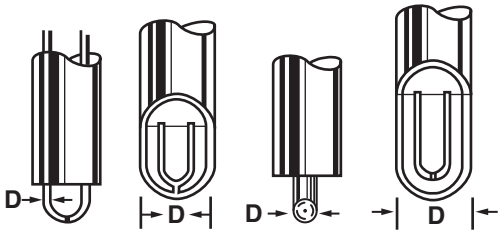
N=Neg, P=Pos	Resistencia de termopares, ohmios por pie a 20 °C (68 °F)												
No. Promedio	Diámetro pul	KN	KP,EP	TN,JN,EN	TP	JP	NP	NN	RN, SN	RP	SP	BP	BN
16	0.0508	0.0683	0.164	0.1113	0.00402	0.0276	0.2230	0.08458	0.0247	0.0456	0.0445	0.0447	0.0414
20	0.0320	0.173	0.415	0.287	0.0102	0.0699	0.5664	0.2148	0.0624	0.1149	0.1125	0.1130	0.1046
24	0.0201	0.438	1.05	0.728	0.0257	0.1767	1.436	0.5445	0.1578	0.4656	0.2847	0.2859	0.2647
30	0.0100	1.77	4.25	2.94	0.1032	0.710	5.800	2.20	0.6344	2.965	1.144	1.149	1.064
36	0.0050	7.08	17.0	11.8	0.4148	2.86	23.20	8.800	2.550	12.25	4.600	4.620	4.277

Comparación de constante de tiempo* vs. diámetro externo general de cables de termopar descubiertos o termopares de unión puestos a tierra en el aire

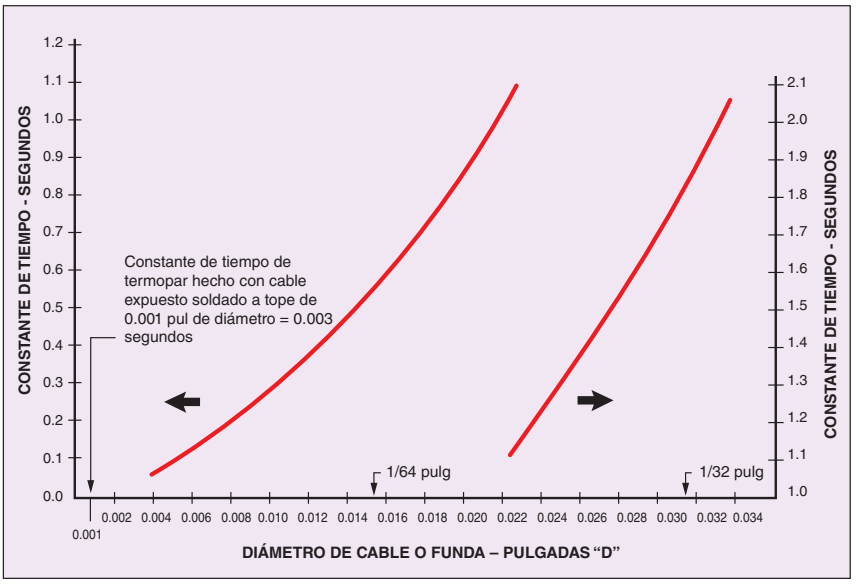
Constantes de tiempo calculadas para el aire a temperatura ambiente y presión atmosférica moviéndose a una velocidad de 20 m (65') por segundo para los termopares mostrados en las Figuras #1 y #2.

Para uniones con cuentas y no puestas a tierra (Figuras #3 o #4), multiplique las constantes de tiempo por 1.5.

Constante de tiempo de termopar hecho con cable expuesto soldado a tope de 0.025 mm (0.001'') de diámetro = 0.003 seg.



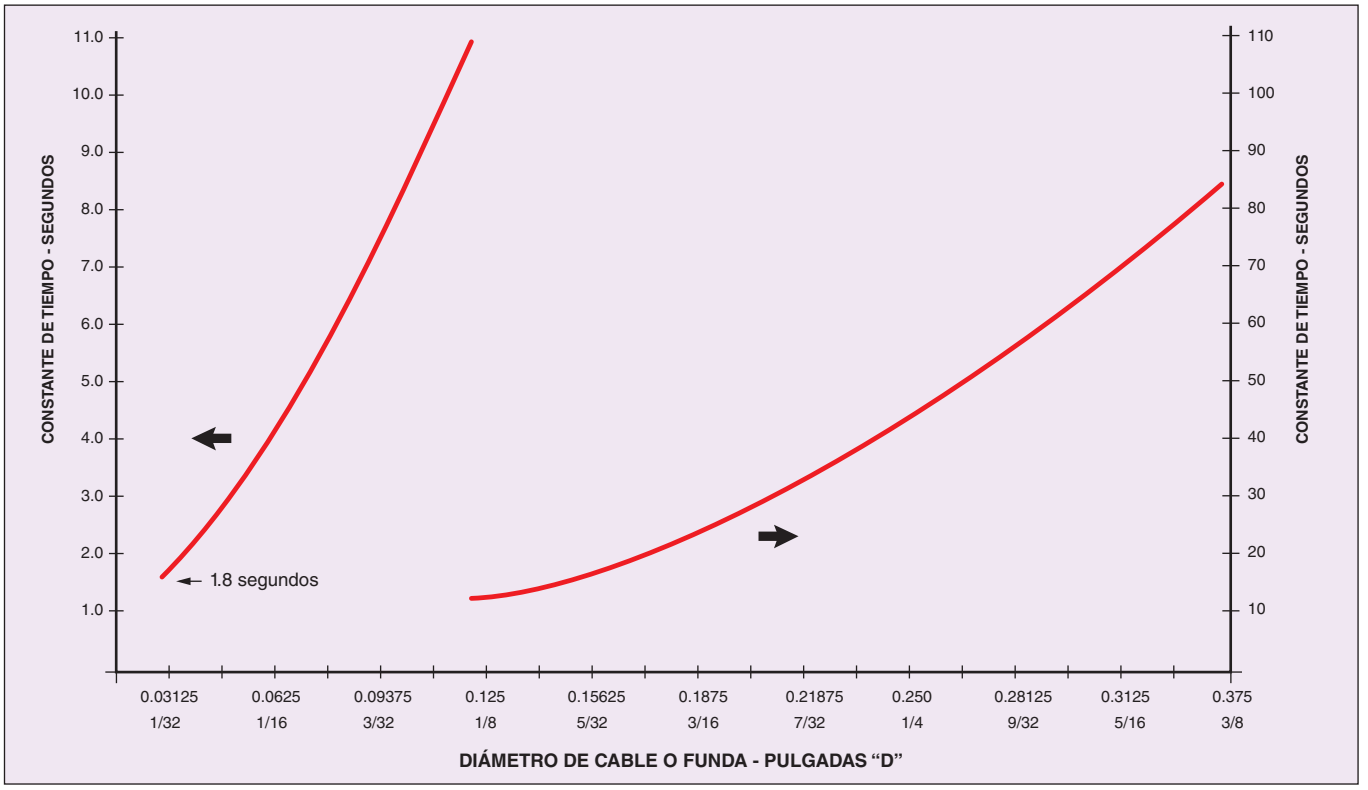
Cable descubierto soldado a tope Figura #1 | Unión puesta a tierra Figura #2 | Termopar de puntas unidas Figura #3 | Termopar no puesto a tierra Figura #4



** La "constante de tiempo" o "tiempo de respuesta" se define como el tiempo requerido para alcanzar 63.2% de un cambio de temperatura instantáneo.*

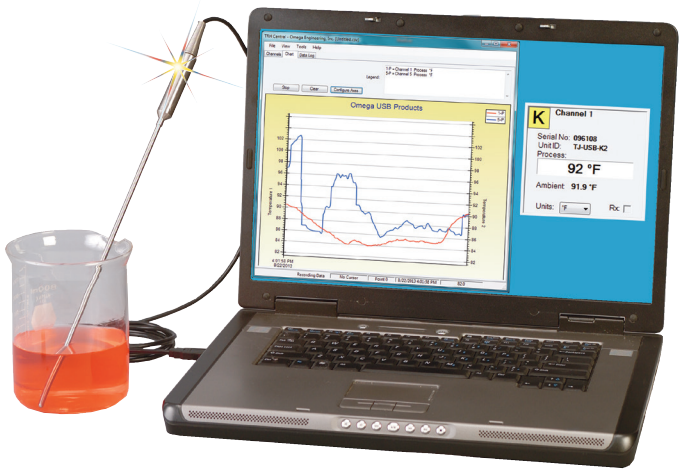
Por limitaciones de espacio, la curva de la constante de tiempo está dividida en 4 curvas separadas.

Figura M Diámetro de funda 1/32" a 3/8"



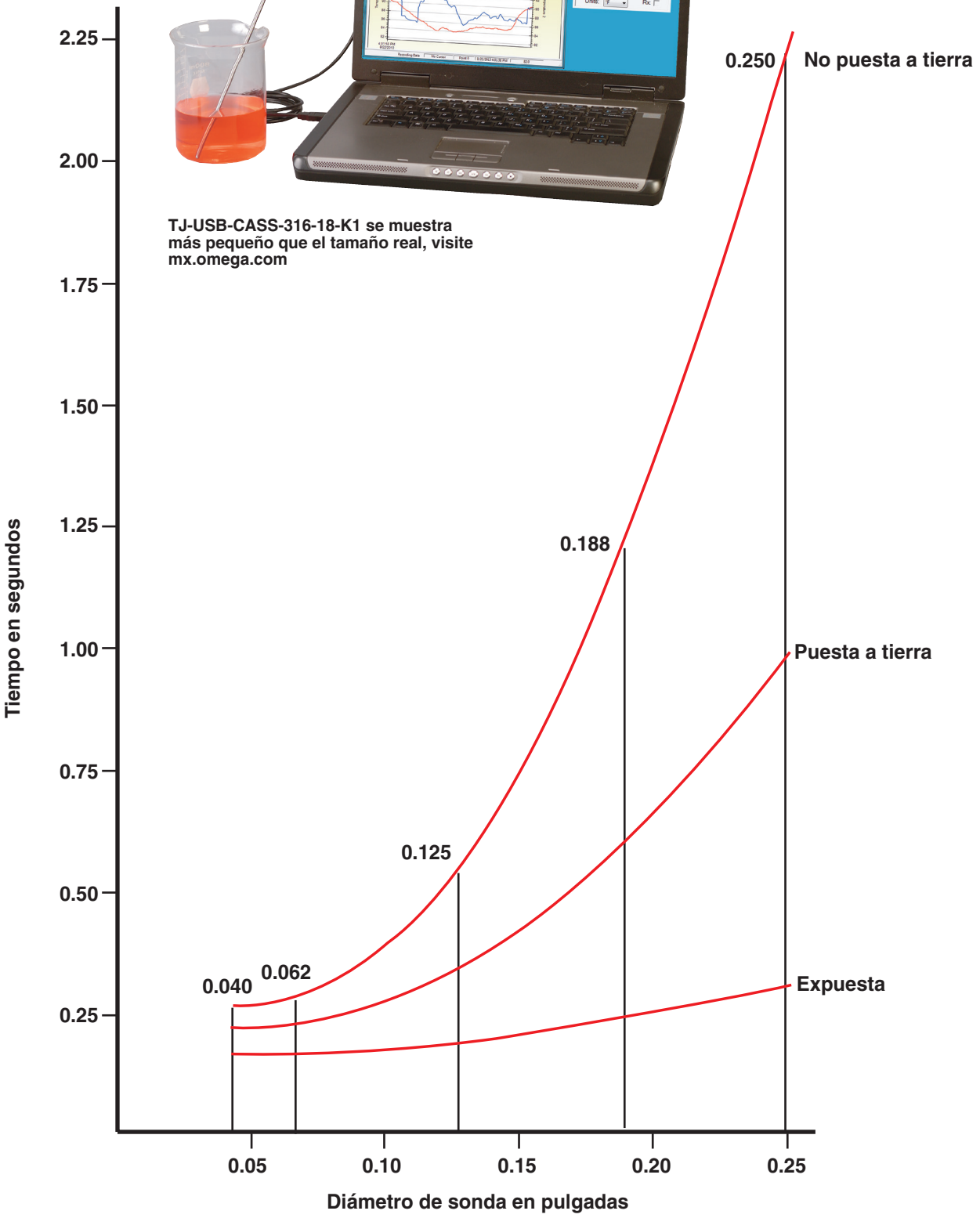
Nota: *Estas comparaciones aplican tanto a termopares de unión descubiertos "soldados a tope" o "puestos a tierra". Si los termopares son "con cuentas" o "no puestos a tierra", la constante de tiempo es más larga. Estos tiempos son sólo aproximados y se proporcionan sólo con fines comparativos. Multiplique los valores de las constantes de tiempo por 1.5 para las uniones mostradas en la Fig. #3 y Fig. #4.*

Sonda de termopar con funda de metal Estudio de tiempo de respuesta en el agua



Laptop no incluida.

TJ-USB-CASS-316-18-K1 se muestra más pequeño que el tamaño real, visite mx.omega.com



Aplicaciones del termistor intercambiable de OMEGA

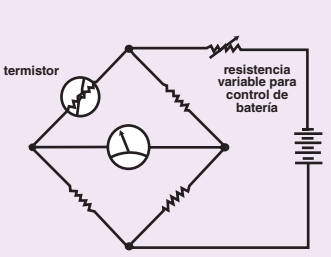


Figura 1

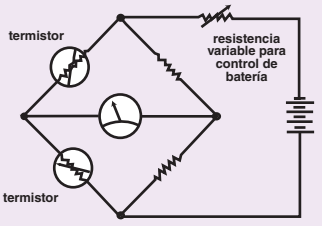


Figura 4

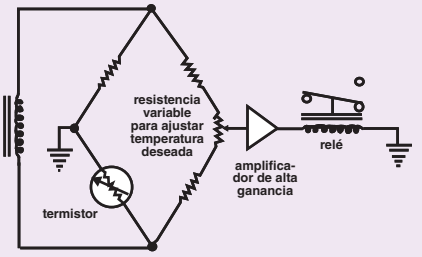


Figura 6

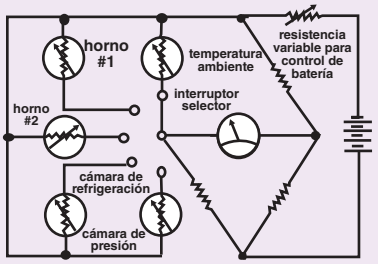


Figura 2

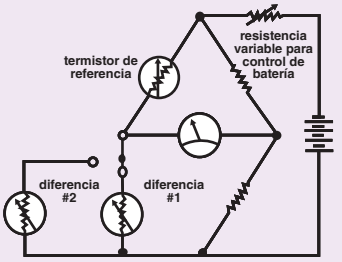


Figura 5

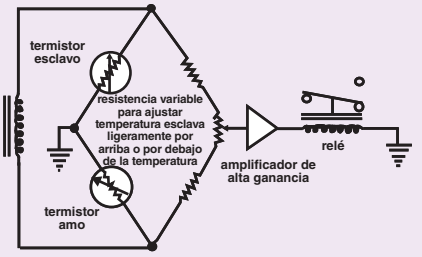


Figura 7

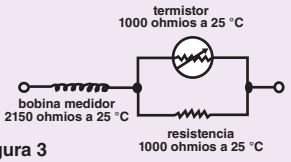


Figura 3

Los termistores se pueden utilizar de varias formas. Aquí están algunas aplicaciones típicas. Si tiene alguna duda sobre los usos de este u otro termistor, con gusto le ayudaremos.

MEDICIÓN DE TEMPERATURA- Un termistor en un lado de un circuito de puente de Wheatstone proporcionará información de temperatura precisa. La precisión es limitada en la mayoría de las aplicaciones sólo por el dispositivo de lectura. Ver Figura 1.

Dado que la longitud del cable entre el termistor y el puente no suele ser un factor limitante, este sistema básico se puede ampliar para medir la temperatura en varias ubicaciones desde un punto central. La intercambiabilidad del termistor y el gran cambio de resistencia eliminan cualquier error significativo en interruptores o longitud del cable. Ver Figura 2.

COMPENSACIÓN DEL MEDIDOR—La resistencia de bobina de un movimiento medidor cambia con la temperatura, haciendo dependiente a la temperatura del medidor. Usando la propiedad del termistor de un coeficiente de temperatura negativo alto, la bobina se puede compensar para que la resistencia total debido al aumento de temperatura sea esencialmente constante, permitiendo que el medidor se utilice en un amplio rango de temperatura con mínimo error. Ver Figura 3.

TERMÓMETROS DIFERENCIALES- Para obtener una indicación precisa del diferencial de temperatura, se pueden utilizar dos termistores en un circuito de puente de Wheatstone. La intercambiabilidad del termistor simplifica el diseño del circuito y reduce el número de componentes. Ver Figura 4.

Para medir la pérdida de calor en una red de tuberías, se pueden colocar termistores en varios puntos y monitorear la diferencia entre estas temperaturas y la temperatura original en una ubicación conveniente.

Medir la temperatura del aire a diferentes alturas con referencia a la temperatura del suelo es útil para datos de inversión de temperatura y estudios geológicos. Ver Figura 5.

CONTROL DE TEMPERATURA-Se puede diseñar un sistema utilizando un termistor con una curva de temperatura/resistencia conocida para formar un lado de un puente de CA y una resistencia variable calibrada en temperatura para formar otro lado. Cuando la resistencia esté ajustada a una temperatura deseada, se produce un desequilibrio del puente. Este desequilibrio se alimenta a un amplificador que activa un relé para proporcionar una fuente de calor o frío. Cuando el termistor detecta la temperatura deseada, el puente se equilibra, abriendo el relé y apagando el calor o frío. Ver Figura 6.

CONTROL AMO-ESCLAVO- De vez en cuando se necesita controlar una temperatura con respecto a otra, como un producto sometido a una serie de baños. El primer baño actúa como un amo y utiliza un termistor para detectar la temperatura. Los baños siguientes, también utilizando termistores, son esclavos. Cuando estos termistores se colocan en el puente del controlador, los baños esclavos pueden mantenerse a una temperatura en relación al baño amo.

El baño amo se puede controlar con el sistema descrito anteriormente. El controlador amo-esclavo se puede utilizar para tantos baños como sea necesario. Ver Figura 7.

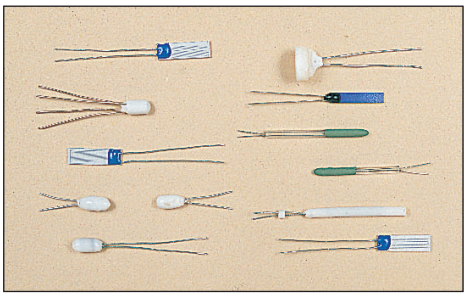
Elementos de resistencia y RTD's

David J. King

INTRODUCCIÓN

Los elementos de resistencia vienen en muchos tipos de acuerdo a diferentes estándares, capaces de diferentes rangos de temperatura, con varios tamaños y precisiones disponibles. Pero todos funcionan de la misma manera: cada uno tiene un valor de resistencia preestabelecido a una temperatura conocida que cambia de manera predecible. De esta manera, al medir la resistencia del elemento, la temperatura del elemento se puede determinar a partir de tablas, cálculos o instrumentación. Estos elementos de resistencia son el corazón del RTD (detector de temperatura de resistencia). Por lo general, un elemento de resistencia descubierto es demasiado frágil y sensible para usarse en su forma bruta, por lo que debe ser protegido incorporándolo a un RTD.

Un detector de temperatura de resistencia es un término general para cualquier dispositivo que detecta la temperatura midiendo el cambio en la resistencia de un material.Los RTDs vienen en muchas formas, pero por lo general aparecen en forma protegida. Una sonda RTD es un conjunto compuesto por un elemento de resistencia, una funda, el cable y una terminación o conexión. La funda, un tubo de extremo cerrado, inmoviliza el elemento, protegiéndolo de la humedad y del medio ambiente a ser medido. La funda también proporciona protección y estabilidad a los cables de transición de los elementos frágiles de los cables.



Algunas sondas de RTD se pueden combinar con termopozos para protección adicional. En este tipo de aplicación, el termopozo no sólo puede agregar protección al RTD, sino que también sellará cualquier sistema que el RTD vaya a medir (un tanque o caldera, por ejemplo) a partir del contacto real con el RTD. Esto se convierte en una gran ayuda para reemplazar el RTD sin vaciar el recipiente o sistema.

Los termopares son el antiguo método probado y verdadero de medición de temperatura eléctrica. Funcionan de manera muy diferente a los RTDs, pero por lo general aparecen en la misma configuración: con frecuencia protegidos y posiblemente, en un termopozo.

Básicamente, operan en el Efecto Seebeck, lo que resulta en un cambio en la FEM termoeléctrica inducida por un cambio en la temperatura. Muchas aplicaciones se prestan tanto a los RTDs como a los termopares. Los termopares tienden a ser más resistentes, libres de errores de autocalentamiento y dominan una gran variedad de instrumentos. Sin embargo, los RTDs, especialmente los de platino, son más estables y precisos.

CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO DE RESISTENCIA

Hay varios detalles muy importantes que se deben especificar con el fin de identificar correctamente las características del RTD:

1. Material del elemento de resistencia (platino, níquel, etc.)
2. Coeficiente de temperatura
3. Resistencia nominal
4. Rango de temperatura de aplicación
5. Dimensiones físicas o restricciones de tamaño
6. Precisión

1. Material del elemento de resistencia

Varios metales son bastante comunes para usarse en elementos de resistencia y la pureza del metal afecta sus características. El platino es, de lejos, el más popular debido a su linealidad con la temperatura. Otros materiales comunes son el níquel y el cobre, aunque la mayoría de estos están siendo reemplazados por elementos de platino. Otros metales utilizados, aunque rara vez, son el Balco (una aleación de hierro y níquel), tungsteno e iridio.

2. Coeficiente de temperatura

El coeficiente de temperatura de un elemento es una propiedad física y eléctrica del material. Este es un término que describe el cambio de resistencia promedio por unidad de temperatura desde el punto de hielo hasta el punto de ebullición del agua. Diferentes organizaciones han adoptado diferentes coeficientes de temperatura como su estándar. En 1983, la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) adoptó la norma DIN (Deutsche Institute for Normung) de platino de 100 ohmios a 0 °C con un coeficiente de temperatura de 0.00385 ohmios por ohmio por grado centígrado. Esta es ahora la norma aceptada en la industria en la mayoría de los países, aunque otras unidades se utilizan ampliamente. Una explicación rápida de cómo se deriva el coeficiente es la siguiente: Resistencia en el punto de ebullición (100 °C) = 138.50 ohmios. Resistencia al punto de hielo (0 °C) = 100.00 ohmios. Divida la diferencia (38.5) por 100 grados y luego divida entre el valor nominal de 100 ohmios del elemento.

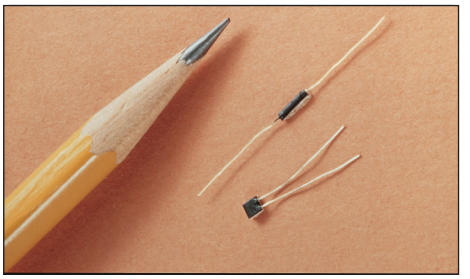
El resultado es el coeficiente de temperatura media (alfa) de 0.00385 ohmios por ohmio por °C.

Algunos de los materiales menos comunes y coeficientes de temperatura son:

Pt TC	=	0.003902 (Estándar industrial EU)
Pt TC	=	0.003920 (Estándar antiguo EU)
Pt TC	=	0.003923 (SAMA)
Pt TC	=	0.003916 (JIS)
Cobre TC	=	0.0042
Níquel TC	=	0.00617 (DIN)
Níquel TC	=	0.00672 (Cada vez menos común en EU)
Balco TC	=	0.0052
Tungsteno TC	=	0.0045

Tome en cuenta que los coeficientes de temperatura son los valores promedio entre 0 y 100 °C. Esto no quiere decir que las curvas de resistencia vs. temperatura son verdaderamente lineales en todo el rango de temperatura especificado.

3. Resistencia nominal



La resistencia nominal es el valor de resistencia preespecificado a una temperatura dada. La mayoría de los estándares, incluyendo IEC-751, utilizan 0 °C como punto de referencia. El estándar IEC es 100 ohmios a 0 °C, pero otras resistencias nominales como 50, 200, 400, 500, 1000 y 2000 ohmios están disponibles.

4. Rango de temperatura de aplicación

Dependiendo de la configuración mecánica y de los métodos de manufactura, los RTDs se pueden utilizar desde -270 hasta 850 °C. Las especificaciones para el rango de temperatura serán diferentes, para películas delgadas, enrollados de cable y tipos encapsulados de vidrio, por ejemplo.

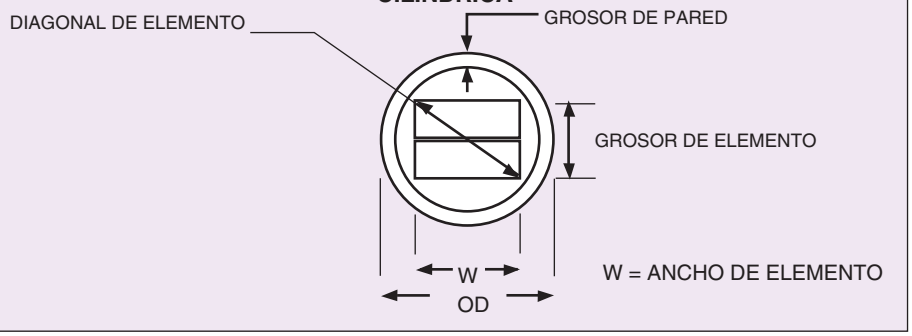
5. Dimensiones físicas o restricciones de tamaño

La dimensión más crítica del elemento es de diámetro exterior (DE), porque el elemento con frecuencia debe encajar dentro de una funda protectora. Los elementos del tipo de película no tienen dimensión DE. Para calcular una dimensión equivalente, necesitamos encontrar la diagonal de una sección transversal de extremo (esta será la distancia más amplia a través del elemento mientras se inserta en una funda).

Reproducido con autorización de David J. King, Thermometrics Corporation, Northridge, CA. www.thermometricscorp.com

Elementos de resistencia y RTDs Continuación

FIGURA 1. UBICACIÓN DE ELEMENTO DE PELÍCULA DELGADA EN FUNDA CILÍNDRICA



Desviaciones permitidas de valores básicos

Clase A		
Temperatura °C	Desviación	
	ohms	°C
-200	±0.24	±0.55
-100	±0.14	±0.35
0	±0.06	±0.15
100	±0.13	±0.35
200	±0.20	±0.55
300	±0.27	±0.75
400	±0.33	±0.95
500	±0.38	±1.15
600	±0.43	±1.35
650	±0.46	±1.45

Clase B		
Temperatura °C	Desviación	
	ohms	°C
-200	±056	±1.3
-100	±0.32	±0.8
0	±0.12	±0.3
100	±0.30	±0.8
200	±0.48	±1.3
300	±0.64	±1.8
400	±0.79	±2.3
500	±0.93	±2.8
600	±1.06	±3.3
650	±1.13	±3.6
700	±1.17	±3.8
800	±1.28	±4.3
850	±1.34	±4.6

Por ejemplo, usando un elemento de 10 x 2 x 1.5 mm, la diagonal puede encontrarse tomando la raíz cuadrada de ($2^2 + 1.5^2$). Así, el elemento cabrá en un hoyo de diámetro interior de 2.5 mm (0.98"). Para fines prácticos, recuerde que cualquier elemento de 2 mm de ancho o menos cabrá en una funda de ⅛" de DE con paredes de 0.010", en términos generales. Los elementos de 1.5 mm de ancho por lo general cabrán en una funda con calibre 0.084". Consulte la Figura 1.

6. Precisión

Las especificaciones de IEC 751 para termómetros de resistencia de platino han adoptado los requerimientos de precisión de DIN 43760. Los elementos DIN-IEC Clase A y Clase B se muestran en el gráfico de esta página.

7. Tiempo de respuesta

50% de respuesta es el tiempo que el elemento de termómetro necesita para alcanzar el 50% de su valor de estado fijo. 90% de respuesta se define de una manera similar. Estos tiempos de respuesta de los elementos se dan para el agua que fluye con 0.2 m/s de velocidad y el aire que fluye a 1 m/s. Estos se pueden calcular para cualquier otro medio con valores conocidos de conductividad térmica. En una funda de 1⁄4" de diámetro sumergida en agua que fluye a 3 pies por segundo, el tiempo de respuesta a 63% de un cambio repentino en la temperatura es de menos de 5.0 segundos.

8. Corriente de medición y autocalentamiento

La medición de la temperatura se lleva a cabo casi exclusivamente con corriente directa. Inevitablemente, la corriente de medición genera calor en el RTD. Las corrientes de medición permitidas son determinadas por la ubicación del elemento, el medio que se va a medir, y la velocidad de los medios en movimiento. Un factor de autocalentamiento, "S", da el error de medición para el elemento en °C por miliwatt (mW). Con un valor dado de corriente de medición, I, el valor de miliwatt P se puede calcular a partir de $P = I^2R$, donde R es el valor de resistencia del RTD. El error de medición de temperatura ΔT (°C) puede entonces calcularse a partir de $\Delta T = P \times S$.

ESPECIFICACIONES DEL ELEMENTO DE RESISTENCIA

Estabilidad: mejor que 0.2 °C después de 10,000 horas a temperatura máxima (1 año, 51 días, 16 horas continuas).

Resistencia a la vibración: 50 g a 500 °C; 200 g a 20 °C; a frecuencias de 20 a 1000 cps.

Resistencia al choque de temperatura: En el aire forzado: en todo el rango de temperatura. En un enfriador de agua: entre 200 y 20 °C.

Sensibilidad a la presión: Menos de 1.5 x 10-4 C/PSI, reversible.

Errores de auto-calentamiento y tiempos de respuesta: Consulte la página web de temperatura específica para el tipo de elemento seleccionado.

Autoinductancia de corriente de detección: Puede considerarse insignificante para elementos de película delgada; por lo general menos de 0.02 microhenrios para elementos de enrollado de cable.

Capacitancia: Para elementos de enrollado de cable: calculado en menos de 6 picofaradios; para elementos de tipo película: la capacitancia es demasiado pequeña para ser medida y se ve afectada por la conexión del cable. Las conexiones de cable con elemento pueden indicar alrededor de 300 pF de capacitancia.

CONFIGURACIONES DE CABLE

Como se dijo anteriormente, un elemento detector de temperatura de resistencia (RTD) generalmente aparece en forma enfundada. Obviamente, todos los criterios aplicables a los elementos de resistencia también se aplican aquí, pero más que el tamaño del elemento, deben considerarse la construcción y dimensiones de todo el conjunto del RTD. Dado que el cable utilizado entre el elemento de resistencia y el instrumento de medición tiene una resistencia por sí mismo, también debemos suministrar un medio para compensar esta imprecisión. Consulte la Figura 2 para la configuración de 2 cables.

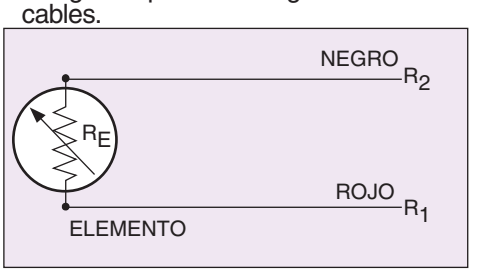


FIGURA 2. CONFIGURACIÓN DE DOS CABLES (ESTILO 1)

El círculo representa los límites del elemento de resistencia hasta el punto de calibración. La configuración de 3 o 4 cables debe extenderse desde el punto de calibración de manera que todas las resistencias no calibradas se compensen.

La resistencia R_E se toma del elemento de resistencia y es el valor que nos proporcionará una medición de la temperatura precisa. Desafortunadamente, cuando tomemos nuestra medición de resistencia, el instrumento indicará R_{TOTAL}:
Donde
$R_T = R_1 + R_2 + R_E$

Esto producirá una lectura de la temperatura más alta que la que en realidad se está midiendo. Muchos sistemas se pueden calibrar para eliminar esto. La mayoría de los RTDs incorporan un tercer cable con resistencia R_3. Este cable se conectará a un lado del elemento de resistencia junto con el cable 2 como se muestra en la Figura 3.

Esta configuración proporciona una conexión a un extremo y dos al otro extremo del sensor. Conectada a un instrumento diseñado para aceptar entrada de 3 cables, la compensación se logra para la resistencia del conductor y el cambio de temperatura en la resistencia del conductor. Esta es la configuración que se utiliza más comúnmente.

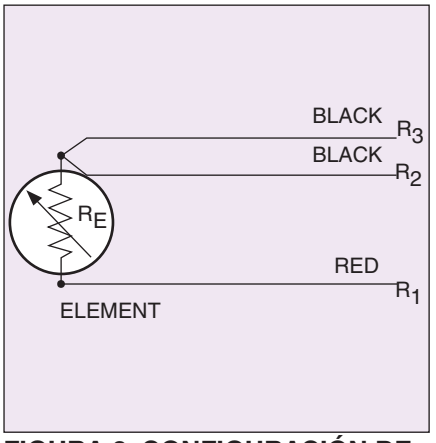


FIGURA 3. CONFIGURACIÓN DE 3 CABLES (ESTILO 2)

Si se utilizan tres cables de tipo idéntico y sus longitudes son iguales, entonces $R_1 = R_2 = R_3$. Midiendo la resistencia mediante los conductores 1, 2 y el elemento de resistencia, se mide una resistencia del sistema total ($R_1 + R_2 + R_E$). Si la resistencia también se mide mediante los conductores 2 y 3 ($R_2 + R_3$), obtenemos la resistencia solo de los cables conductores y dado que todas las resistencias de cable conductor son iguales, restar este valor ($R_2 + R_3$) de la resistencia del sistema total ($R_1 + R_2 + R_E$) nos deja solo con R_E y se ha hecho una medición precisa de la temperatura. También se utiliza una configuración de 4 cables. (Ver Figura 4.) Dos conexiones se proporcionan en cada extremo del sensor. Esta construcción se utiliza para mediciones de mayor precisión.

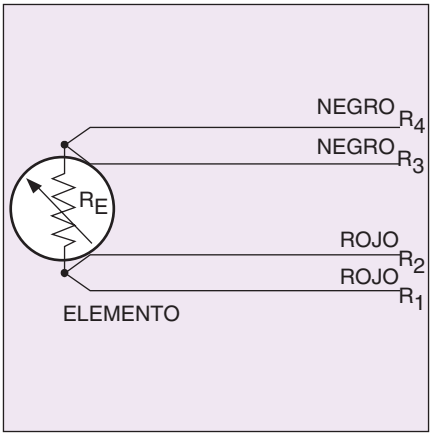


FIGURA 4. CONFIGURACIÓN DE 4 CABLES (ESTILO 3)

Con la configuración de 4 cables, el instrumento pasará una corriente constante (I) a través de los conductores externos, 1 y 4.

La caída de voltaje se mide a través de los conductores internos, 2 y 3. Así que de V = IR aprendemos la resistencia del elemento por sí solo, sin ningún efecto de la resistencia del cable conductor. Esto ofrece una ventaja sobre las configuraciones de 3 cables sólo si se usan cables conductores diferentes y esto rara vez ocurre.



Otra configuración, ahora rara, es una configuración estándar de 2 cables con un bucle cerrado de cable al costado (Figura 5). Funciona igual que la configuración de 3 cables, pero utiliza un cable extra para hacerlo. Aparte se ofrece un par de cables como bucle para proporcionar compensación de resistencia del conductor y cambios ambientales en la resistencia del conductor.

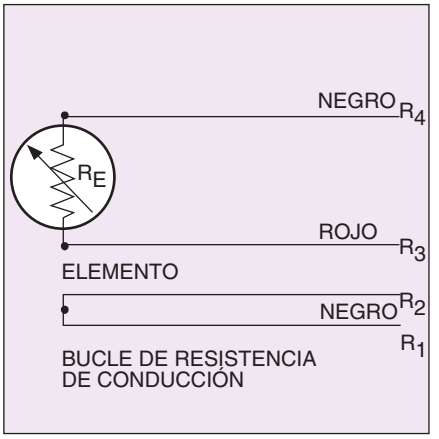


FIGURA 5. CONFIGURACIÓN DE 2 CABLES MÁS BUCLE (ESTILO 4)

Reproducido con autorización de David J. King, Thermometrics Corporation, Northridge, CA. www.thermometricscorp.com



Caso práctico RTD

OMEGA recorre cualquier longitud (o profundidad) por sus clientes

Introducción

Un equipo de investigación ambiental en el Noroeste del Pacífico estaba realizando una inspección de gran alcance de la línea de congelamiento invernal. Esto implicaba mediciones de temperatura bajo tierra a diferentes profundidades en diversos tipos de suelo. Las ubicaciones más remotas no tenían acceso a la electricidad.



El medidor RTD portátil con interruptor selector hace posibles las mediciones de campo en ubicaciones remotas

El problema

En cada sitio de medición, el equipo de investigación planeó insertar un tubo de protección en el suelo a una profundidad de 10 pies. Necesitaban una serie de sensores de temperatura para entrar en el tubo y tomar lecturas a diferentes niveles. El termómetro utilizado en conjunto con los sensores tenía que ser lo suficientemente ligero para ser totalmente portátil, con una pantalla grande y una forma conveniente de cambiar entre los diferentes sensores de temperatura. Para un traslado y operación seguros y secos, el termómetro requeriría una carcasa resistente a la intemperie.

La solución

Un lote de detectores de temperatura de resistencia (RTDs) se instaló dentro de cada tubo de protección de acero inoxidable, con cables conductores extendiéndose más allá de la parte superior del tubo. Los cables terminan en un conector tipo SUB-D estándar individual, que proporciona una fijación rápida a un dispositivo de lectura portátil. En este caso, el personal de ingeniería de clientes de OMEGA eligió un termómetro digital de mano.

El siguiente reto era hacer que el termómetro fuera operable desde el exterior de la carcasa resistente a la intemperie. La respuesta – en definitiva de baja tecnología pero extremadamente rentable – era montar el termómetro dentro de la carcasa con velcro, detrás de una ventana integrada en la pared de la carcasa. Un interruptor selector que conducía al termómetro se montó en la carcasa junto a la ventana, mientras que el conector de acoplamiento del lote de sondas RTD entró en la carcasa por un lado.

El equipo de investigación podía ahora monitorear la temperatura de cada sensor RTD en el tubo con un solo dispositivo de lectura totalmente protegido que podía moverse fácilmente de un lado a otro. Lo que al principio parecía una propuesta complicada y cara se convirtió, con la ayuda de OMEGA, en un sistema de medición de campo sencillo, económico y altamente confiable.

¿Qué es un detector de temperatura de resistencia?

El RTD, un desarrollo relativamente reciente en la detección de temperatura, ofrece alta precisión, así como una excelente estabilidad y repetibilidad. Dado que también es relativamente inmune al ruido eléctrico, encuentra utilidad en ambientes industriales donde los motores y equipos de automatización pueden interferir con las lecturas del sensor. Otro beneficio del RTD es su compacidad – con frecuencia puede ir donde las limitaciones de espacio impiden otros tipos de sondas.

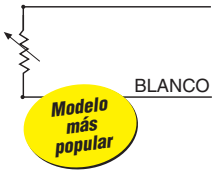
Un elemento RTD estándar consta de cable fino enrollado en un núcleo de cerámica o vidrio. Está hecho de platino (más preciso), níquel, cobre y otros materiales puros cuya resistencia a diversas temperaturas se ha establecido. El predecible cambio del elemento en la resistencia con la temperatura cambiante hace las mediciones muy confiables. Dado que un elemento RTD puede ser frágil, por lo general se protege en una sonda enfundada.

OMEGA ofrece una amplia gama de configuraciones RTD y se enorgullece de producir las sondas más probadas, precisas y duraderas del mundo.



Configuraciones principales de las sondas RTD

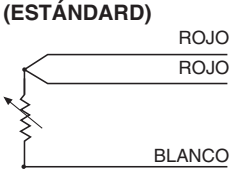
ESTILO 1



ELEMENTO

La configuración principal 1 ofrece una conexión en cada extremo del sensor. Esta construcción es apropiada donde la resistencia de la ruta del cable conductor pueda considerarse como una constante aditiva en el circuito y particularmente donde los cambios en la resistencia del conductor por cambios en la temperatura ambiente puedan ignorarse.
Nota: *La resistencia de la sonda y extensión se agrega a la resistencia del sensor e incrementará el valor medido.*

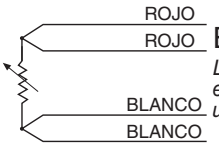
ESTILO 2 (ESTÁNDARD)



ELEMENTO

La configuración principal 2 ofrece una conexión en un extremo y dos en el otro extremo del sensor. Conectada a un instrumento diseñado para aceptar entrada de tres cables, se logra la compensación para la resistencia del conductor y el cambio de temperatura en la resistencia del conductor. Esta es la configuración más utilizada.

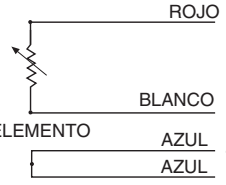
ESTILO 3



ELEMENTO

La configuración principal 3 ofrece dos conexiones en cada extremo del sensor. Esta construcción se utiliza para mediciones de la más alta precisión.

ESTILO 3



BUCLE DE RESISTENCIA DE CONDUCTOR

La configuración principal 4 es similar a la configuración principal 3, pero incluye otro par de cables como bucle para suministrar compensación para la resistencia del conductor y cambios en la temperatura ambiente en la resistencia del conductor.

BUCLE DE RESISTENCIA DE CONDUCTOR

Instrumentos compatibles

Opciones portátiles



Transmita o programe su señal



Adquisición de datos



Controle su proceso



Monitoree su proceso



Sea cual sea su necesidad de medición, ¡OMEGA tiene la solución! Visite mx.omega.com para obtener más detalles

Sensores de temperatura: Ventajas y desventajas

El sensor de temperatura perfecto:

- **No tiene efecto en el medio que mide**
- **Es perfectamente preciso**
- **Responde de inmediato (en la mayoría de los casos)**
- **Tiene una salida fácilmente programada**

Independiente del tipo de sensor, estos asuntos afectan a todos los sensores de temperatura.

La mayor preocupación al medir cualquier cosa es asegurar que el dispositivo de medición en sí no influya en los medios que está midiendo. Con la medición de temperatura de contacto, esto es especialmente importante. Elegir el tamaño adecuado del sensor, la encapsulación y la configuración principal son las preocupaciones del diseño clave para reducir el "efecto tallo" y otros errores de medición.

Una vez que se logra el efecto mínimo de los medios de medición, se vuelve importante la precisión con que se pueden medir los medios. La precisión incorpora características básicas del sensor, precisión de la medición, etc. El sensor más preciso no sirve si no se atienden los problemas de diseño alrededor del "efecto tallo".

El tiempo de respuesta es impulsado por la masa del elemento de sensor, con cierta influencia de los conductores. Entre más pequeño sea el sensor, más rápido será el tiempo de respuesta. Con tecnología de microcuentas, *YSI Temperature* fabrica algunos de los termistores de más rápida respuesta disponibles en el mercado.

El acondicionamiento de señal de la salida del sensor se vuelve cada vez menos preocupante, conforme el uso de microprocesadores permite que las salidas no lineales se acondicionen más fácilmente. El circuito linealizador YSI 4800 permite la linealización de un componente individual de la salida de un termistor.

Mientras que los agentes de compras buscan la pieza menos costosa, los ingenieros reconocen la importancia del valor que los sensores ofrecen por cada dólar gastado en el sensor. Los termistores YSI ofrecen un valor superior para un *design* general.

Características del sensor

	Termistor NTC	RTD de platino	Termopar	Semiconductor
Sensor	Cerámico (espinela metal-óxido)	Enrollado de cable de platino o película metálica	Termoeléctrico	Unión de semiconductor
Rango de temperatura (típico)	-100 a +325 ˚C	-200 a +650 ˚C	200 a +1750 ˚C	-70 a 150 ˚C
Precisión (típica)	0.05 a 1.5 ˚C	0.1 a 1.0 ˚C	0.5 a 5.0 ˚C	0.5 a 5.0 ˚C
Estabilidad a largo Plazo a 100 ˚C	0.2 ˚C/año (epoxi) 0.02 ˚C/año (vidrio)	0.05 ˚C/año (película) 0.002 ˚C/año (cable)	Variable, algunos tipos muy propensos a envejecer	>1˚C/año
Salida	Resistencia NTC -4.4%/˚C típica	Resistencia PTC 0.00385Ω/Ω/°C	Termovoltaje 10µV a 40µV/°C	Digital, varias salidas
Linealidad	Exponencial	Suficientemente lineal	La mayoría de tipos no lineales	Lineal
Energía requerida	Voltaje o corriente constante	Voltaje o corriente constante	Automático	4 a 30 VCC
Tiempo de respuesta	Rápido 0.12 a 10 segundos	Por lo general lento de 1 a 50 segundos	Rápido 0.10 a 10 segundos	Lento 5 a 50 segundos
Susceptibilidad al ruido eléctrico	Rara vez susceptible. Solo alta resistencia	Rara vez susceptible	Susceptible/ Compensación de unión fría	Depende del plano de la tabla
Efectos de resistencia de conductor	Piezas de baja resistencia solamente	Muy susceptible. Se requieren configuraciones de 3 o 4 cables	Ninguno sobre rutas cortas. Se requieren cables de extensión TC.	N/A
Costo	Bajo a moderado	Enrollado de cable- Alto Película - Bajo	Bajo	Moderado

Cada uno de los tipos de sensores principales anteriores difiere en su teoría básica de operación.

Los rangos de temperatura varían para cada tipo de sensor. La familia del termopar posee el rango de temperatura más amplio, extendido a través de múltiples tipos de termopares.

La precisión depende de las características básicas del sensor. Los elementos de platino y termistores muestran la mayor precisión, aunque hay diferentes niveles de precisión disponibles para todos los tipos de sensores. Por lo general, entre mejor sea la precisión, mayor será el precio.

La estabilidad a largo plazo se define según la consistencia con la que un sensor mantiene su precisión con el tiempo. La estabilidad está dictada por las propiedades físicas básicas del sensor. La estabilidad por lo general empeora con la exposición a altas temperaturas. Los termistores encapsulados en platino y vidrio enrollado de cable son los tipos de sensores más estables. Los termopares y los semiconductores son los menos estables.

Las salidas del sensor varían según el tipo. Los termistores cambian la resistencia de manera inversamente proporcional a la temperatura, de ahí el nombre de coeficiente de temperatura negativo (NTC). Los metales básicos como el platino tienen coeficientes de temperatura positivos (PTC). Los termopares tienen salidas de bajos milivoltios que cambian con la temperatura. Los semiconductores por lo general están condicionados y vienen en una variedad de salidas digitales.

La linealidad define qué tan bien sobre un rango de temperatura la salida de un sensor cambia constantemente. Los termistores son exponencialmente no lineales y exhiben una sensibilidad mucho mayor a bajas temperaturas que a altas temperaturas. La linealidad de un sensor se ha vuelto cada vez menos preocupante, conforme los microprocesadores se utilizan más en los circuitos de acondicionamiento de señales del sensor.

Al encender, tanto los termistores como los elementos de platino requieren voltaje constante o corrientes constantes. La regulación de la energía es importante para limitar el autocalentamiento en los termistores o RTDs de platino. La regulación de la corriente no es tan crucial para los semiconductores. Los termopares generan una salida de voltaje.

El tiempo de respuesta, o la rapidez con que un sensor indica la temperatura, depende del tamaño y de la masa del elemento de sensor (suponiendo que no se utilice ningún método predictivo). Los semiconductores son los más lentos para responder. Los elementos de enrollado de cable de platino son los segundos más lentos. La película de platino, los termistores y los termopares están disponibles en paquetes pequeños, y por lo tanto tienen opciones de alta velocidad. Las microcuentas de vidrio son la configuración de termistor de respuesta más rápida.

El ruido eléctrico que induce errores en la indicación de la temperatura es un problema sobre todo con los termopares. Los termistores con resistencias muy altas pueden presentar problemas en algunos casos.

La resistencia del conductor puede causar un error de *offset* en dispositivos resistivos tales como los termistores o RTDs. Este efecto es más pronunciado en dispositivos de baja resistencia, como los elementos de platino de 100Ω o los termistores de baja resistencia. Para el platino, se utilizan configuraciones de 3 o 4 cables para eliminar el problema. Para los termistores, por lo general elegir un valor de resistencia más alto elimina el efecto. Los termopares deben utilizar conductores y conectores de extensión del mismo material que los propios conductores o puede ocurrir un error.

Aunque los termopares son el sensor menos costoso y el más utilizado, un termistor NTC por lo general ofrece el mayor valor por su precio.

Ventajas y desventajas del sensor

	Termistor NTC	RTD de platino	Termopar	Semiconductor
Sensor	Cerámico (espinela de metal-óxido)	Enrollado de cable de platino o película metálica	Termoeléctrico	Unión de semiconductor
Ventajas	• Sensibilidad • Precisión • Costo • Resistente • Paquetes flexibles • Sello hermético • Montaje en superficie	• Precisión • Estabilidad • Linealidad	• Rango de temperatura • Automático • Sin autocalentamiento • Resistente	• Fácil de usar • Montaje en tabla • Resistente • Costo total
Desventajas	• No linealidad • Autocalentamiento • Fallas de humedad (sin vidrio solamente)	• Error en resistencia de conductor • Tiempo de respuesta • Resistencia a la vibración • Tamaño • Limitaciones de paquetes	• Compensación de unión fría • Precisión • Estabilidad • Conductores de extensión TC	• Precisión • Aplicaciones limitadas • Estabilidad • Tiempo de respuesta

Cada tipo de sensor tiene ventajas y desventajas. Para los termistores, las principales ventajas son:

Sensibilidad: Eso permite que los termistores detecten cambios muy pequeños en la temperatura.

Precisión: Los termistores ofrecen tanto precisión absoluta como intercambiabilidad.

Costo: Por el alto rendimiento que ofrecen, los termistores son muy rentables.

Resistencia: Dada su construcción, los termistores son muy resistentes.

Flexibilidad: Los termistores pueden configurarse en una amplia variedad de formas físicas, incluyendo paquetes muy pequeños.

Sello hermético: La encapsulación en vidrio ofrece un paquete hermético, eliminando fallo en el sensor inducidos por humedad.

Montaje de superficie: Una amplia gama de tamaños y tolerancias de resistencia están disponibles.

De las desventajas del termistor, por lo general sólo el autocalentamiento es una consideración de diseño. Se debe tener cuidado de limitar la corriente de detección a un valor lo suficientemente bajo para que el error de autocalentamiento se reduzca a un valor aceptable.

La no linealidad se puede atender mediante software o circuitos, y el fallo inducido por humedad mediante encapsulación de vidrio.

Todos los sensores tienen ventajas y desventajas específicas. Para un proyecto exitoso, la clave es unir las capacidades del sensor con la aplicación. Si necesita ayuda para decidir si un termistor es la mejor opción de diseño, por favor póngase en contacto con los ingenieros de aplicaciones de *YSI Temperature*.

Reproducido con autorización de Measurement Specialties

Transmisor infrarrojo de fibra óptica de alta velocidad

es "certero" en la medición de temperatura

OMEGA ha introducido un transmisor infrarrojo de fibra óptica industrial de alta velocidad y sistema de sondas, el OS4000, que ofrece muchas nuevas e importantes capacidades de medición (Ver Figura 1). Éstas incluyen un campo de visión óptica o tamaño de punto tan pequeño como 0.025", que es menos de la mitad del tamaño generalmente disponible y un tiempo de respuesta tan rápido como 1 mseg, un orden de magnitud más rápido que dispositivos similares.

La unidad es compatible con CE y se fabrica en EUA. Antes de revisar este producto, revisemos esta categoría de producto y veamos algunas aplicaciones típicas.

Dispositivos de sonda infrarrojo

Uno de los métodos más efectivos para hacer mediciones de alta temperatura sin contacto en aplicaciones industriales es con una sonda infrarrojo de fibra óptica. Estos dispositivos por lo general consisten en un conjunto de sonda de lente que está dirigido al objeto a medir y un cable de interconexión de fibra óptica que está conectado a un paquete de electrónica, el transmisor, para hacer la medición de temperatura y convertirla en una señal de salida utilizable. Examinemos cada uno de estos componentes.

El conjunto de sonda consiste en una carcasa adecuada para las condiciones a las que estará expuesto, una lente o una varilla óptica para recolectar la radiación infrarroja del objetivo, y una interfaz de fibra óptica para la conexión al cable de fibra óptica. La sonda por lo general se coloca a unas cuantas pulgadas del objeto a medir. Debido a esto, la construcción del conjunto de sonda puede variar drásticamente.

Para mediciones en un ambiente al aire libre, puede ser un simple cilindro de metal; sin embargo, no es raro que estos dispositivos sean utilizados en ambientes muy hostiles. Esto puede ser en una cámara de alta temperatura, bajo un vacío, en una atmósfera corrosiva, e incluso sumergidos en plástico fundido. Como resultado, las sondas especializadas pueden tener carcasas roscadas, ser construidas de materiales especiales como cerámica, e incluso tener lentes que no sean de vidrio o varilla óptica de vidrio o cuarzo (puntas).

El cable de interconexión de fibra óptica actúa como una guía de onda para traer la radiación al conjunto detector infrarrojo en el paquete de electrónica. La calidad de las interfaces de fibra óptica en cada extremo es crítica para la precisión y repetibilidad del sistema en general. Debido a que la señal se transmite ópticamente, es inmune a la interferencia eléctrica y magnética frecuentemente sustancial encontrada en ambientes industriales.

El paquete electrónico hace el trabajo de convertir la radiación infrarroja emitida por el cable de fibra óptica en una lectura de temperatura o una señal proporcional a la temperatura. Puede incluir muchas mejoras como alarmas de alta y baja temperatura, diferentes opciones de salida, incluso una conexión de interfaz de computadora.

Figura 1 - OS4000 Transmisor de fibra óptica industrial de alta velocidad



Aplicaciones para medición de temperatura sin contacto

Aunque los termopares son los dispositivos de medición de temperatura más comunes en el control de procesos, tienen sus limitaciones. Deben estar en contacto con el objeto medido, tienen un tiempo de respuesta lento, y están sujetos a interferencia eléctrica y magnética. Los transmisores infrarrojo de fibra óptica superan estos problemas, pero por lo general se limitan a leer temperaturas superiores a 100 °C. Esta limitación es impuesta por el cable de fibra óptica que no puede transmitir energía de infrarrojo por debajo de una cierta longitud de onda. Esto depende de la sección transversal de los hilos de fibra óptica y sus propiedades ópticas. A continuación se encuentran algunas aplicaciones típicas.

Procesos de recocido

La temperatura superficial crítica del metal se puede monitorear directamente mientras está dentro de un horno, en lugar de indirectamente midiendo la temperatura ambiente del horno.

Calentamiento del metal por inducción

El fuerte campo RF utilizado puede calentar dispositivos de calentamiento convencional e interferir con sus electrónicos, mientras que la fibra óptica es inmune a los campos RF.

CARACTERÍSTICAS

- Rangos de temperatura de 100 a 1600 °C (212 a 2912 °F)
- Tiempo de respuesta muy rápido de 1 mseg
- Tres campos de visión óptica estándar
- Cuatro longitudes estándar de cable de fibra óptica 0.3, 0.9, 1.8 y 3 m (1, 3, 6 y 10')
- Emisividad ajustable de 0.05 a 0.99
- Cuatro salidas análogicas estándar
- Salidas de alarma alta y baja. Relés integrados opcionales con salidas de cierre de contacto
- Interfaz RS232 en la computadora con software de registro de datos basado en Windows
- Funciones de retener y mantener el valor máximo y de muestra
- Puntería láser integrada en la lente
- Se incluyen soporte de montaje y tuercas de montaje
- Aislante de enfriamiento de agua y accesorios de revestimiento de vacío opcionales

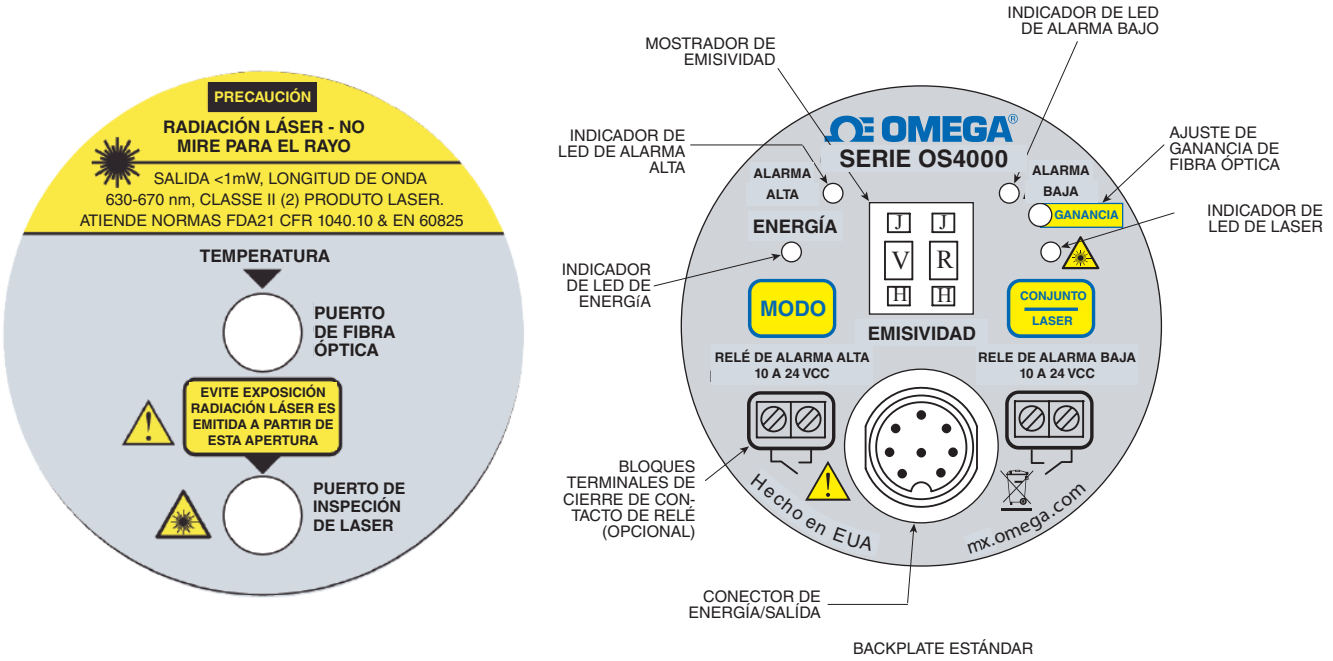


Figura 2 – Vistas frontal y posterior del transmisor OS4000

Extrusión de plástico y moldeo por inyección

El control preciso de la temperatura de fusión es esencial para la adecuada formación del polímero. Una lectura infrarrojo elimina los errores que son comunes en los dispositivos basados en termopar inmersos en el flujo de plástico.

Monitoreo de temperatura de taladro

Para perforación de alta velocidad de tarjeta de PC, el desgaste se puede determinar monitoreando ópticamente la temperatura del taladro.

Dopaje, deposición o parpadeo de semiconductores

Dado que estos procesos por lo general se llevan a cabo en una atmósfera de vacío o de gas controlado utilizando calentamiento por inducción, no se pueden utilizar dispositivos de medición de temperatura convencionales.

Cualquier aplicación de alta temperatura donde una medición directa de la temperatura de la pieza es crucial para el éxito.

Acerca del OS4000

El transmisor infrarrojo OS4000 de fibra óptica industrial de alta velocidad es un producto bastante versátil con muchas opciones de configuración. Cubre un rango de temperatura de 100 a 1600 °C con índices de muestreo que van de un extraordinario 1 mseg hasta 3.2 segundos. Esta unidad también ofrece la función Peak & Hold con un tiempo de retención ajustable. El campo de visión va de 0.22" a un muy pequeño 0.025". Este es el menor tamaño de punto disponible en un producto estándar, y una versión personalizada puede ir tan bajo como 0.010" en tamaño de punto. Combinado con el alto índice de muestreo, el tamaño de punto pequeño puede captar variaciones de temperatura transitorias que de otra manera no se detectarían o monitorear de cerca la temperatura de objetos muy pequeños como hilos de cable o taladros de diámetro pequeño. El cable de fibra óptica tiene un alto conteo de hilos y puede tolerar cierta cantidad de abuso sin afectar el rendimiento de la unidad.

Dado que las condiciones de medición varían mucho, hay varias opciones de sonda disponibles; una sonda de lente de fibra óptica en la que la lente determina el campo de visión, una sonda de punta de fibra óptica para aplicaciones de uso general y una sonda de perno de polímero para inmersión en flujo de plástico de polímero, que está roscado para poder insertarse a través de un tubo o pared de cámara. Además de la carcasa de metal común, hay una carcasa de cerámica para condiciones de alta temperatura con una selección de conjuntos de punta de vidrio o cuarzo. Una puntería láser integrada ayuda a alinear el campo de visión a la ubicación exacta de medición.

El transmisor contiene el paquete electrónico y convierte la señal de infrarrojo en un formato útil. Tiene un conector para la sonda de fibra óptica en un extremo y uno para señales de energía y salida en el otro extremo (Ver Figura 2). El OS4000 ofrece una selección de salidas analógicas para la conexión a un dispositivo de visualización, un registrador de datos o un sistema de control de procesos. Hay configuraciones disponibles para cada sistema industrial común: 1 mV/grad, 0 a 5 VCC, 0 a 10 VCC, y 4 a 20 mA, por lo que la interfaz no es ningún problema. Además, hay cierres de contacto de relé de alta y baja alarma disponibles para su uso en señalización o sistemas de control. Un ajuste de emisividad cubre el rango de 0.05 a 0.99. Aunque la unidad es independiente, también incluye una interfaz de computadora RS232, que agrega capacidad de registro de datos y otras características útiles. Como opción, un transceptor inalámbrico como el WRS232-USB de Omega se puede utilizar para eliminar el cableado entre el OS4000 y una computadora posiblemente distante, y hacer inalámbrica la comunicación de datos.

Transmisor infrarrojo de fibra óptica de alta velocidad es "certero" en la medición de temperatura

Software de interfaz de computadora

La serie OS4000 viene con un software de interfaz de computadora basado en Windows®. El software funciona en Windows 2000, XP y Vista. El software permite al usuario hacer lo siguiente:

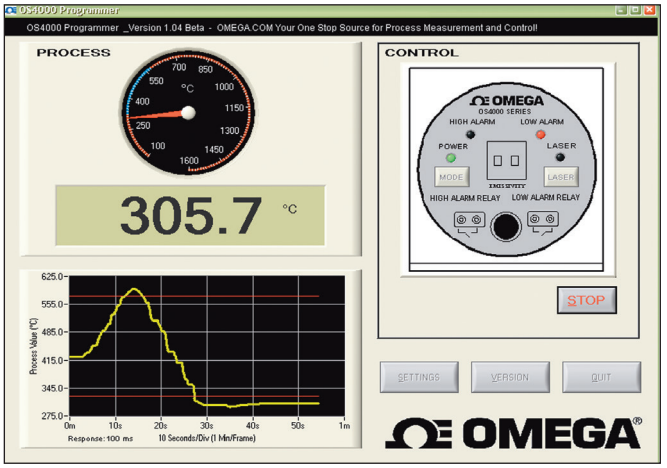


Figura 3 – Pantalla principal de software OS4000

- **Establecer comunicación con el OS4001 y mostrar la temperatura en tiempo real tanto digital como gráficamente**
- **Seleccionar sonido, puerto COM y unidad de ingeniería de temperatura**
- **Seleccionar el tiempo de respuesta, puntos de ajuste de alarma alta y baja y funciones** peak hold

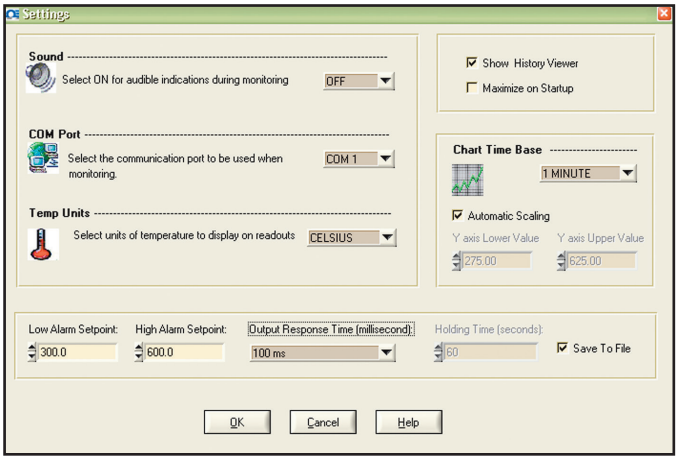


Figura 4 – Pantalla de configuración de software OS4000

- **Seleccionar escala de gráfico ya sea manual o automática y base de tiempo de gráfico**
- **Mostrar la temperatura vs tiempo junto con líneas de alarma alta y baja**
- **Guardar los datos de temperatura en un archivo**

El paquete de software OS4000

Un reconocimiento al diseñador del software, ya que usted sabrá cómo utilizar esta función simplemente observándola. El design es intuitivo y sencillo, con sólo dos pantallas (ver Figuras 3 y 4) que requieren su atención.

La pantalla principal muestra la lectura de temperatura en formato analógico y digital y traza las lecturas a través del tiempo. Una imagen del panel trasero OS4000 muestra el estatus de los indicadores LED y se puede utilizar para apagar y encender la función de alineación láser. La pantalla de configuración se utiliza para ajustar las alarmas alta y baja, las unidades de temperatura y el índice de muestreo. La base de tiempo y escala de la función de gráficos también se controlan aquí. Además, para fines de análisis y archivo, los puntos de datos se pueden guardar en un archivo de datos que luego se puede importar a una hoja de cálculo.

Conclusión

El OS4000 es una herramienta de medición infrarrojo de última tecnología. La amplia gama de opciones de salida analógica, amplio rango de temperatura, modelos de montaje de sondas, excelente interfaz de software y capacidad de personalización hace de este producto una excelente opción para aplicaciones de medición de temperatura infrarrojo. Cuando se necesita un tamaño de punto de 0.025" o el requerimiento de índice de muestreo está en el rango de 1 mseg, esta es la opción obvia: elegir el OS4000 en estas situaciones será "certero".

Introducción a los pirómetros infrarrojo

¿Por qué debo usar un pirómetro infrarrojo para medir la temperatura en mi aplicación?

Los pirómetros infrarrojo permiten a los usuarios medir la temperatura en aplicaciones donde no pueden usarse sensores convencionales. Específicamente, en los casos relacionados con objetos en movimiento (es decir, rodillos, maquinaria en movimiento o una cinta transportadora), o donde se requieren mediciones sin contacto por razones de contaminación o riesgo (como alto voltaje), donde las distancias son demasiado grandes, o donde las temperaturas a medir son demasiado altas para los termopares u otros sensores de contacto.

¿Qué debo considerar sobre mi aplicación al seleccionar un pirómetro infrarrojo?

Las consideraciones críticas para cualquier pirómetro infrarrojo incluyen campo de visión (tamaño del objetivo y distancia), tipo de superficie que se mide (consideraciones de emisividad), respuesta espectral (para efectos atmosféricos o transmisión a través de superficies), rango de temperatura y montaje (montaje portátil o fijo). Otras consideraciones incluyen el tiempo de respuesta, el medio ambiente, las limitaciones de montaje, el puerto de visión o las aplicaciones de ventana y el procesamiento de la señal deseada.

CAMPO DE VISIÓN

¿Qué significa campo de visión y por qué es importante?

El campo de visión es el ángulo de visión al que opera el instrumento y se determina por la óptica de la unidad. Para obtener una lectura precisa de la temperatura, el objetivo a medir debe llenar completamente el campo de visión del instrumento. Dado que el dispositivo infrarrojo determina la temperatura promedio de todas las superficies dentro del campo de visión, si la temperatura de fondo es diferente a la temperatura del objeto, puede ocurrir un error de medición (figura 1).

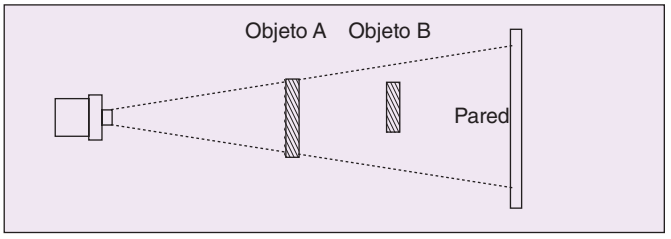


Figura 1: Campo de visión

La mayoría de los indicadores de uso general tienen una distancia focal de 20 a 60". La distancia focal es el punto en el que ocurre el punto de medición mínimo, por ejemplo, una unidad con una relación de tamaño de distancia a punto de 120:1, y una longitud focal de 60" tendrá un tamaño de punto mínimo de 0.5 a 60" de distancia. Los instrumentos de enfoque cercano tienen una longitud focal típica de 0.1 a 12", mientras que las unidades de largo alcance pueden utilizar distancias focales del orden de 50'. Muchos instrumentos utilizados para largas distancias o pequeños tamaños de punto también incluyen alcances de puntería para un enfoque mejorado. Hay diagramas de campo de visión disponibles para la mayoría de los instrumentos, para ayudar a calcular el tamaño de punto a distancias específicas.

EMISIVIDAD

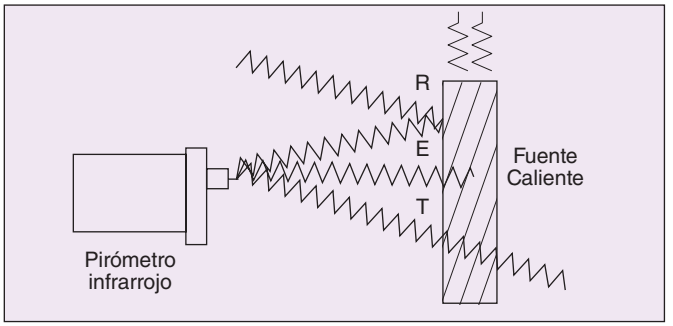
¿Qué es emisividad y cómo se relaciona con las mediciones de temperatura infrarrojo?

La emisividad se define como la relación de la energía irradiada por un objeto a una temperatura dada a la energía emitida por un radiador perfecto, o cuerpo negro, a la misma temperatura.

La emisividad de un cuerpo negro es 1.0. Todos los valores de emisividad caen entre 0.0 y 1.0.

La emisividad (ε), un factor importante pero no incontrolable en la medida de temperatura IR, no puede ignorarse. Relacionadas con la emisividad están la reflectividad (R), una medida de la capacidad de un objeto para reflejar energía de infrarrojo, y la transmisividad (T), una medida de la capacidad de un objeto para pasar o transmitir energía IR. Toda la energía de radiación debe ser emitida (E), de acuerdo con la temperatura del cuerpo, transmitida (T) o reflejada (R). La energía total, la suma de emisividad, transmisividad y reflectividad es igual a 1:

$$E + T + R = 1.0$$



Radiación de infrarrojo total alcanzando los pirómetros

La superficie ideal para las mediciones de infrarrojo es un radiador perfecto, o un cuerpo negro con una emisividad de 1.0. La mayoría de los objetos, sin embargo, no son radiadores perfectos, pero reflejarán y/o transmitirán una parte de la energía. La mayoría de los instrumentos tienen la capacidad de compensar por los diferentes valores de emisividad, para diferentes materiales. En general, cuanto mayor sea la emisividad de un objeto, más fácil es obtener una medición precisa de la temperatura utilizando infrarrojo. Objetos con emisividades muy bajas (inferiores a 0.2) pueden ser aplicaciones difíciles. Algunas superficies metálicas brillantes y pulidas, tales como el aluminio, son tan reflectantes en el infrarrojo que las mediciones precisas de temperatura no siempre son posibles.



La reflectividad es por lo general una consideración más importante que la transmisión excepto en algunas aplicaciones especiales, tales como plásticos de película delgada. La emisividad de la mayoría de las sustancias orgánicas (madera, tela, plástico, etc.) es de aproximadamente 0.95. La mayoría de las superficies rugosas o pintadas también tienen valores de emisividad bastante altos.

CINCO FORMAS DE DETERMINAR LA EMISIVIDAD

Hay cinco formas de determinar la emisividad del material para asegurar mediciones precisas de temperatura:

1. Calentar una muestra del material a una temperatura conocida, utilizando un sensor preciso y medir la temperatura usando el instrumento IR. Después, ajustar el valor de emisividad para forzar el indicador a que muestre la temperatura correcta.

2. Para temperaturas relativamente bajas (hasta 500 °F), un pedazo de cinta adhesiva, con una emisividad de 0.95, se puede medir. Después, ajustar el valor de emisividad para forzar el indicador a que muestre la temperatura correcta del material.

3. Para mediciones de alta temperatura, un hoyo (cuya profundidad es al menos 6 veces el diámetro) puede perforarse en el objeto. Este hoyo actúa como un cuerpo negro con emisividad de 1.0. Medir la temperatura en el hoyo, luego ajustar la emisividad para forzar el indicador a que muestre la temperatura correcta del material.

4. Si el material, o una parte de él, se puede cubrir, una pintura negro mate tendrá una emisividad de aprox. 1.0. Medir la temperatura de la pintura, luego ajustar la emisividad para forzar el indicador a que muestre la temperatura correcta.

5. Hay valores de emisividad estandarizados disponibles para la mayoría de los materiales (ver páginas 79 a 80). Esto se puede introducir en el instrumento para calcular el valor de emisividad del material.



RESPUESTA ESPECTRAL

¿Qué es respuesta espectral y cómo afectará mis lecturas?

La respuesta espectral de la unidad es la anchura del espectro infrarrojo cubierto. La mayoría de las unidades de uso general (para temperaturas inferiores a 1000 °F) utilizan un filtro de banda ancha en el rango de 8 a 14 micras. Este rango es preferido para la mayoría de las mediciones, ya que permitirá que se hagan mediciones sin interferencia atmosférica (donde la temperatura atmosférica afecta las lecturas del instrumento). Algunas unidades utilizan filtros más amplios tales como de 8 a 20 micras, que pueden usarse para mediciones cercanas, pero son “sensibles a la distancia” contra las distancias más largas. Para fines especiales, se pueden elegir bandas muy estrechas. Estas se pueden utilizar para temperaturas más altas y para penetraciones de atmósfera, llamas y gases. Los filtros típicos de banda baja están a 2.2 o 3.8 micras. Las altas temperaturas por encima de 1500 °F por lo general se miden con filtros de 2.1 a 2.3 micras. Otros anchos de banda que pueden utilizarse son 0.78 a 1.06 para altas temperaturas, 7.9 o 3.43 para transmisiones limitadas a través de plásticos de película delgada y 3.8 micras para penetrar las llamas limpias con un mínimo de interferencia.



MEDICIÓN DE TEMPERATURA A TRAVÉS DE VIDRIO

Quiero medir la temperatura a través de una ventana de vidrio o cuarzo, ¿qué consideraciones especiales hay?

La transmisión de la energía de infrarrojo a través de vidrio o cuarzo es un factor importante a considerar. El pirómetro debe tener una longitud de onda donde el vidrio es algo transparente, lo que significa que sólo pueden utilizarse para alta temperatura. De lo contrario, el instrumento tendrá errores de medición debido al promedio de la temperatura del vidrio con la temperatura deseada del producto.

MONTAJE

¿Cómo puedo montar el pirómetro infrarrojo?

El pirómetro puede ser de dos tipos, ya sea de montaje fijo o portátil. Las unidades de montaje fijo por lo general se instalan en un solo lugar para monitorear continuamente un proceso dado. Por lo general operan en energía de línea y están dirigidas a un solo punto. La salida de este tipo de instrumento puede ser una pantalla local o remota, junto con una salida analógica que puede utilizarse para otra pantalla o bucle de control.

También están disponibles "armas" portátiles de infrarrojo impulsadas por batería; estas unidades tienen todas las características de los dispositivos de montaje fijo, por lo general sin la salida analógica para fines de control. Estas unidades suelen utilizarse en mantenimiento, diagnóstico, control de calidad y mediciones de punto de procesos críticos.

TIEMPO DE RESPUESTA

¿Qué más debo tomar en cuenta al seleccionar e instalar mi sistema de medición de infrarrojos?

Primero, el instrumento debe responder lo suficientemente rápido a los cambios de proceso para un registro preciso o control de la temperatura.

Los tiempos de respuesta típicos para los termómetros infrarrojo están en el rango de 0.1 a 1 segundo. Luego, la unidad debe ser capaz de funcionar dentro del entorno, a temperatura ambiente.

Otras consideraciones incluyen limitaciones de montaje físico, aplicaciones de visualización de puerto/ventana (medición a través de vidrio) y el procesamiento de la señal deseada para producir el resultado deseado para su posterior análisis, visualización o control.

Principios de la termometría de infrarrojo

W. R. Barron, Williamson Corporation

Los fundamentos de la termometría IR son un prerrequisito importante para especificar un sistema de monitoreo preciso. Desafortunadamente, muchos usuarios no se toman el tiempo para entender los lineamientos básicos y en consecuencia rechazan el concepto de medición de temperatura sin contacto como imprecisa.

TEORÍA Y FUNDAMENTOS

La medición de la temperatura se puede dividir en dos categorías: de contacto y sin contacto. Los termopares de contacto, RTDs y termómetros son los más frecuentes en las aplicaciones de medición de temperatura. Deben contactar el objetivo al medir su propia temperatura y son relativamente lentos para responder, pero son baratos. Los sensores de temperatura sin contacto miden la energía IR emitida por el objetivo, tienen rápida respuesta y se utilizan comúnmente para medir objetivos en movimiento e intermitentes, objetivos en un vacío, y objetivos que son inaccesibles debido a ambientes hostiles, limitaciones de geometría o riesgos de seguridad. El costo de tales equipos es relativamente alto, aunque en algunos casos es comparable al de los dispositivos de contacto.

La radiación infrarroja fue descubierta en 1666 por Sir Isaac Newton, cuando separó la energía electromagnética de la luz solar pasando luz blanca a través de un prisma de cristal que dividió el haz en los colores del arco iris. En 1800, Sir William Herschel dio el siguiente paso midiendo la energía relativa de cada color. También descubrió la energía más allá de lo visible. A principios de la década de 1900, Planck, Stefan, Boltzmann, Wien y Kirchhoff definieron aún más la actividad del espectro electromagnético y desarrollaron datos cuantitativos y ecuaciones para determinar la energía infrarroja.

Esta investigación hace posible definir la energía infrarroja usando las curvas básicas de emitancia de cuerpo negro (Ver Figura 1). De este gráfico se puede observar que los objetos (a una temperatura mayor que -273 °C) emiten energía radiante en una cantidad proporcional a la cuarta potencia de su temperatura. El concepto de emitancia de cuerpo negro es la base para termometría e infrarrojo. Sin embargo, existe el término "emisividad" que agrega una variable a las leyes básicas de la física. La emisividad es la medida de la relación entre la radiación térmica emitida por un cuerpo gris (cuerpo no negro) y la de un cuerpo negro a la misma temperatura.

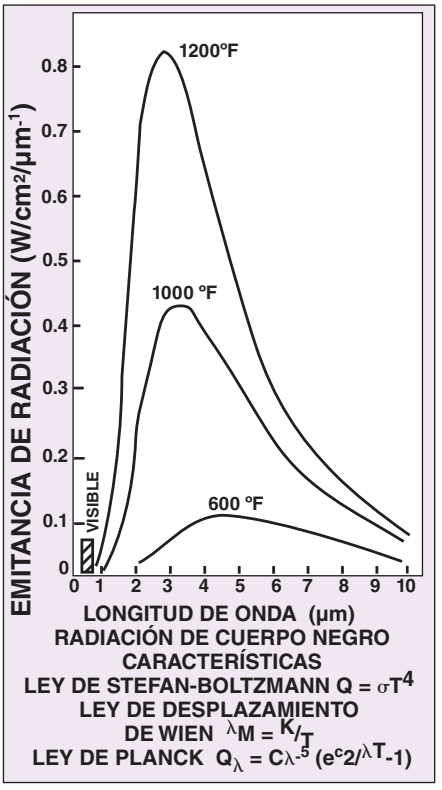


Figura 1: Como se muestra en las curvas que representan la distribución de la energía emitida por los cuerpos negros que van de temperatura de 600 °F a 1200 °F, la radiación predominante está en la región infrarroja de 0.5-14 µm, mucho más allá de la región visible.

(Un cuerpo gris se refiere a un objeto que tiene la misma emisividad espectral en cada longitud de onda; un cuerpo no gris es un objeto cuya emisividad cambia con la longitud de onda, por ejemplo, el aluminio).

$$E = \frac{L_{GB}}{L_{BB}}$$

La ley de conservación de la energía establece que el coeficiente de transmisión, reflexión y emisión (absorción) de la radiación debe sumar 1:

$$t_\lambda + r_\lambda + a_\lambda = 1$$

y la emisividad es igual a la capacidad de absorción:

$$E_\lambda = a_\lambda$$

Por lo tanto:

$$E_\lambda = 1 - t_\lambda - r_\lambda$$

Ese coeficiente de emisividad se ajusta a la ecuación de Planck como una variable que describe las características superficiales del objeto en relación a la longitud de onda. La mayoría de los objetivos medidos son opacos y el coeficiente de emisividad se puede simplificar a:

$$E_\lambda = 1 - r_\lambda$$

Las excepciones son los materiales como el vidrio, el plástico y el silicio, pero a través de un filtrado espectral selectivo adecuado es posible medir estos objetos en su región infrarroja opaca.

Por lo general hay mucha confusión en cuanto al error de emisividad, pero el usuario sólo debe recordar cuatro cosas:

– Los sensores infrarrojos son inherentemente daltónicos.
– Si el objetivo es visualmente reflectante (como un espejo), tenga cuidado – usted no sólo medirá la radiación emitida, como desea, sino también la radiación reflejada.
– Si puede ver a través de él, necesita seleccionar el filtrado infrarrojo (por ejemplo, el vidrio es opaco a 5µm).
– Nueve de cada diez aplicaciones no requieren medición de la temperatura absoluta. La repetibilidad y la operación libre de desvíos producen un control rígido de la temperatura.

Si la superficie es brillante, hay un ajuste de emisividad que puede hacerse manual o automáticamente para corregir el error de emisividad. Es una solución simple para la mayoría de las aplicaciones. En casos donde la emisividad varía y genera problemas de procesamiento, considere la radiometría de longitud de onda doble o múltiple para eliminar el problema de emisividad.

ELEMENTOS DEL DISEÑO

Los termómetros infrarrojos vienen en una amplia variedad de configuraciones relacionadas con la óptica, la electrónica, la tecnología, el tamaño y los confinamientos de protección. Todos, sin embargo, tienen una cadena común de energía infrarroja de entrada y una señal electrónica de salida. Esta cadena básica consiste en recolectar óptica, lentes y/o fibras ópticas, filtrado espectral y un detector como el extremo frontal. El procesamiento dinámico viene en muchas formas, pero se puede resumir como amplificación, estabilidad térmica, linealización y acondicionamiento de señal. El vidrio de ventana normal es utilizable

en la longitud de onda corta, cuarzo para el rango medio y sulfuro de germanio o de zinc para el rango de 8-14 µm. Hay fibras ópticas disponibles para cubrir la región de 0.5 a 5.0 µm.

Desde el punto de vista de las aplicaciones, la característica principal de la óptica es el campo de visión (CDV), es decir, ¿cuál es el tamaño del objetivo a una distancia prescrita?

Un sistema de lentes muy común, por ejemplo, sería un tamaño de objetivo de 1 pulgada de diámetro a una distancia de trabajo de 15 pulgadas. Usando la ley del cuadrado inverso, al duplicar la distancia (30 pulgadas) el área del objetivo en teoría se duplica (2 pulgadas de diámetro). La definición real de tamaño de objetivo (área medida) variará dependiendo del proveedor y depende del precio. Otras configuraciones ópticas varían de punto pequeño (0.030 en diámetro) para medición precisa de acercamiento, a óptica distante (3 pulgadas a 30 pies) para objetivo distante. Es importante señalar que la distancia de trabajo no debería afectar la precisión si el CDV es llenado por el objetivo. En una técnica para medir el CDV, la variable es pérdida de señal vs. diámetro. Una regla estricta es un 1% de reducción de energía, aunque algunos datos se presentan a media potencia, o 63.2%.

La alineación (objetivo) es otro factor óptico. Muchos sensores carecen de ese recurso; la lente está alineada a la superficie y mide la temperatura de la superficie. Esto funciona con objetivos considerables, por ejemplo, hoja de papel, donde no se requiere precisión milimétrica. Para objetivos pequeños que utilizan óptica de punto pequeño y para ópticas distantes utilizadas en el monitoreo remoto, hay opciones de objetivo visual, luces de objetivo y alineación láser.

El filtrado espectral selectivo por lo general utiliza filtros de longitud de onda corta para aplicaciones de alta temperatura (> 1000 °F y filtros de longitud de onda larga para bajas temperaturas -50 °F). Esto obviamente se ajusta a las curvas de distribución de cuerpo negro y hay algunas ventajas tecnológicas. Por ejemplo, la alta temperatura/longitud de onda corta utiliza un detector de silicio térmicamente estable y el *design* de longitud de onda corta minimiza el error de temperatura por variaciones de emisividad. Otro filtrado selectivo se utiliza para películas de plástico (3.43 µm y 7.9 µm), vidrio (5.1 µm), e insensibilidad de la llama (3.8 µm).

Una variedad de detectores se utilizan para maximizar la sensibilidad del sensor. Como se muestra en la Figura 2, PbS tiene la mayor sensibilidad, mientras que la pila termoeléctrica tiene la menor sensibilidad. La mayoría de los detectores son ya sea fotovoltaicos, apagando un voltaje al energizarse, o fotoconductores, cambiando la resistencia cuando al excitarse. Estos detectores altamente sensibles de rápida respuesta tienen un desvío térmico de compensación que puede superarse de muchas formas, incluyendo circuitos (termistores) de compensación de temperatura, regulación de temperatura, circuitos auto-nulos, cortado (salida CA vs. CC) y protección isotérmica. La operación libre de desvío está disponible en diversos grados y a precios que varían de acuerdo.

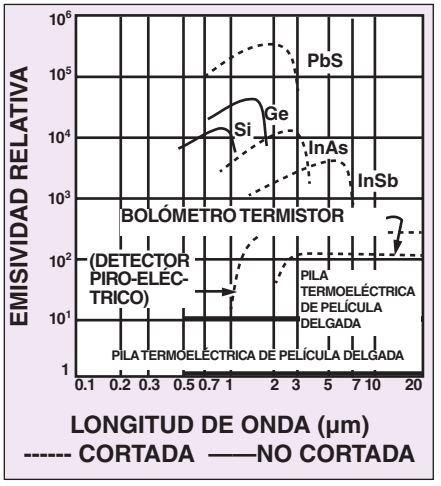


Figura 2: Para optimizar la respuesta de los sistemas de detección infrarrojos, deben considerarse la respuesta espectral y las características de modulación del detector.

En el paquete de electrónica del termómetro infrarrojo, la señal de salida no lineal del detector, del orden de 100 - 1000 µm, se procesa. La señal es amplificada 1,000 x, regulada y linealizada y la salida final es una señal lineal mV o mA. La tendencia es hacia la salida de 4 a 20 mA para minimizar la interferencia de ruido eléctrico ambiental.

Esta señal también puede transportarse al RS 232 o alimentarse a un controlador PID, pantalla remota o registrador. Las opciones de acondicionamiento de señal adicionales incluyen alarmas de encendido/apagado, *peak hold* ajustable para objetivos intermitentes, tiempo de respuesta ajustable y/o circuitos de muestreo y retención.

En promedio, los termómetros infrarrojos tienen un tiempo de respuesta del orden de 300 ms, aunque se pueden obtener salidas de señal del orden de 10 ms con detectores de silicio. En el mundo real, muchos instrumentos tienen una capacidad de respuesta ajustable que permite la amortiguación de señales de ruido entrantes y el ajuste de campo sobre la sensibilidad. No siempre es necesario tener la respuesta más rápida disponible. Sin embargo, hay casos que involucran calentamiento por inducción y otros tipos de aplicaciones, cuando se requieren tiempos de respuesta del orden de 10-50 ms y son alcanzables a través de la termometría infrarroja.

TERMOMETRÍA DE LONGITUD DE ONDA INDIVIDUAL

El diseño básico de longitud de onda individual mide la energía total emitida de una superficie a una longitud de onda prescrita. Las configuraciones van de sondas de mano con un simple medidor remoto hasta sofisticadas portátiles con visualización simultánea de objetivo y temperatura, además de capacidades de memoria y/o impresión. Los sensores en línea de montaje fijo van desde simples detectores pequeños con electrónica remota (diseños OEM) hasta dispositivos resistentes con control PID remoto. Fibra óptica, objetivo láser, enfriamiento de agua, pantalla CRT y sistemas de exploración son algunas de las opciones para monitoreo de procesos y aplicaciones de control. Hay muchas variaciones en tamaño, rendimiento, fortaleza, adaptabilidad y acondicionamiento de señal.

La configuración del sensor de procesos, el filtrado espectral infrarrojo, el rango de temperatura, la óptica, el tiempo de respuesta y la emisividad del objetivo son importantes elementos de ingeniería que afectan el rendimiento y que deben tomarse muy en cuenta durante el proceso de selección.

La configuración del sensor puede ser un portátil, un transmisor sencillo de dos cables, una sofisticada unidad de detección reforzada o un dispositivo de exploración. El objetivo visual, alineación láser, sin objetivo, fibra óptica, enfriamiento de agua, señales de salida y pantallas remotas representan una visión general de las diferentes opciones. Estos son algo subjetivos, pero exigen análisis de ingeniería. En la mayoría de los casos, si es una aplicación sencilla,

por ejemplo, temperatura de red, un simple sensor de bajo costo haría el trabajo; si la aplicación es complicada, por ejemplo, cámara de vacío u objetivo pequeño, entonces un sensor más sofisticado es la mejor opción.

La selección de respuesta espectral infrarroja y el rango de temperatura se relacionan con una aplicación específica. Las longitudes de onda corta son destinadas para altas temperaturas y las longitudes de onda larga para baja temperatura, para coincidir con las curvas de distribución de cuerpo negro. Si los objetivos de tipo transparente están involucrados, por ejemplo, plásticos y vidrio, entonces se requiere el filtrado de banda estrecha selectiva. Por ejemplo, la película de polietileno tiene una banda de absorción CH de 3.43 µm, donde se vuelve opaca. Al filtrar en esta región, el factor de emisividad se simplifica. Del mismo modo, la mayoría de los materiales de tipo de vidrio se vuelven opacos a 4.6 µm y el filtrado de banda estrecha en 5.1 µm permite la medición precisa de la temperatura de la superficie del vidrio. Por otro lado, para ver a través de una ventana de vidrio, un sensor filtrado en la región de 1-4 µm permitiría un fácil acceso a través de los puertos de visualización en cámaras de vacío y presión. Otra opción, en el caso de las cámaras, es usar un cable de fibra óptica con cojinete de vacío o presión.

La óptica y el tiempo de respuesta son dos características del sensor que, en la mayoría de las aplicaciones son extremadamente simples, en el sentido de que el CDV estándar de aproximadamente 1 pulgada a 15 pulgadas es aceptable y el tiempo de respuesta de <1 s es adecuado. Si la aplicación requiere de un objetivo pequeño o un objetivo intermitente de rápido movimiento, entonces el punto pequeño (0.125 pulgadas en diámetro) y el punto muy pequeño (0.030 pulgadas en diámetro) pueden ser aplicables a un recargo. Del mismo modo, la puntería distante (10-1000 del objetivo) también requerirá un ajuste óptico, ya que el CDV estándar será muy grande. En algunos casos, la radiometría de longitud de onda doble se utiliza para estas aplicaciones, por ejemplo, puntería de cable y distante. El extremo frontal de fibra óptica ofrece flexibilidad de ingeniería distanciando los electrónicos de ambientes hostiles, eliminando la interferencia de ruido eléctrico y resolviendo problemas de accesibilidad. Es una intrigante herramienta de ingeniería que ayuda a resolver algunos problemas únicos de las aplicaciones.

La mayoría de los sensores tienen respuesta ajustable en el rango de 0.2-5.0 s, y los ajustes típicos están en el rango medio. La respuesta rápida puede exponer el ruido de la aplicación, mientras que la respuesta lenta afecta la sensibilidad. El calentamiento por inducción requiere respuesta rápida, mientras que la cinta transportadora o el monitoreo de red requiere una respuesta más lenta para reducir el ruido de la aplicación. Un sensor de rápida respuesta requiere un controlador de rápida respuesta, paquete de energía SCR, y otros reguladores. La dinámica del sistema integrado puede definirse por la siguiente ecuación:

$$T = 1.1 \sqrt{t_1^2 + t_2^2 \ldots . t_n^2}$$

Donde:

T = respuesta total

t_1, t_2 = elementos individuales del bucle

Considerando el elemento del tiempo, hay dos tipos de dinámica de procesos: variaciones en el estado estacionario, donde hay un producto de rápido movimiento que requiere un control de temperatura cercano debido a la dinámica del proceso, por ejemplo, calentamiento de cable por inducción. Los cambios repentinos o la respuesta de rampa se refieren al calentamiento muy rápido de un producto en un proceso de lote, por ejemplo, recocido térmico rápido de placas de silicio. En estas aplicaciones dinámicas, la capacidad de respuesta del sistema y el CDV del sensor son parámetros críticos.

En muchos casos, la emisividad del objetivo no es un factor significativo. Con la selección adecuada de filtrado espectral de banda estrecha, la mayoría de los materiales tienen una emisividad constante en el rango de 0.90 ± 0.05. Al ajustar la emisividad a 0.9 µm, el sensor tenderá a leer dentro de ± 5 o 10 grados de temperatura absoluta. Este error de aplicación representa una variación en la precisión de alrededor de 1% o 2%, pero en el mundo real de la termometría IR, la repetibilidad es crítica para el control. Si, por ejemplo, un producto se calienta a 410 °F y el sensor lee 400 °F y usted hace producto de calidad cuando el sensor indica 390-410 °F, utilice el punto de ajuste de 400 para el control. La mayoría de las aplicaciones no requieren estándares de calibración NIST para producir productos de calidad.

Si una aplicación requiere una medición de temperatura absoluta y precisa y documentación, los instrumentos pueden calibrarse y certificarse a los estándares NIST referenciados. Además, existe la necesidad de definir por completo el error de aplicación debido a la emisividad de la superficie. Si se debe medir un rollo brillante, por ejemplo, la primera recomendación es medir el producto que pasa sobre el rollo brillante. En segundo lugar, el ajuste de emisividad puede hacerse en el sensor usando condiciones de prueba estática para determinar el ajuste adecuado. Tercero, la radiometría de longitud de onda doble puede ser una opción viable.

La termometría infrarroja de longitud de onda individual representa una técnica de selección muy diversificada, aunque sencilla, utilizada en miles de aplicaciones donde el control de temperatura del producto es vital para productos consistentes y de alta calidad.

TERMOMETRÍA DE LONGITUD DE ONDA DOBLE

Para aplicaciones más sofisticadas donde la precisión absoluta es crucial, y donde el producto es sometido a un cambio físico o químico, debe considerarse la radiometría de longitud de onda dual y múltiple. El concepto del radiómetro de proporción ha existido desde principios de la década de los 50, pero cambios recientes de *design* y hardware están produciendo un mayor rendimiento, capacidades de baja temperatura y costo reducido.

La termometría de longitud de onda doble (proporción) implica medir la energía espectral en dos longitudes de onda diferentes (bandas espectrales). La temperatura objetivo se puede leer directamente desde el instrumento si la emisividad tiene el mismo valor en ambas longitudes de onda. Este tipo de instrumento también puede indicar la temperatura correcta de un objetivo cuando el CDV es parcialmente ocluido por materiales relativamente fríos como polvo, pantallas de cable y ventanas translúcidas grises en el trayecto visual.

La teoría de este *design* es bastante simple y directa, y se ilustra en las siguientes ecuaciones, donde tomamos la ecuación de Planck para una longitud de onda y determinamos su proporción a la energía en una segunda longitud de onda.

$$R = \frac{L_{\lambda 1}}{L_{\lambda 2}} = \frac{\epsilon_{\lambda 1} \cdot C_1 \cdot \lambda_1^{-5} \cdot e^{-C_2/\lambda_1 T}}{\epsilon_{\lambda 2} \cdot C_1 \cdot \lambda_2^{-5} \cdot e^{-C_2/\lambda_2 T}}$$

$$R = \frac{\epsilon_{\lambda 1}}{\epsilon_{\lambda 2}} \cdot \left[\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right]^{-5} \cdot e^{\left[\frac{-C_2}{T}\left(\frac{1}{\lambda_1}-\frac{1}{\lambda_2}\right)\right]}$$

$$R = \left[\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right]^{-5} \cdot e^{\left[\frac{-C_2}{T_r}\left(\frac{1}{\lambda_1}-\frac{1}{\lambda_2}\right)\right]}$$

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_r} + \frac{1n\,(\epsilon_{\lambda 1}/\epsilon_{\lambda 2})}{C_2\left(\frac{1}{\lambda_1}-\frac{1}{\lambda_2}\right)}$$

Se $\epsilon_{\lambda 1} = \epsilon_{\lambda 2}$, entonces $T = T_r$

donde:

Principios de la termometría de infrarrojo, continuación

R = proporción de brillo espectral
T_r = temperatura de proporción de la superficie
ϵ_λ = emisividad espectral

En este proceso, si la emisividad en ambas longitudes de onda es igual (condición de cuerpo gris), el factor de emisividad cancela fuera de la ecuación y encontramos que la proporción es directamente proporcional a la temperatura.

El mismo concepto también se puede ver en una presentación gráfica tomando un pequeño segmento de la curva de distribución de cuerpo negro y midiendo algunas proporciones en varias emisividades (ver Figura 3).

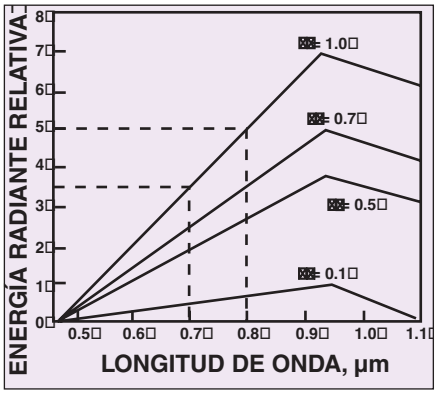


Figura 3: El sistema de longitud de onda doble elimina automáticamente los errores de medición calculando la proporción de las energías radiantes emitidas por el objetivo en dos bandas de frecuencias adyacentes, por ejemplo, 0.7 µm y 0.8 µm

Utilizando 0.7 µm y 0.8 µm como los filtros de banda estrecha, el factor de proporción se mantiene constante en 1.428 para la gama de emisividades hasta 0.1.

De la misma forma, cualquier otro cambio que sea gris por naturaleza no afectará la temperatura determinada por el termómetro de longitud de onda doble. Estas variaciones incluyen cambios en el tamaño del objetivo como un cable o una corriente de vidrio fundido cuyos diámetros varían durante la medición, incluso en el caso de objetivos más pequeños que el CDV del termómetro. Por ejemplo, suponga que un objetivo de cuerpo negro llena sólo la mitad del CDV del termómetro; en lugar de una reducción del 50% en la emitancia, este análisis no se cambia. Otro ejemplo es un caso donde un objetivo es oscurecido con humo o polvo, o donde una ventana de intervención (por ejemplo, de una cámara de vacío) se nubla. Mientras el medio oscurecido no sea espectralmente selectivo en su atenuación de radiación, al menos en la región de longitud de onda utilizada por el termómetro, el análisis sigue siendo el mismo. La temperatura inferida por el radiómetro de longitud de onda doble permanece sin afectaciones.

No obstante, siempre hay límites que deben reconocerse. La longitud de onda doble no se desarrolla sobre cuerpos no grises, por ejemplo, el aluminio; tiene dificultad para ver a través de ventanas no grises o Pyrex calentado y tiende a medir temperaturas de fondo donde el fondo es más caliente que el objetivo.

Los termómetros de longitud de onda doble tienen muchas aplicaciones en la industria y en la investigación como sensores simples y únicos que pueden reducir el error de aplicación que involucra las superficies de cuerpo gris. La Figura 4 ilustra ejemplos de emisividad total para diversos productos

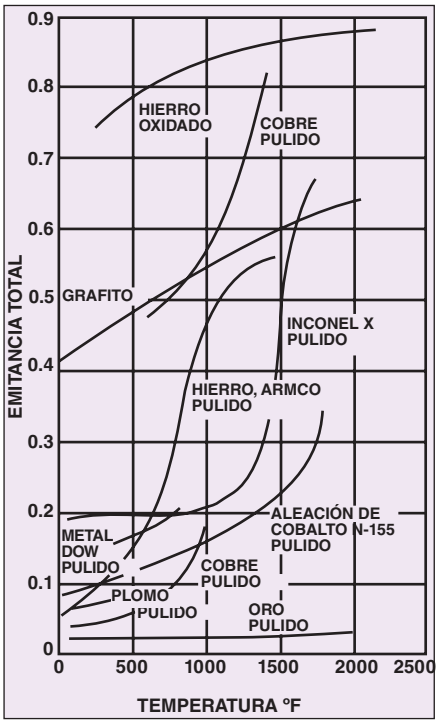


Figura 4: Muchos materiales tienen niveles de emisividad que varían con la temperatura. Varios de los más utilizados se comparan aquí.

que tienen emisividad variada relacionada con la temperatura. Por ejemplo, la mayoría de los usuarios considerarían el grafito para tener una emisividad constante alta. El hecho es, sin embargo, que la emisividad del grafito varía de 0.4 a 0.65 sobre el rango de temperatura ambiente a 2000 °F. Para una medición y control precisos de la temperatura del producto, los termómetros de longitud de onda doble se deben utilizar cuando estos tipos de materiales de cuerpo gris se procesan a altas temperaturas.

También hay termómetros de longitud de onda múltiple disponibles para materiales de cuerpo no gris donde la emisividad varía con la longitud de onda. En estas aplicaciones hay un análisis detallado de las características de la superficie del producto con respecto a la emisividad vs. longitud de onda vs. temperatura vs. química de la superficie. Con estos datos, se pueden generar algoritmos relacionando la emitancia espectral a varias longitudes de onda con la temperatura.

RESUMEN

Una revisión de los elementos de aplicación básica se describe en la Figura 5. La superficie de un objetivo a medir es la preocupación principal. Al seleccionar el instrumento, el usuario debe tener en cuenta el tamaño del objetivo, los límites de temperatura, la emisividad, y la dinámica del proceso en cuanto al CDV, respuesta espectral

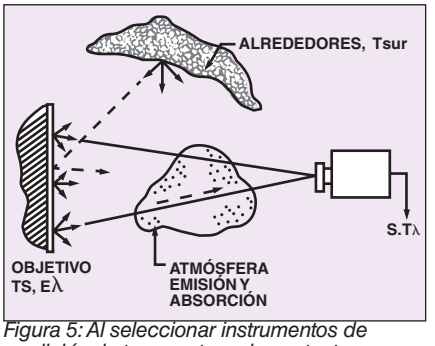


Figura 5: Al seleccionar instrumentos de medición de temperatura sin contacto, es necesario tener en cuenta no sólo el objetivo y su emisividad, sino también los alrededores y la atmósfera que interviene.

y tiempo de respuesta. También es esencial caracterizar los alrededores, por ejemplo, llamas, calentadores infrarrojos, bobinas de inducción, y la atmósfera (polvo, ventanas sucias, llamas, calor excesivo) con el fin de seleccionar el instrumento óptimo para esta aplicación.

Con respecto a las especificaciones de desempeño, la precisión de calibración por lo general estará en el rango de 0.5-0.1%, mientras que la repetibilidad de la mayoría de los sensores estará en el rango de 0.25-0.75%. Cuando el sensor se instale y utilice adecuadamente, la recuperación de la inversión suele ser del orden de uno a dos meses.

Reproducido de
Sensors Magazine (Diciembre 1992)
con autorización de HELMERS PUBLISHING, INC.
174 Concord St.
Peterborough, NH 03458

Temperatura de infrarrojo
Teoría y aplicación de la medición

Autor y presentador: John Merchant, Gerente de Ventas, Mikron Instrument Company Inc.

SINOPSIS

Los termómetros infrarrojo para medición de temperatura sin contacto son sensores altamente desarrollados que tienen una aplicación muy extendida en el procesamiento industrial e investigación. Este documento describe, en términos no matemáticos, la teoría en la cual se basa la tecnología de medición y cómo se utiliza para abordar la variedad de parámetros de aplicación con que se enfrenta el usuario que pretende usarla.

INTRODUCIÓN

Un termómetro infrarrojo mide la temperatura detectando la energía de infrarrojo emitida por todos los materiales que están a temperaturas superiores al cero absoluto, (0 °Kelvin). El diseño más básico consiste en una lente para concentrar la energía de infrarrojo (IR) en un detector, que convierte la energía en una señal eléctrica que se puede mostrar en unidades de temperatura después de ser compensadas en función de la variación de la temperatura ambiente. Esta configuración facilita la medición de la temperatura a distancia sin contacto con el objeto a medir. Como tal, el termómetro infrarrojo es útil para medir la temperatura bajo circunstancias donde los termopares u otros sensores de tipo sonda no se pueden utilizar o no producen datos precisos por varias razones. Algunas circunstancias típicas son donde el objeto a medir se mueve; donde el objeto está rodeado por un campo electromagnético, como en el calentamiento por inducción; donde el objeto está contenido en un vacío u otra atmósfera controlada; o en aplicaciones donde se requiere una respuesta rápida.

Diseños para termómetros infrarrojo (IRT), han existido al menos desde finales del siglo XIX y diversos conceptos creados por Féry fueron incluidos por Charles A. Darling (1) en su libro *Pyrometry*, publicado en 1911. Sin embargo, no fue hasta la década del 30 que la tecnología se colocó a la disposición para convertir esos conceptos en instrumentos de medición prácticos. Desde entonces ha habido una evolución considerable en el *design* y se ha acumulado una gran cantidad de experiencia en medición y aplicación. Actualmente, la técnica es bien aceptada y se utiliza ampliamente en la industria y en la investigación.

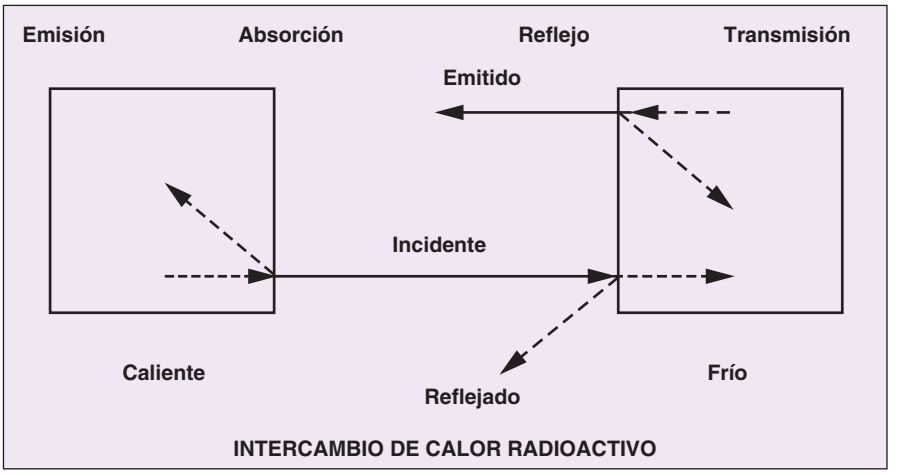


Figura 2

PRINCIPIOS DE MEDICIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, la energía de infrarrojo es emitida por todos los materiales con temperaturas superiores a 0 °K. La radiación de infrarrojo es parte del espectro electromagnético y ocupa frecuencias entre la luz visible y las ondas de radio. La parte IR del espectro se extiende por longitudes de onda de 0.7 micrómetros a 1000 micrómetros (micras). Figura 1. Dentro de esta banda de onda, sólo se utilizan frecuencias de 0.7 a 20 micras para la medición de temperatura práctica diaria. Esto es porque los detectores infrarrojo disponibles en la actualidad para la industria no son lo suficientemente sensibles como para detectar pequeñas cantidades de energía disponibles en longitudes de onda superiores a 20 micras.

Aunque la radiación infrarroja no es visible al ojo humano, es útil imaginarla como visible al abordar los principios de medición y considerar las aplicaciones, porque en muchos aspectos se comporta de la misma forma que una luz visible. La energía de infrarrojo viaja en líneas rectas desde la fuente y puede ser reflejada y absorbida por superficies de materiales en su camino. En el caso de la mayoría de los objetos sólidos que son opacos para el ojo humano, una parte de la energía de infrarrojo que golpea la superficie del objeto se absorberá y una parte se reflejará. De la energía absorbida por el objeto, una proporción se reemitirá y una parte se reflejará internamente. Esto también se aplica a los materiales que son transparentes para el ojo, como el vidrio, los gases y los plásticos delgados transparentes, pero además, parte de la energía de infrarrojo también pasará a través del objeto. Lo anterior se ilustra en la Figura 2. Estos fenómenos contribuyen colectivamente a lo que se conoce como la Emisividad del objeto o material.

Los materiales que no reflejan o transmiten ninguna energía de infrarrojo se conocen como cuerpos negros y no se sabe que existan naturalmente. Sin embargo, para el propósito del cálculo teórico, un verdadero cuerpo negro recibe un valor de 1.0. La aproximación más cercana a una emisividad de cuerpo negro de 1.0, que se puede conseguir en la vida real es una cavidad infrarroja opaca, esférica con una pequeña entrada tubular como se muestra en la Figura 3. La superficie interior de dicha esfera tendrá una emisividad de 0.998.

Diferentes tipos de materiales y gases tienen diferentes emisividades, y por lo tanto emiten infrarrojo en diferentes intensidades para una temperatura dada. La emisividad de un material o gas es una función de su estructura molecular y características de superficie. Por lo general no es una función de color

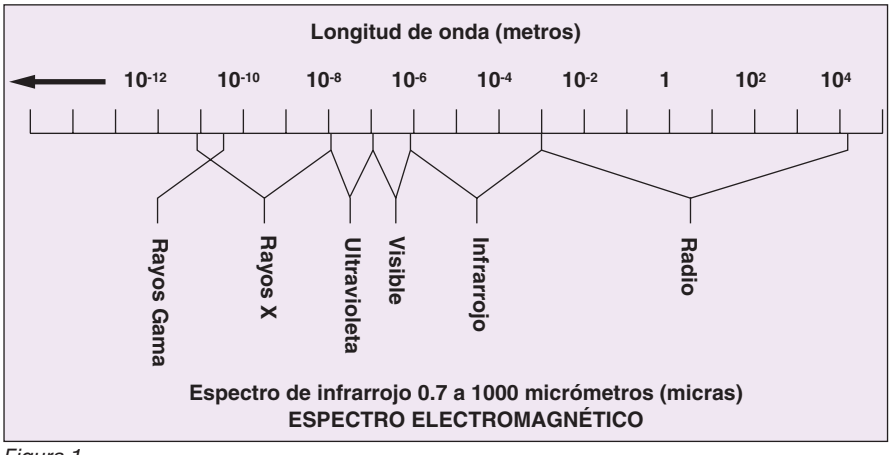


Figura 1

Temperatura de infrarrojo Continuación

a menos que la fuente del color sea una sustancia radicalmente diferente del cuerpo principal del material. Un ejemplo práctico de esto son las pinturasmetálicas que incorporan cantidades significativas de aluminio. La mayoría de las pinturas tienen la misma emisividad independientemente del color, pero el aluminio tiene una emisividad muy diferente que por lo tanto modificará la emisividad de las

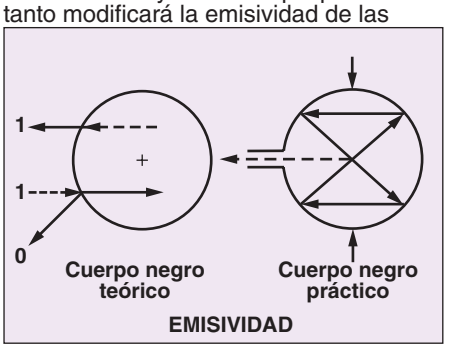


Figura 3

pinturas metalizadas.

Como es el caso con la luz visible, entre más pulidas estén algunas superficies, más energía de infrarrojo reflejará la superficie. Las características de superficie de un material por lo tanto también influenciarán su emisividad. En la medición de temperatura esto es más significativo en el caso de materiales opacos infrarrojos que tienen una emisividad inherentemente baja. Así, una pieza altamente pulida de acero inoxidable tendrá una emisividad mucho más baja que la misma pieza con una superficie áspera y mecanizada. Esto es porque las ranuras creadas por el mecanizado evitan que una gran parte de la energía de infrarrojo sea reflejada. Además de la estructura molecular y de la condición de la superficie, un tercer factor que afecta la emisividad aparente de un material o gas es la sensibilidad de longitud de onda del sensor, conocida como respuesta espectral del sensor. Como se dijo anteriormente, sólo las longitudes de onda de infrarrojo entre 0.7 y 20 micras se utilizan para medición de la temperatura práctica. Dentro de esta banda en general, los sensores individuales pueden funcionar sólo en una parte estrecha de la banda, como 0.78 a 1.06, o 4.8 a 5.2 micras, por razones que se explicarán después.

BASE TEÓRICA PARA LA MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Las fórmulas en las que se basa la medición de temperatura por infrarrojo son antiguas, establecidas y bien probadas. Es poco probable que la mayoría de los usuarios termómetros infrarrojos tenga que usar las fórmulas, pero conocerlas proporcionará una apreciación de la interdependencia de ciertas variables, y servirá para aclarar el texto anterior. Las fórmulas importantes son las siguientes:

1. **Ley de Kirchoff**
   Cuando un objeto está en equilibrio térmico, la cantidad de absorción será igual a la cantidad de emisión.

   $$a = e$$

2. **Ley de Stephan Boltzmann**
   Entre más caliente esté un objeto, más energía de infrarrojo emitirá.

   $$W = \epsilon\sigma T^4$$

3. **Ley de desplazamiento de Wien**
   La longitud de onda a la que se emite la máxima cantidad de energía se hace más corta conforme la temperatura aumenta.

   $$\lambda_{max} = 2.89 \times 10^3 \mu mK/T$$

4. **Ecuación de Planck**
   Describe la relación entre emisividad espectral, temperatura y energía radiante.

   $$W_\lambda = C_1 \epsilon_\lambda [\lambda^5 (\epsilon^{\lambda T} - 1)]^{-1}$$

   $$C_2$$

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TERMÓMETRO INFRARROJO

Un diseño básico termómetro de infrarrojo (IRT) incluye una lente para recolectar la energía emitida por el objetivo; un detector para convertir la energía en una señal eléctrica; un ajuste de emisividad para que coincida con la calibración IRT a las características de emisión del objeto a medir y un circuito de compensación a temperatura ambiente para asegurar que las variaciones de temperatura dentro del IRT, debido a los cambios ambientales, no se transfieran para la salida final.

Por muchos años, la mayoría de los IRT disponibles en el mercado seguían este concepto. Eran muy limitados en aplicación, y en retrospectiva no medían satisfactoriamente en la mayoría de los casos, aunque eran muy durables y adecuados para los estándares de la época. Tal concepto se ilustra en la Figura 4.

El moderno IRT está basado en este concepto, pero es más tecnológicamente sofisticado para ampliar el alcance de su aplicación. Las diferencias principales se encuentran en el uso de una mayor variedad de detectores; filtrado selectivo de la señal de IR; linealización y amplificación de la salida del detector y la provisión de salidas estándar finales como 4-20 mA, 0-10 VCC, etc. La Figura 5 muestra una representación esquemática de un IRT contemporáneo típico.

Quizás el avance más importante en la termometría de infrarrojo ha sido la introducción del filtrado selectivo de la señal IR entrante, que es posible por la disponibilidad de detectores más sensibles y amplificadores de señal más estables. Mientras los primeros IRTs requerían de una amplia banda espectral de IR para obtener una salida de detector viable, los IRTs modernos por lo general tienen respuestas espectrales de sólo 1 micra. La necesidad de tener respuestas espectrales seleccionadas y estrechas surge porque suele ser necesario ya sea ver a través de alguna forma de interferencia atmosférica u otra en el trayecto visual, o bien obtener una medición de un gas u otra sustancia que sea transparente para una amplia banda de energía IR.

Algunos ejemplos comunes de respuestas espectrales selectivas son de 8-14 micras, lo que evita la interferencia de la humedad atmosférica sobre mediciones de ruta larga; 7.9 micras que se utiliza para la medición de algunos plásticos de película delgada y 3.86 micras que evita la interferencia de CO_2 y vapor de H_2O en llamas y gases de combustión. La elección entre una respuesta espectral de longitud de onda más corta o más larga también está dictada por el rango de temperatura porque, como lo muestra la Ecuación de Planck, la energía pico cambia a longitudes de onda más cortas conforme la

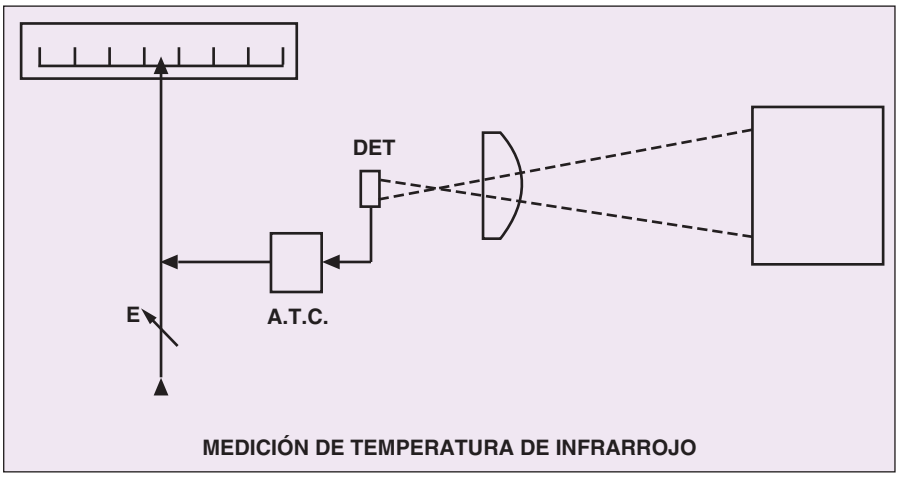


Figura 4

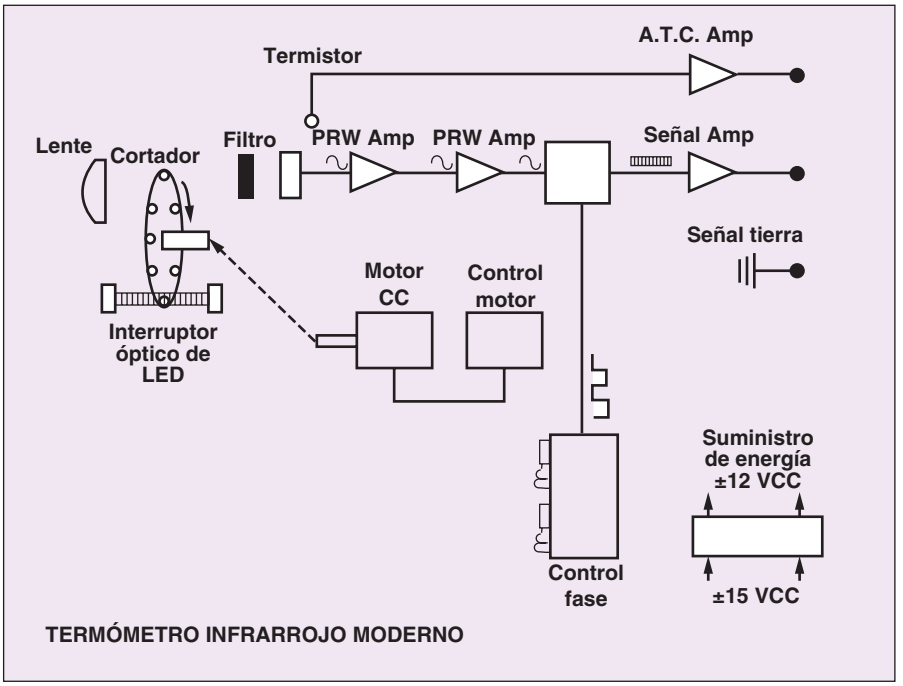


Figura 5

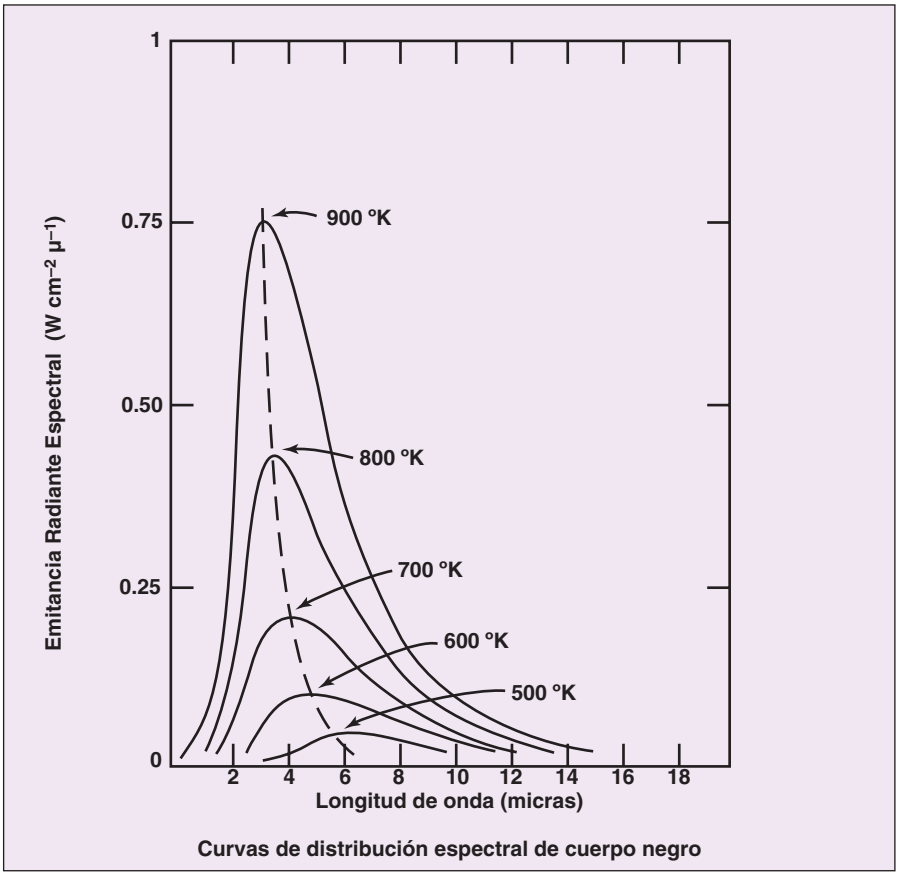


Figura 6

temperatura aumenta. El gráfico en la Figura 6 ilustra este fenómeno. Las aplicaciones que no exigen filtrado selectivo por las razones mencionadas anteriormente por lo general pueden beneficiarse de una respuesta espectral estrecha tan cercana a 0.7 micras como sea posible. Esto es porque la emisividad efectiva de un material es más alta a longitudes de onda más cortas y la precisión de los sensores con respuestas espectrales estrechas se ve menos afectada por los cambios en la emisividad de la superficie objetivo.

Será obvio, a partir de la información anterior, que la emisividad es un factor muy importante en la medición de la temperatura de infrarrojo. A menos que la emisividad del material a medir sea conocida y se incorpore a la medición, es poco probable que se obtengan datos precisos. Hay dos métodos para obtener la emisividad de un material: a) haciendo referencia a tablas publicadas y b) comparando la medición IRT con una medición simultánea obtenida por un termopar o termómetro de resistencia y ajustando la configuración de emisividad hasta que el IRT lea lo mismo. Afortunadamente, los datos publicados disponibles de los fabricantes de IRTs y algunas organizaciones de investigación son extensos, por lo que rara vez es necesario experimentar.

Como regla general, los materiales más opacos y no metálicos tienen una emisividad alta y estable en el rango de 0.85 a 9.0 y la mayoría de los materiales no oxidados metálicos tienen una emisividad de baja a media de 0.2 a 0.5, con excepción del oro, la plata y el aluminio, que tienen emisividades del orden de 0.02 a 0.04 y son, por tanto, muy difíciles de medir con un IRT.

Aunque casi siempre es posible establecer la emisividad del material básico a medir, una complicación surge en el caso de materiales que tienen emisividades que cambian con la temperatura, como la mayoría de los metales y otros materiales tales como el silicio y la cerámica de cristal individual de alta pureza. Algunas aplicaciones que presentan este fenómeno se pueden resolver usando el método de proporción de dos colores.

TERMOMETRÍA DE DOS COLORES-DE PROPORCIÓN

Dado que la emisividad juega un papel tan vital en la obtención de datos precisos de temperatura de termómetros infrarrojo, no es de sorprender que se hayan hecho intentos para diseñar sensores que midan esa variable de forma independiente. El más conocido y más comúnmente aplicado de estos diseños es el termómetro de proporción de dos colores. Esta técnica no es diferente a los termómetros infrarrojo descritos

Temperatura de infrarrojo Continuación

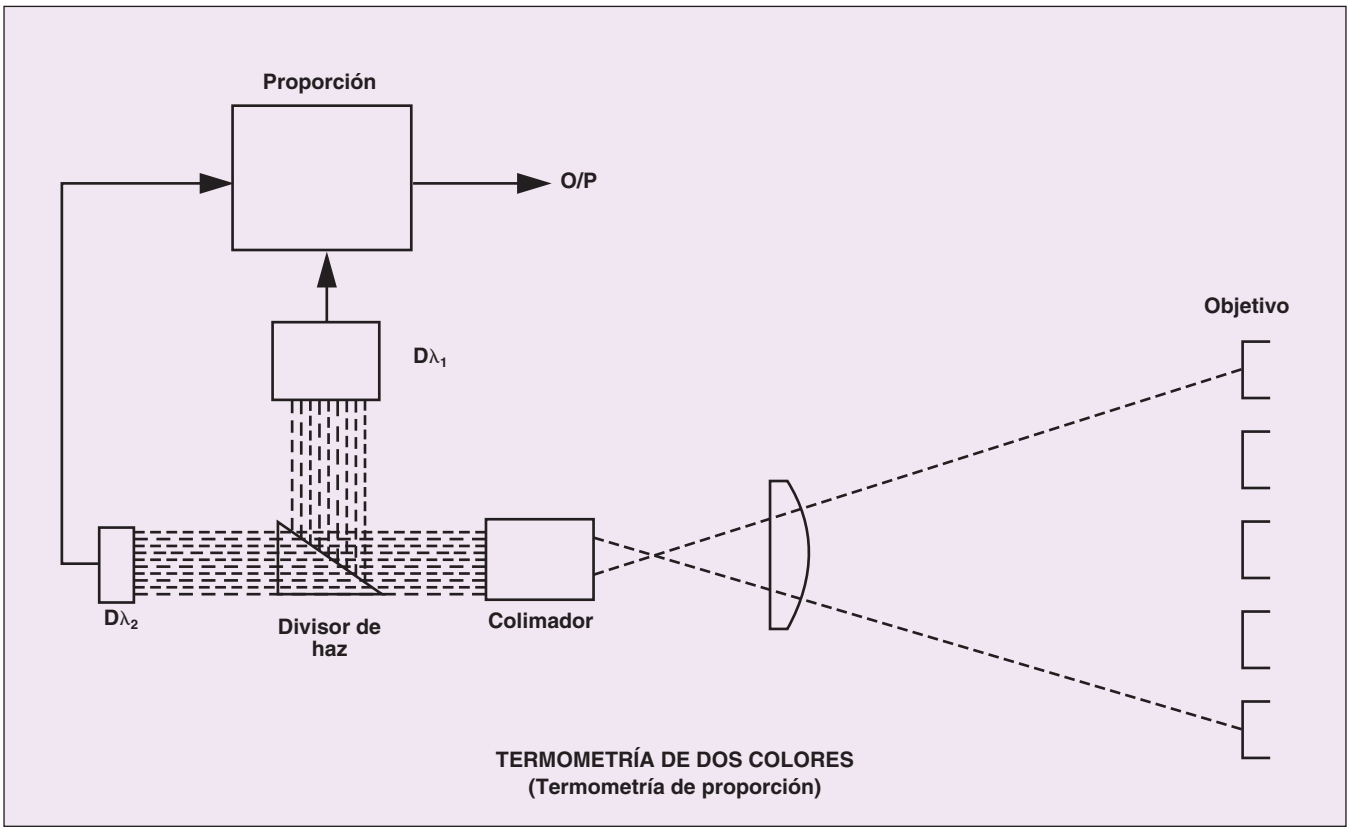


Figura 7

hasta ahora, pero mide la proporción de la energía infrarroja emitida desde el material a dos longitudes de onda, en lugar de la energía absoluta a una longitud de onda o banda de onda. El uso de la palabra "color" en este contexto es algo anticuado, pero no ha sido reemplazada. Tiene su origen en la antigua práctica de relacionar el color visible con la temperatura, de ahí "temperatura de color".

La base para la efectividad de la termometría de dos colores es que cualquier cambio ya sea en la propiedad de emisión de la superficie del material a medir, o en el trayecto visual entre el sensor y el material, será "visto" idénticamente por los dos detectores y así la proporción y por lo tanto la salida del sensor no cambiará en consecuencia. La Figura 7 muestra una representación esquemática de un termómetro de dos colores simplificado.

Dado que el método de proporción, en circunstancias prescritas, evitará las imprecisiones resultantes de la emisividad cambiante o desconocida, el oscurecimiento en el trayecto visual y la medición de objetos que no llenan el campo de visión es muy útil para resolver algunos problemas de aplicación difíciles. Entre estos se encuentran el calentamiento por inducción rápida de los metales, el quemado de temperatura de zona en hornos de cemento y las mediciones a través de ventanas que se oscurecen progresivamente, como la fusión al vacío de los metales.

Cabe señalar, sin embargo, que estos cambios dinámicos deben ser "vistos" idénticamente por el sensor en las dos longitudes de onda utilizadas para la proporción y este no siempre es el caso. La emisividad de todos los materiales no cambia igualmente en dos longitudes de onda diferentes. Los materiales que lo hacen se llaman "cuerpos grises". Los que no lo hacen se llaman "cuerpos no grises".

Tampoco todas las formas de oscurecimiento de trayecto visual atenúan las longitudes de onda de proporción igualmente. El predominio de partículas en el trayecto visual que son del mismo tamaño de micras que una de las longitudes de onda utilizadas obviamente desequilibrará la proporción. Los fenómenos que no son dinámicos por naturaleza, como la "propiedad de ser un cuerpo no gris" de un material, se pueden tratar polarizando la proporción, un ajuste conocido como "*pendiente*". Sin embargo, al ajuste de pendiente apropiado por lo general se debe llegar experimentalmente. Pese a estas limitaciones, el método de la proporción funciona bien en una serie de aplicaciones bien establecidas y en otros es la mejor solución, sino es la más preferida.

RESUMEN

La termometría de infrarrojo es una tecnología madura, pero dinámica, que se ha ganado el respeto de muchas industrias e instituciones. Es una técnica indispensable para muchas aplicaciones de medición de temperatura y el método preferido para algunas otras.

Cuando la tecnología es entendida adecuadamente por el usuario y todos los parámetros de aplicación pertinentes se consideran adecuadamente, por lo general resulta en una aplicación exitosa, siempre que el equipo se haya instalado cuidadosamente. Una instalación cuidadosa significa asegurar que el sensor sea operado dentro de sus límites ambientales especificados y que se hayan tomado las medidas adecuadas para mantener la óptica limpia y libre de obstrucciones. Un factor en el proceso de selección, al elegir un fabricante, debe ser la disponibilidad de accesorios protectores y de instalación, así como la medida en la cual estos accesorios permiten una rápida eliminación y sustitución del sensor para mantenimiento. Si se siguen estos lineamientos, el termómetro infrarrojo moderno funcionará con más confiabilidad que los termopares o termómetros de resistencia en muchos casos.

REFERENCIAS

1. **Darling, Charles R.**; *Pyrometry. A Practical Treatise on the Measurement of High Temperatures.* Publicado por E.&F.N. Spon Ltd. London. 1911.

Reproducido con autorización del autor, John Merchant, Gerente de Ventas, MIKRON INSTRUMENT COMPANY, INC.

Medición de temperatura sin contacto Teoría y aplicación

Walter Glockmann, Capintec Instruments, Inc.

La medición de temperatura sin contacto es la técnica preferida para mudanzas pequeñas u objetos pequeños inaccesibles, procesos dinámicos que requieren respuesta rápida y temperaturas de <1000 °C (1832 °F). Para seleccionar el mejor dispositivo de medición de temperatura sin contacto para una aplicación particular, es esencial comprender los fundamentos de la tecnología de medición de temperatura, los parámetros de la medición de temperatura y las características ofrecidas por los distintos sistemas de medición disponibles en la actualidad.

DEFINIENDO LOS TÉRMINOS

Temperatura. La temperatura es una expresión para la energía cinética de vibración de átomos y moléculas de la materia. Esta energía puede medirse por diversos fenómenos secundarios, por ejemplo, el cambio de volumen o presión, la resistencia eléctrica, la fuerza electromagnética, la carga superficial de electrones o la emisión de radiación electromagnética. Las escalas de temperatura más utilizadas son grados Celsius y Fahrenheit, que dividen la diferencia entre los puntos de congelación y ebullición del agua en 100 y 180 grados, respectivamente.

La escala termodinámica comienza en el cero absoluto, o 0 grado Kelvin, el punto en el que todos los átomos dejan de vibrar y no se disipa energía cinética.

0 K = –273.15 °C = –459.67 °F

Radiación infrarroja. El infrarrojo es esa porción del espectro electromagnético que se encuentra más allá de lo visible (azul a rojo, 0,4-0,75 µm) por el ojo humano. Longitudes de onda de infrarrojo se extienden desde 0.75 a 1000 µm, en donde las microondas más cortas (radar) comienzan. Debido a que la radiación infrarroja se genera predominantemente por el calor, se denomina radiación térmica.

Para el propósito de radiación de termometría, sólo porciones del espectro de infrarrojo son importantes. El espectro se divide con frecuencia en "ventanas atmosféricas" que proporcionan la máxima transmisión libre través de vapor de agua en el aire: 0.7-1.3 µm; 1.4-1.8 µm; 2.0-2.5 µm; 3.2-4.3 µm; 4.8-5.3 µm; 8-14 µm

Termómetro. La mayoría de los termómetros bien conocidos, por ejemplo, el cristal de lámpara de mercurio o alcohol, el termopar o un termómetro de resistencia, deben ser colocados en contacto directo con la fuente de temperatura. Su rango de medición es útil -100 °C a 1500 °C.

Termómetro de Radiación. Este termómetro sin contacto determina la temperatura de la superficie de un objeto mediante la interceptación y medición de la radiación térmica que emite.

Emisividad. Esta calidad define la fracción de radiación emitida por un objeto en comparación con la emitida por un radiador perfecto (cuerpo negro) a la misma temperatura. La emisividad es determinada en parte por el tipo de material y su estado de superficie y puede variar desde cerca de cero (por un espejo altamente reflectante) a casi 1 (para un simulador de cuerpo negro). La emisividad se utiliza para calcular la verdadera temperatura de un objeto a partir de la luminosidad o radiación espectral medidos. Debido a que la emisividad de un objeto también puede variar con la longitud de onda, un termómetro de radiación con respuesta espectral de regiones correspondientes de alta emisividad se debe seleccionar para una aplicación específica. Los valores de emisividad se enumeran en la bibliografía para una variedad de materiales y bandas espectrales, de igual manera estos valores pueden determinarse empíricamente.

Pirómetro de brillo o de un solo color. Estos dispositivos miden y evalúan la intensidad o brillo, de la radiación térmica interceptada. La intensidad o, más generalmente, la radiación espectral, se mide en una banda de longitud de onda estrecha del espectro térmico. La selección de banda se dicta por el rango de temperatura y el tipo de material a ser medido.

Los pirómetros de brillo más antiguos comparaban el brillo óptico en el espectro visible (rojo) a 0,65 µm, haciendo coincidir el objeto brillante a un filamento caliente que "desaparece." El término "de un solo color" se deriva de la banda de longitud de onda estrecha y única de color rojo visto por el usuario. Los instrumentos sensibilizados para medir en la región infrarroja también son llamados pirómetros de radiación espectral o termómetros de radiación espectral.

Pirómetro de proporción/dos colores. Este termómetro de radiación mide temperaturas sobre la base de dos (o más) longitudes de onda discretas. La relación de los brillos en longitudes de onda separadas corresponde al color en el espectro visible. El uso de dos colores distintos, visibles - típicamente

Tabla 1: Instrumentos de medición de temperatura en línea

TEMPERATURA BAJA	TEMPERATURA ALTA
Propósito general 0 a 500 °C (30 a 1000 °F) Termómetros de radiación de banda ancha de 8-14 µm • Detector de pila termoeléctrica • Resolución óptica: 4 mm de blanco (15:1 índice-D) • Tiempo de respuesta: 0.5 segundos • Ajuste de emisividad • Salida analógica (mv/°C, mV/°F)	**Propósito general** 400 a 2000 °C (750 a 3600 °F) Termómetros de radiación de banda espectral angosta (0.7-1.1 µm; 0.9-1.9 µm) • Detectores fotoeléctricos de estado sólido (Si, Ge) • Resolución óptica de 1 mm de blanco (60:1 índice-D) • Tiempo de respuesta: 3 microsegundos • Ajuste de emisividad • Salida análogica (mV°C, mV/°F)
Rangos de temperatura extendida -30 °C a 800 °C (-20 °F a 1500 °F) Termómetros de alta estabilidad de 8-14 µm • Detector piroeléctrico • picador estabilizado para compensar los cambios rápidos en la temperatura ambiente • Resolución óptica: 3 mm de diámetro. (30:1 índice-D) • Tiempo de respuesta: 50 microsegundos • Salida análogica de 4-20 mA	**Aplicaciones complejas y de alta estabilidad** 300 a 2500 °C (600 a 4500 °F) Termómetros de radiación de banda espectral angosta para vidrio y/o por gas caliente (3.9 µm) • Para superficies de vidrio (5.0 µm) • Para gases de combustión (4.2, 4.5, 5.3 µm) • Detector piroeléctrico • Picador estabilizado • Resolución óptica: 1 mm de blanco (100:1 índice-D) • Tiempo de respuesta: 30 microsegundos • Salida análogica de 4-20 mA
Aplicaciones complejas y de alta precisión 50 °C a 800 °C (-60 °F a 1500 °F) Termómetros de radiación de banda espectral angosta • Para capas finas de plástico con bandas de absorción de CH (3.4 µm; 6.8 µm) • Para capas de poliéster/fluorocarbono (8.0 µm) • Para cerámica y vidrio delgado (7.8 µm) • Resolución óptica: 1.5 mm de diámetro. (100:1índice-D)	**Proporción de dos colores de alta velocidad** 150 a 2500 °C (300 a 4500 °F) bandas espectrales angostas (0.8/0.9 µm; 2.1/2.4 µm) • fluctuaciones de emisividad de gran medida independiente y / o disturbios de trayectoria de vista • compensación automática para objetivos en movimiento • revisión de calibración interna
Alto rendimiento programable -100 a 2500 °C (-150 a 4500 °F) con condicionamiento de señal integrado y computación digital, elecciones de bandas espectrales amplias o angostas entre 2 µm y 20 µm • Interfaz bidireccional digital RS232 • max./min./diferencial/funciones de retención • Temperaturas de ambiente programables • Elección de vista a través del lente, LED, o láser	

Medición de temperatura sin contacto Continuación

rojo y verde - ha sido popular por mucho tiempo para inferir temperaturas de color. Más recientemente, el término se ha ampliado a partir de su uso inicial para incluir longitudes de onda en el infrarrojo. La ventaja de la relación de medición es que las lecturas de temperatura son en gran medida independientes de las fluctuaciones de emisividad y/o de oscurecimientos en la trayectoria de la vista. La técnica es generalmente utilizada para temperaturas que están por encima de la incandescencia (700 °C, 1300 °F), pero las mediciones abajo de 200 °C (400 °F) también son posibles.

PARÁMETROS DE MEDICIÓN

Los módulos avanzados de procesamiento de señal óptica y electrónica extienden en gran medida las capacidades de precisión y el rendimiento de medición de temperatura sin contacto. Para el control de procesos, las interfaces estandarizadas que están disponibles proporcionan salidas de señal acondicionadas optimizadas para aplicaciones específicas.

DETECCIÓN DE RADIACIÓN

Ajuste de emisividad. La precisión de la lectura de temperatura depende del ajuste correcto del instrumento a la emisividad del objetivo. Los valores de emisividad predefinidos se pueden utilizar para sensores en línea para monitorizar objetivos de emisividad constante. Las mediciones en aquellos materiales con cambio de emisividades requieren un ajuste de emisividad exacta y reproducible.

Temperatura del área circundante. La radiación térmica de destino siempre contiene radiación desviada emitida por el medio ambiente que rodea el área de destino y es reflejada por la superficie del objetivo. En la práctica, la temperatura ambiente se presume con frecuencia ser la misma que la temperatura del sensor. Si el objetivo está expuesto a un ambiente térmico diferente, por ejemplo, dentro de un horno calentado, en el interior de una cámara de enfriado o al aire libre frente a la intemperie, los ajustes son necesarios para una medición exacta. Los sensores separados para la zona que rodea el objetivo pueden ser utilizados para el cálculo automático de la temperatura.

Oscurecimiento en la ruta de la vista. Los gases de vapor de agua, el polvo y otros aerosoles en la ruta de vista de un sensor pueden afectar la lectura de temperatura. Utilizar una de las "ventanas atmosféricas" en la región infrarroja reduce considerablemente los errores de medición. Puesto que ambos canales ópticos están igualmente atenuados, la proporción de pirómetros es generalmente inmune al oscurecimiento de la ruta de la vista y la proporción de señal de color no se afecta.

Derivación de temperatura ambiente. Por la naturaleza de su diseño, los detectores de radiación son fuertemente afectados por los cambios de temperatura ambiente. Para mantener una alta precisión de la medición, se requiere la compensación de la derivación de temperatura. La derivación de temperatura se especifica en el error/°C o error/°F de cambio de la temperatura ambiente.

SISTEMAS ÓPTICOS

Óptica. La óptica reflectante (espejo) y de refracción (lentes) se utilizan en los sensores de temperatura sin contacto para aislar y definir la radiación del objetivo medido.

Campo de vista. El campo de vista (CDV) se expresa en grados de ángulo sólido o en radianes. El campo de visión permite un cálculo fácil del tamaño de la meta mínima para cada distancia de trabajo. Una medida conveniente es la relación de distancia al objetivo, por ejemplo, 20:1, lo que indica un objetivo mínimo de 1 en 20 en una distancia de medición.

Enfoque en el objetivo. La óptica en los sensores de temperatura sin contacto es generalmente del tipo de foco fijo. Centrándose en las distancias de medición ya no es necesario si el área de destino es más pequeña que la abertura de entrada (diámetro del lente) del instrumento.

Objetivos pequeños. Para objetos miniatura, se utiliza óptica de foco fijo de cerca, y se especifica el tamaño de destino mínimo. Los objetivos muy pequeños como 0,5 mm se pueden aislar.

Fibra óptica. La fibra óptica permite una separación física del montaje del lente del procesamiento de señal y del detector de electrónicos en espacios reducidos o en entornos hostiles. El rango de medición útil de la fibra óptica comienza a 400 °C (750 °F). Las áreas de objetivo mínimo son como se definieron anteriormente.

Escaneo del objetivo. Los espejos de superficie reflejantes se utilizan para cambiar el ángulo de visión del sensor de medición si la visión directa es difícil o poco práctica. Un espejo oscilante puede emplearse para desviar la radiación interceptada y para escanear un perfil de temperatura predeterminado a través de un área de objetivo. Una secuencia de los perfiles de temperatura escaneadas tomada en intervalos espaciales preestablecidos sobre el objetivo se puede mostrar como una imagen térmica o en la forma de un mapa térmico.

Apuntar al objetivo. Se utiliza una variedad de técnicas ópticas con sensores de temperatura sin contacto:

- Vistas simples de la mira y ranura del arma
- Visores ópticos integrados o desmontables
- Observación a través del lente
- Marcadores de luz integrados o desmontables o vista integrada a través del lente

PROCESAMIENTO DE SEÑAL

Salida directa. Los sensores de temperatura sin contacto convierten la radiación térmica interceptada en una señal eléctrica proporcional a la radiación espectral emitida desde la superficie del objetivo.

Tabla 2: Instrumentos de medición de temperatura en línea

TEMPERATURA BAJA	
Propósito general 0 a 500 °C (30 a 1000 °F) ancho de banda de 8-14 µm • Detector de pila termoeléctrica • Resolución óptica: 4 mm de diámetro (15:1 índice-D) • Ajuste de emisividad • Valor máximo/mínimo **Estabilidad alta** -30 a 800 °C (-30 a 1500 °F) 8-14 µm • Detector piroeléctrico • Picador estabilizado • Elección de óptica	**Rangos de temperatura extendida** -50 a 1400 °C (-60 a 2550 °F) 8-14µm Con condicionamiento de señal integrado • Resolución óptica: 32 mm de objetivo (30:1 índice-D) • Recolección de datos • Funciones de promedios/picos/valles • Salida digital RS232 **Sensor miniatura** -50 a 500 °C (-60 a 1000 °F) 8-14 µm Con sensores intercambiables para distancias largas o aplicaciones para objetivos pequeños • Pantalla grande LCD • Condicionamiento de señal max./min./ differencial/retención de señal • Resolución óptica: 2.5 mm de diámetro. (7:1 índice-D) • LED o láser para apuntar el objetivo
TEMPERATURA ALTA	
Propósito general 250 a 2500 °C (500 a 4500 °F) Termómetros de radiación de banda ancha (0.65 µm; 0.7-1.1 µm; 0.9-1.9 µm) • Detectores fotoeléctricos de estado sólido (Si, Ge) • Resolución óptica de 0.9 mm diámetro. (250:1 índice-D)	**Pirómetro de dos colores de alta precisión** 650 a 2500 °C (1200 a 4500 °F) sde bandas espectrales 0.8/0.9 µm • fluctuaciones de emisividad de gran medida independiente y / o disturbios de trayectoria de vista • compensación automática para objetivos en movimiento

Salida linealizada. Una red electrónica convierte la señal de radiación térmica en una corriente/tensión eléctrica proporcional a la temperatura

Muestra y retención. La lectura de la temperatura momentánea seleccionada por un disparador externo se lleva a cabo (congelado) hasta que sea reemplazada por un nuevo valor en el siguiente ciclo de muestreo.

Valor máximo o pico de retención. Se muestra la lectura de temperatura más alta durante el período de medición específico. El reinicio se activa por una señal externa.

Valor mínimo o valle de retención. Se muestra la lectura de temperatura más baja durante un período de medición específico. El reinicio se activa por una señal externa.

Pico a pico. Se muestra la diferencia entre las lecturas de temperatura máxima y mínima durante un período de medición específico.

Velocidad de respuesta. Es necesario un tiempo corto de respuesta para seguir rápidamente los procesos dinámicos de cambio de temperatura. Un tiempo de respuesta largo integra todas las variaciones de señal durante un período específico de medición y mejora la resolución de temperatura de modo a obtener el promedio de los valores cambiantes o a mejorar la precisión de la medida.

Gatillo automático (función de onda). La lectura de temperatura más alta se detecta y se muestra. El restablecimiento es desencadenado automáticamente cuando la señal llega a un umbral ajustable, pero el último valor máximo se mantendrá en la pantalla hasta que sea sustituido por el siguiente valor de pico. Esta técnica es adecuada para la rápida toma de muestras y un análisis de los valores intermitentes, sin el uso de señales de disparo externas.

Alarmas. Una señal de salida (relé) se activa cuando la señal llega a un valor de temperatura preestablecido. Generalmente se proporcionan dos puntos de ajuste independientes - HI/LO -.

ACCESORIOS

Cubiertas de agua enfriable. La refrigeración por agua extiende la temperatura ambiente del rango del sensor hasta 400 °C (752 °F) o más.

Accesorios de purga de aire. Los cañones de los lentes o adjuntos con conexiones para aire comprimido están diseñados para dirigir un flujo de aire limpio a través de la superficie del lente. Mantienen las rutas de visión óptica libre de vapores, humos y polvo.

Calibradores de cuerpo negro. Las cavidades profundas controladas a una temperatura distribuida homogéneamente sirven como simuladores de cuerpo negro para la calibración de termómetros de radiación.

Para acomodar la variedad de instrumentos, que proporcionan una abertura efectiva de ~ 1 pulgada (25 mm) y están optimizados para su gama de temperaturas de funcionamiento:

- Baño de agua agitado: 30 a 100 °C (86 a 212 °F)
- Núcleo de aluminio: 50 a 400 °C (122 a 752 °F)
- Núcleo de acero inoxidable: 350 a 1000 °C (662 a 1832 °F)
- Calibrador Portátil de campo, funciona con pilas: opciones de temperatura fija de 40 °C-100 °C (104-212 °F)

¿EN LÍNEA O PORTÁTIL?

Instrumentos en línea. Estos dispositivos se utilizan generalmente para el monitoreo continuo de proceso y control. Están disponibles en los modelos de temperatura baja y alta, cada uno con sus propias especificaciones de operación (ver Tabla 1).

Los instrumentos portátiles. Suelen favorecer los controles de proceso, mantenimiento preventivo/predictivo, encuestas termales, R & D y la monitorización temporal de temperatura. Las versiones de alta y baja temperatura difieren en el rendimiento, como se muestra en la Tabla 2.

APLICACIONES

El éxito de las aplicaciones de los instrumentos de medición de temperatura sin contacto portátiles y en línea se resume en la Tabla 3.

Reproducido con permiso de Capintec, Inc.

Tabla 3: Medición de temperatura en control de proceso

APLICACIONES EXITOSAS	EN LÍNEA			PORTÁTILES		
	R	H	L	R	H	L
Horno de cemento zonas en llamas, precalentadores	X	X		X	X	
Conservación de energía estudios de aislamiento y flujo de calor, la cartografía térmica			X			X
Filamentos temperatura de hibridación, dibujo, tratamiento de calor	X			X		
Comida hornear, procesamiento de caramelo de chocolate, enlatado, congelado, fritura, mezclado, envasado, asado			X			X
Hornos llamas, tubos de calderas, fuegos catalíticos	X	X		X	X	
Vidrio dibujo, bombillas de fabricación/producción, los contenedores, tubos de televisión, fibras	X	X	X	X	X	X
Mantenimiento aparatos, los rodamientos, sobrecargas de corriente, ejes de conducción, de aislamiento, líneas eléctricas, detección de fugas térmicas			X			X
Metales (ferrosos y no ferrosos) hibridación, extrusión, soldadura fuerte, carbonización, fundición, forja, el tratamiento térmico, calefacción inductiva, trenes de laminación, sinterización, fundición	X	X		X	X	
Control de calidad tarjetas de circuitos impresos, soldadura, uniones universales, soldadura, metrología	X	X	X	X	X	X
Pintura curado, secado			X			
Papel recubrimiento, secado de la tinta, impresión emulsiones fotográficas, perfiles web			X			X
Plástico soplado, RIM, extrusión de la capa, hoja de termoformado, moldeo			X			X
Teledetección (mapa térmico) nubes, superficies de tierra, lagos, ríos, carreteras, encuestas volcánicas			X	X		X
Caucho calandrado, fundición, moldeo, neumáticos de perfil de extrusión, guantes de látex			X			X
Silicio cristal en crecimiento, filamento/fibra, hibridación de pastillas, deposición epitaxial	X		X	X		X
Textil curado, secado, fibras, hilatura			X			X
Cámaras de vacío refinación, proceso, deposición	X			X		

R = Proporción/Dos colores H = Alta temperatura L = Baja temperatura

Termómetros infrarrojo portátiles para todas las aplicaciones

La serie OS520E /OS530E de termómetros infrarrojos portátiles de OMEGA se adapta a prácticamente todas las aplicaciones de medición de temperatura a distancia. Estos instrumentos universales combinan las características que se encuentran en muchas unidades especializadas en un diseño de alto rendimiento. Montaje robusto y técnicas de medición del estado del arte son una parte integral de estas herramientas de medición de temperatura confiables y portátiles.



MEJORANDO LA PRECISIÓN DE MEDICIÓN

Seleccionar modelos de la serie OS520E/OS530E con rangos de temperatura desde -18 a 2482 °C (0 a 4500 °F).Las lecturas de temperatura son conmutables desde °C a °F a través del teclado. La precisión de lectura es de 1%. Esta precisión se obtiene a través de un ajuste de emisividad exclusivo del teclado. El operador coloca la pistola de infrarrojos para que coincida con la emisividad del material de objetivo (0.10 a 1.00 en incrementos de 0,01) eliminando así el error de emisividad del objetivo.

Las unidades tienen puntería estándar con ranura "V" para una mejor precisión al apuntar hacia el objetivo. La puntería con láser es una opción disponible. Las distancias a objetos medibles van desde unos pocos centímetros hasta aproximadamente 200' (limitadas por la línea de visión y el tamaño del objetivo).

Para asegurar al operador que el objetivo llena el campo de visión, se suministran diagramas de campo de visión de cerca y de lejos con cada unidad y todos los instrumentos están etiquetados con un gráfico de la distancia en relación al tamaño del punto focal. La relación entre la distancia y el tamaño del punto focal va de 10:1 a 110:1, dependiendo del modelo.

LOS RECURSOS DE PROGRAMACIÓN Y LA EXHIBICIÓN VERSÁTIL

La pantalla LCD con luz de fondo y personalizada proporciona una presentación de parámetros dobles. Cuando la unidad se enciende, se muestran los ajustes de emisividad. La temperatura del objetivo se muestra a continuación, de forma simultánea ya sea mínima, máxima, diferencial o promedio, conforme se haya seleccionado por el operador.

La memoria no volátil asegura que todos los parámetros establecidos, tales como la emisividad del material del objetivo, los puntos de ajuste de alarma, etc., permanezcan en la memoria hasta una redefinición.

Una función de bloqueo electrónico en los conjuntos de teclado del panel de control inicia un mecanismo de disparo para mediciones continuas. Con el disparador programado en la posición de bloqueo, el instrumento lee y muestra los datos de temperatura hasta 4 veces por segundo. El disparador electrónico también se utiliza para activar/desactivar funciones especiales como alarmas sonoras/visuales.

SALIDAS ANALÓGICAS Y DIGITALES PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS

Las salidas analógicas y digitales están disponibles para grabación y procesamiento de datos. La salida analógica es 1 mV/°C o °F (0,5 mV/grados para OS524E); la interfaz de salida digital es RS232.

Las alarmas audibles y visibles altas y bajas indican puntos de ajuste de temperatura predefinidos.

Termómetros infrarrojo portátil para todas las aplicaciones *(continuación)*

RECURSOS DE ENTRADA PARA TERMOPAR

Los termómetros de la serie OS530E disponen de una entrada para termopar, lo que permite la medición de temperatura del objetivo, ya sea con o sin contacto.

DISEÑO FUNCIONAL Y RESISTENTE DE FÁCIL USO

Para seguridad y un facilidad de transporte, se suministra una funda blanda correa con cada termómetro infrarrojo. Fundas de caucho encapsulan el lente y la pantalla para asegurar la integridad mecánica durante manipulación brusca o golpes mecánicos.
La serie OS520E/OS530E posee una pantalla con teclado impermeable. El embalaje exclusivo y el diseño original proporcionan facilidad de manejo y una operación conveniente del gatillo. La opción de puntería láser garantiza la precisión adicional para la definición y adquisición del objetivo.

SOLUCIONADOR UNIVERSAL DE PROBLEMAS

Los termómetros infrarrojos portátiles son ideales para aplicaciones donde se requieren mediciones de temperatura sin contacto. Ejemplos típicos incluyen objetos en movimiento, materiales en zonas contaminadas o peligrosas y locales de alto voltaje o temperatura muy alta. En cada uno de esos ambientes son obtenidas mediciones precisas y repetibles a una distancia segura utilizando los termómetros infrarrojos OS520E/OS530E.

EJEMPLOS DE APLICACIONES DIVERSAS

Ejemplo 1:
Previsión y prevención de fallas en el proceso
AAlgunas instalaciones de procesamiento y manufactura, tales como plantas químicas y petroquímicas, utilizan válvulas solenoides para controlar funciones críticas. Los solenoides son a menudo inaccesibles y difíciles de ser probados. Los ingenieros de proceso saben que un desplazamiento hacia arriba de la temperatura del solenoide es indicativo de un fallo de funcionamiento inminente. Los termómetros OS520E/OS530E portátiles se utilizan para detectar remotamente la temperatura de los compartimientos del solenoide. Al utilizar el sistema de alarma sonora y visual del instrumento, un cambio de temperatura de una norma preestablecida hace que una señal sea emitida para el operador. Se identifica la válvula solenoide sospechosa y se reemplaza antes de que ocurra una falla crítica en el proceso.

Ejemplo 2:
Realización de una auditoría de energía
Se requiere una ingeniería de mantenimiento y de fábrica para reducir los costos de calefacción de los edificios mediante la localización de espacios vacíos en el aislamiento de la pared. Variaciones en las temperaturas de pared indican áreas de aislamiento impropio. La serie OS520E/OS530E mide las temperaturas de la pared para identificar áreas de fugas de calor.
Un recurso único de compensación de temperatura ambiente del objetivo permite la medición precisa de la temperatura del objetivo (pared).
Los datos son descargados en una computadora para el mapeo de los gradientes de temperatura de la pared.

Ejemplo 3:
Identificación de los objetivos de prueba permanentes
Ingeniería debe determinar si un proceso justifica la monitorización permanente de temperatura. Grandes variaciones en la temperatura del proceso indican la necesidad de controles más estrictos. Los termómetros de la serie OS520E/OS530E son montados en un trípode para la evaluación preliminar del proceso (el montaje integral en trípode es estándar). Las temperaturas se miden y se actualizan automáticamente utilizando una función de bloqueo del disparador. Los datos pueden ser transmitidos a una grabadora o una computadora para la evaluación. La necesidad de un control permanente de temperatura se evalúa utilizando los datos previamente analizados.

Ejemplo 4:
Prevención contra contaminación
Muchos procesos de la industria de alimentos son sensibles a los límites y variaciones de temperatura. Mantener rígidos controles de temperatura de proceso, conserva, envase o congelación de alimentos es fundamental para evitar su deterioro y para asegurar la eliminación de contaminantes.
La colocación de dispositivos de medición de temperatura dentro de la comida no se recomienda debido a la posible introducción de impurezas y contaminantes. Se requiere de un instrumento que indique la temperatura a distancia. La serie OS520E/OS530E de termómetros infrarrojos portátiles toman lecturas precisas de temperatura sin contacto directo con alimentos o material de embalaje. El instrumento es adaptable a una instalación temporal o permanente. Las mediciones intermitentes se llevan a cabo utilizando la configuración de mano. Una instalación permanente se establece utilizando el trípode y las capacidades de descarga/grabación de datos.

APOYO DE INGENIERÍA

Se proporcionan aplicaciones ilimitadas y soporte del sistema por parte del personal de OMEGA. Petroquímica, productos farmacéuticos, producción de acero, procesamiento de alimentos, fabricación de papel y pruebas de laboratorio son sólo algunos de los sectores en los que las aplicaciones OMEGA y el personal de sistemas están actualmente prestando estrecha atención al cliente.

LÍDER DE LA INDUSTRIA *ALL-IN-ONE*

La serie OMEGA™ OS520E/OS530E de termómetros infrarrojos portátiles responde a la necesidad de un instrumento de medición de temperatura remota integral. Los recursos exclusivos, tales como la compensación del objetivo de temperatura ambiente, el seguro electrónico del gatillo, conjunto de emisión ajustable, la entrada de termopar y las alarmas sonoras/visuales aseguran lecturas precisas y fiables. La serie OS520E/OS530E tiene precios competitivos, está fabricada y probada en los Estados Unidos y está aprobada por CE para el mercado europeo.

ESPECIFICACIONES FRECUENTES

Repetibilidad: ± (1% de lectura + 1 dígitos)

Resolución: 1 °C o 1 °F

Tiempo de respuesta: 250 a 500 microsegundos

Pantalla: LCD con luz de fondo, muestra la temperatura actual, mínima, máxima, diferencial o promedio simultáneamente

Respuesta espectral: 8 a 14 micras

Emisividad: 0.10 a 1.00 en incrementos de 0,01

Distancia a proporción del tamaño del objetivo: De 10: 1 a 110: 1, dependiendo del modelo

Rango de temperatura: -18 a 2482 °C (0-4500 °F)

Ambiente operativo: 0 a 50 °C (32 a 122 °F)

Potencia: 4 baterías tamaño "AA" o el adaptador CA incluido

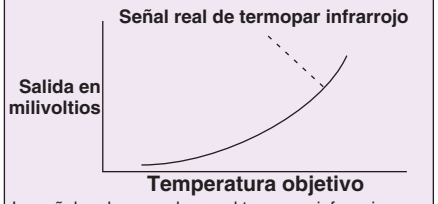
Vida de la batería: 60 hrs., alcalina; 10 días, de litio en un funcionamiento normal

Principios de los termopares infrarrojos

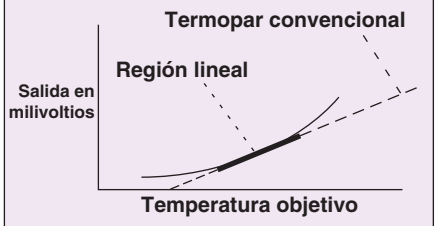
INTRODUCCIÓN

IRt/c TERMOPARES INFRARROJOS – UNA NUEVA Y REVOLUCIONARIA TECNOLOGÍA DE SENSORES DE TEMPERATURA

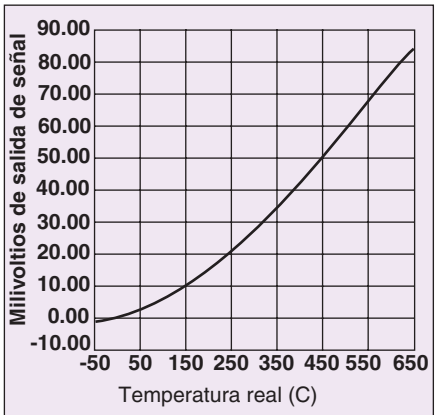
La línea de productos de termopares infrarrojos representa un avance espectacular en la tecnología de sensores de temperatura. Los sensores termopares infrarrojos no tienen motor, son de bajo costo y pueden medir temperaturas superficiales de los materiales sin tocarlos. Se pueden instalar directamente en los controladores de termopares convencionales, PLCs, en transmisores y otros dispositivos de lectura.



La señal real generada por el termopar infrarrojo se puede aproximar a una función polinominal de cuarta orden de la temperatura objetivo. Esta cuarta dependencia de energía se debe a la física de la radiación y no a una limitación de los termopares infrarrojos.



La región lineal coincide con el termopar convencional en una tolerancia especificada



La serie OS36-K-80 tiene su rango lineal de 2% centrado en 80 ºF (27 ºC), pero produce una señal repetible a 1200 ºF (650 ºC).

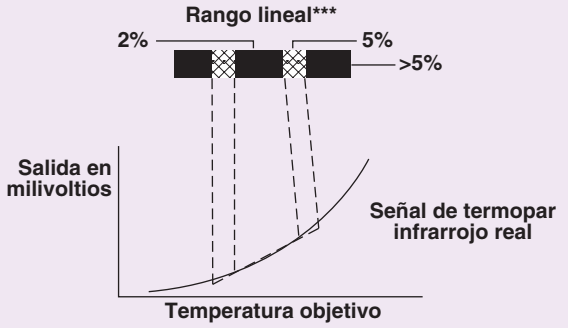
¿Cómo medir la temperatura?

Todos los termopares infrarrojos tienen un sistema de detección infrarrojo patentado que recibe la energía del calor irradiado por los objetos que están dirigidos al sensor, y convierte el calor pasivamente a un potencial eléctrico. Se produce una señal de milivoltios, que está escalada dimensionada para las características deseadas del termopar.

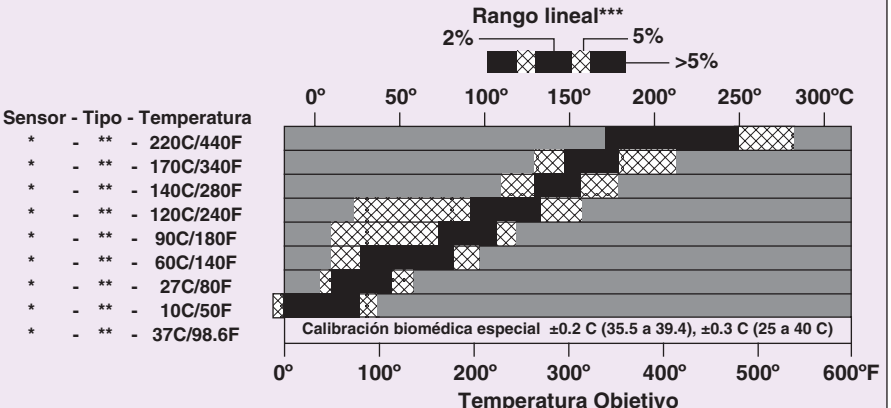
Dado que todos los termopares infrarrojos son dispositivos con alimentación propia y dependen sólo de la radiación infrarroja entrante para producir la señal a través de efectos termoeléctricos, la señal sigue las reglas de la física térmica de radiación y estará sujeta a las no linealidades inherentes al proceso.

Sin embargo, en un rango de temperaturas, la salida termopar infrarrojo es suficientemente lineal para producir una señal que puede ser intercambiada directamente para una señal de un termopar convencional. Por ejemplo, especificar una correspondencia de 2% de linealidad del termopar resulta en un rango de temperatura en la cual el termopar infrarrojo producirá una señal dentro del 2% del termopar convencional operando en ese rango. Especificar el 5% producirá una gama algo más amplia, etc.





Guía de selección de temperatura



*** Seleccione OS36, OS36-2 u OS36-5**

**** Seleccione el tipo J, K, E, T**

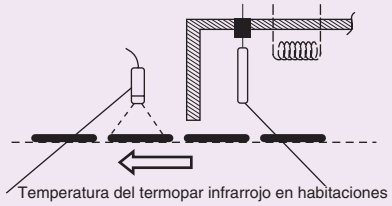
***** El rango de temperatura en el cual la salida de termopar infrarrojo es lineal comparada con el termopar convencional, dentro del % establecido (de lectura)**

Cada modelo de termopar está diseñado específicamente para un rendimiento óptimo en la región de mejor ajuste lineal con los termopares convencionales, pero también pueden ser utilizados fuera de esos rangos simplemente calibrando el dispositivo apropiado de lectura. La señal de salida es estable y continua a lo largo de todo su rango de temperatura nominal y mantiene el 1% de repetición en todo su rango.

La ***Guía de selección de temperatura*** (en la página 81) es un resumen del rendimiento de su rango lineal de cada modelo de termopar infrarrojo. El usuario selecciona el modelo de termopar infrarrojo y el tipo y rango de temperatura objetivo para la aplicación. Los ajustes de compensación normales en el dispositivo del termopar de lectura se utilizan para calibrar la instalación de emisividad y los efectos de fondo.

¿Qué tan confiables son estos nuevos dispositivos?

La capacidad del dispositivo de medición para mantener su calibración en condiciones de servicio es de interés fundamental en el control de la temperatura, y durante un largo período de tiempo. El termopar infrarrojo tiene una potencia de1% (de la lectura) de repetitividad y no tiene un plazo largo de medición de cambio de calibración, que hace que sea muy adecuado para el control de temperatura fiable. Estos atributos son inherentes al diseño básico y de construcción de cada termopar infrarrojo.



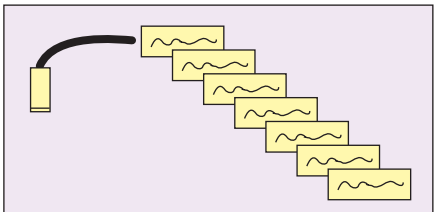
Temperatura del termopar infrarrojo en habitaciones

Sensores de temperatura en la temperatura del producto

Un termopar convencional que funciona a temperatura elevada está sujeto al desvío a largo plazo, mientras que el termopar infrarrojo operando a temperatura ambiente es estable.

La repetitividad se define como la capacidad de un dispositivo de medición para reproducir su calibración en condiciones idénticas. El termopar infrarrojo es un sistema sólido herméticamente sellado y con un revestimiento reforzado que no cambia, ya sea mecánica o metalúrgicamente, durante el tiempo de servicio. No hay componentes electrónicos activos y ninguna fuente de energía para producir la señal, solo los efectos termoeléctricos que producen una señal de termopar. La clasificación del 1% es un valor conservador basado en la dificultad práctica de demostrar tolerancias más estrictas en condiciones de prueba, en lugar de una verdadera limitación del dispositivo.

La precisión a largo plazo se ve influida por las mismas cosas que influyen en la repetitividad: cambios mecánicos y cambios metalúrgicos. Es bien sabido que los termopares pueden cambiar de calibración con el tiempo debido a estos efectos. Los cambios mecánicos se producen porque los termopares convencionales se construyen generalmente lo más pequeño y ligero como sea posible para mejorar el tiempo de respuesta, lo que los hace vulnerables a las deformaciones que pueden cambiar las propiedades termoeléctricas. Más importante aún, el



El termopar infrarrojo da lecturas estáticas y dinámicas repetibles

termopar convencional debe funcionar a temperatura elevada ya que sólo mide su propia temperatura.

Los cambios metalúrgicos que afectan las propiedades termoeléctricas son una función fuerte de temperatura, son insignificantes a temperatura ambiente y de grave preocupación a temperaturas altas.

El termopar infrarrojo resuelve ambos problemas por su diseño y funcionamiento básico. Su sólida construcción completamente conservada en una carcasa de acero inoxidable mecánicamente rígida y el funcionamiento en condiciones próximas a la temperatura ambiente, esencialmente elimina los problemas de desvío clásicos de termopares convencionales. Cada termopar infrarrojo es doblemente recocido a temperaturas superiores a 100 °C para asegurar la estabilidad a largo plazo y probado 5 veces antes de empaquetado. Salvo un pequeño porcentaje de fracaso, el termopar infrarrojo tiene una exactitud de calibración a largo plazo prácticamente ilimitada.

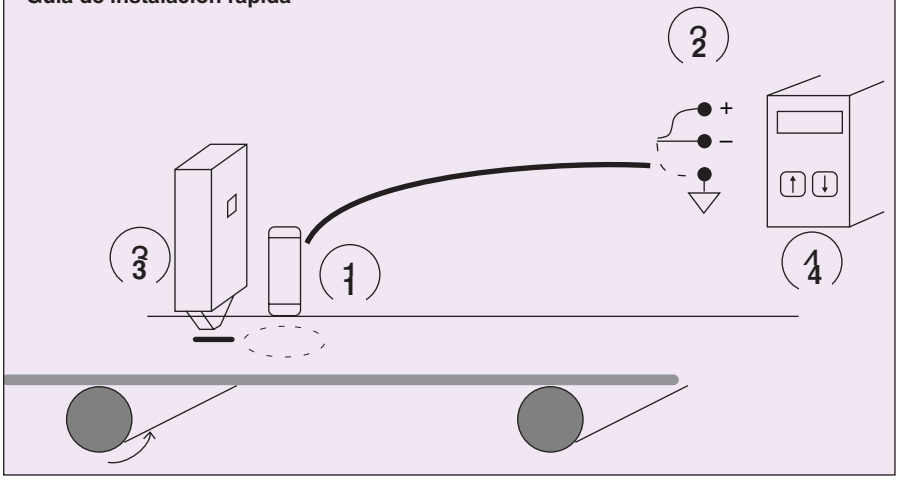
GUÍA DE INSTALACIÓN RÁPIDA

Todos los sistemas de defensores basados en rayos infrarrojos deben ser calibrados para propiedades específicas de superficie de materiales (por ejemplo, la cantidad de calor irradiada desde la superficie del objetivo, reflejos de calor del medio ambiente, etc.). Esa calibración se lleva a cabo midiendo la temperatura de la superficie del objetivo con una sonda de temperatura de superficie confiable e independiente. El método más fácil y rápido de calibrar con precisión estos efectos es utilizar un termómetro infrarrojo portátil OMEGA OS91, con un sistema de compensación automática de emisividad, para dar una lectura real, independiente de la emisividad.

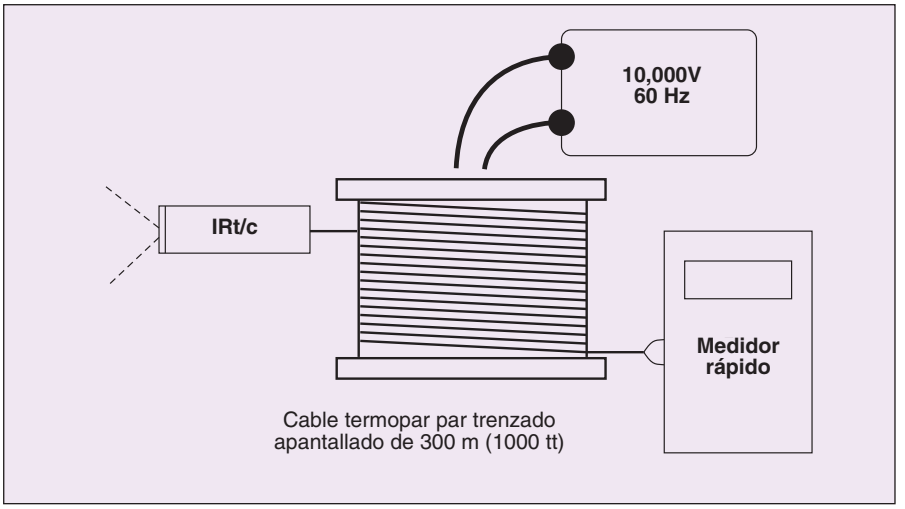
Se recomienda el siguiente procedimiento:

1. Instalar termopar infrarrojo lo más cerca posible para ver el material del objetivo a medir.
2. Cable del termopar infrarrojo para el controlador, transmisor de PLC, etc., en forma estándar (incluyendo la carcasa). Al igual que en los termopares convencionales, el cable rojo siempre es (-).
3. Llevar el proceso hasta una temperatura normal de funcionamiento y medir la temperatura real del material objetivo con el termómetro infrarrojo Serie OS91.
4. Ajuste “entrada de compensación”, "cero", "calibración baja", en el dispositivo de lectura para que coincida con la lectura del OS91.
La instalación está completa.

Guía de instalación rápida

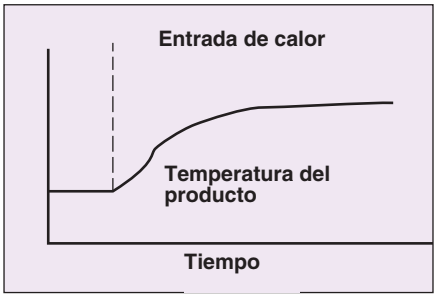


Principios de los termopares infrarrojos – continuación



INSTALACIÓN DE LOS TERMOPARES INFRARROJOS CON CONTROLADORES DE TEMPERATURA CON AUTOAJUSTE

En muchas aplicaciones, se emplean elementos de calefacción para calentar un producto en un horno, caldera o con chorros de aire caliente. Los dispositivos de control convencional usando termopares de contacto miden y controlan la temperatura del aire del horno, la temperatura del elemento de calefacción de infrarrojo o la



temperatura de chorro de aire en un esfuerzo para mantener la temperatura del producto y, por lo tanto, la calidad; a menudo con resultados menos que satisfactorios.

La sustitución del termopar de contacto, (por ejemplo, al hacer la medición de temperatura del horno) por un termopar infrarrojo sin contacto que mida la temperatura del producto directamente, asegurará que la temperatura del producto se mantenga. Se requiere algún reajuste en los parámetros del controlador debido a diferencias en los tiempos de respuesta del sensor (un termopar infrarrojo es mucho más rápido) y en el tiempo requerido para calentar el producto en comparación con el sensor original (más lento). Después de instalar el termopar infrarrojo y calibrar la lectura del controlador utilizando un escáner infrarrojo OS91 (ver guía de instalación rápida en página anterior), iniciar el ciclo de autoajuste del controlador y verifique la estabilidad y precisión del control. Si no se ajusta de manera automática y correcta,

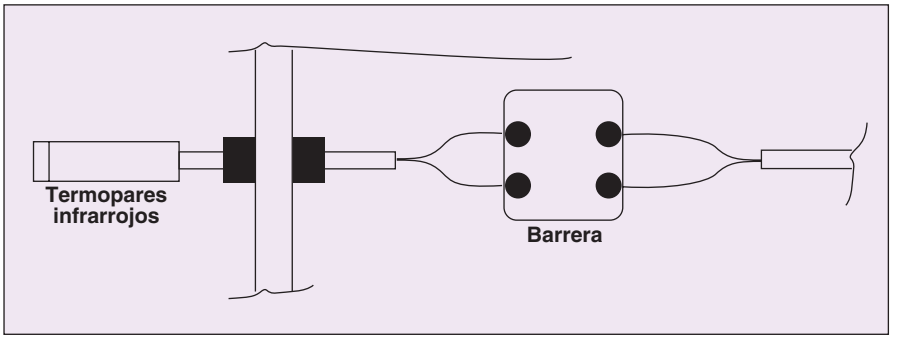
Termopares infrarrojos son intrínsecamente seguros cuando utilizados con barreras

ajuste manualmente los coeficientes de control para lograr un control estable. Como la temperatura del producto probablemente presentará una variación más lenta que la del sensor original, comience incrementando lentamente “D” de los coeficientes PID. Los termopares infrarrojos son intrínsecamente seguros cuando utilizados con barreras.

EL TERMOPAR INFRARROJO PUEDE USARSE CON HASTA 1000 FT (300 M) DE CABLE DE EXTENSIÓN TERMOPAR

Con un cable de extensión termopar apantallado, un termopar infrarrojo se puede montar en la medida de hasta 300 metros (1,000 pies) desde el dispositivo de lectura, incluso en un entorno con fuerte ruido eléctrico. Una prueba de demostración se realizó con una bobina de 300 m (1,000 pies) de par trenzado apantallado de cable de extensión, con 30 m (100 pies) de desenrollado, conectando un termopar infrarrojo de un módulo de conversión rápida de A/D (100 microsegundos de respuesta) a una computadora. Como un generador de ruido, se instaló un transformador de 10,000 voltios de 60 Hz y un generador de chispa para generar chispas dentro de los 15 cm (6 pulgadas) del cable.

Los resultados del ensayo mostraron menos de 0.1 °C de ruido en cualquier posición relativa del cable, de la chispa y del transformador. Las extraordinarias características de supresión de ruido en el termopar infrarrojo hacen posible localizarlo en distancias muy largas, sin la necesidad de un transmisor. La carcasa del termopar infrarrojo está aislada eléctricamente de los cables de señal y está conectado a la puesta de tierra del cable de extensión. Para distancias largas, se debe utilizar el cable de extensión trenzado blindado y el blindaje conectado a una buena puesta a tierra.



LOS TERMOPARES INFRARROJOS SON INTRÍNSECAMENTE SEGUROS CUANDO SE USAN CON BARRERAS

“El Aparato de campo que tiene el almacenamiento de energía o la generación de características de <1.2V, 0.1A, 25 mW o 25 µJ se considerará un aparato simple (no almacena energía). Estos dispositivos de uso general se pueden usar en una ubicación (clasificada) peligrosa sin más aprobación cuando se conecta a un circuito de seguridad intrínseca certificado". - Cita de R. Stahl, Inc. *Manual general del producto sobre barrera de seguridad intrínseca y relés repetidores*. Ejemplos de aparatos intrínsecamente seguros que no almacenan energía son:

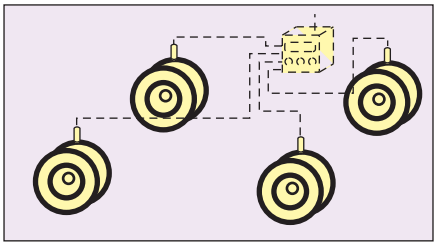
- ***Termopares • RTD • LED***
- ***Contactos secos de interruptores***
- ***Interruptores de proximidad inductiva NAMUR***
- ***Dispositivos e resistores de sensores de tensión no inductivos***

El termopar infrarrojo cae en la categoría de los termopares ya que genera su señal mediante la conversión de energía térmica radiada en una señal eléctrica a través de efectos Seebeck, el motor básico de los termopares. Al igual que todos los termopares, no requiere fuente de alimentación y genera señales medidas en milivoltios de voltaje, microamperios de corriente y nanovatios de potencia. Los termopares infrarrojos tienen una capacitancia pequeña pero, en un microfaradio, el almacenamiento de energía se mide en nanojoules y es mil veces más baja que el criterio de 25 microjoules.
En consecuencia, el termopar infrarrojo se califica como un instrumento simple para su uso en lugares peligrosos y con una barrera adecuada, se califica como intrínsecamente seguro.

NOTAS DE APLICACIÓN DE TERMOPARES INFRARROJOS

EL TERMOPAR INFRARROJO MONITOREA TEMPERATURAS DE NEUMÁTICOS PARA UN MEJOR DESEMPEÑO EN CARRERAS

La temperatura del neumático es un



factor fundamental en las carreras de automóviles por dos razones: la temperatura de los neumáticos afecta directamente su adhesión y sus características de desgaste y los estándares de temperatura de los neumáticos proporcionan información valiosa sobre la configuración y el funcionamiento de la suspensión. Por ejemplo, el exceso de carga de un neumático causado por la suspensión fuera de ajuste hará que los neumáticos se calienten mucho más que otros.

El termopar infrarrojo es un dispositivo de medición ideal para la adquisición de datos a bordo, debido a su tamaño pequeño, a su resistencia y al bajo costo. Puede ser conectado a sistemas de lectura de termopar estándar. La instalación debe incluir la conexión de la protección a un puesta a tierra adecuado para evitar la interferencia del ambiente eléctricamente hostil de un automóvil de carreras. La instalación mecánica debe incluir atención a los estándares de flujo de aire para minimizar la creación de suciedad en el lente. El OS36-2 o el OS36-5 se recomiendan debido a su campo de visión más estrecho, lo que les permite colocarlos más lejos.

MEDICIÓN DE LA HUMEDAD RELATIVA DE TERMOPARES INFRARROJOS

El termopar infrarrojo se puede utilizar para medir la humedad relativa real en muchas situaciones donde hay una fuente conveniente de agua y aire que fluye y mide con precisión y fiabilidad.

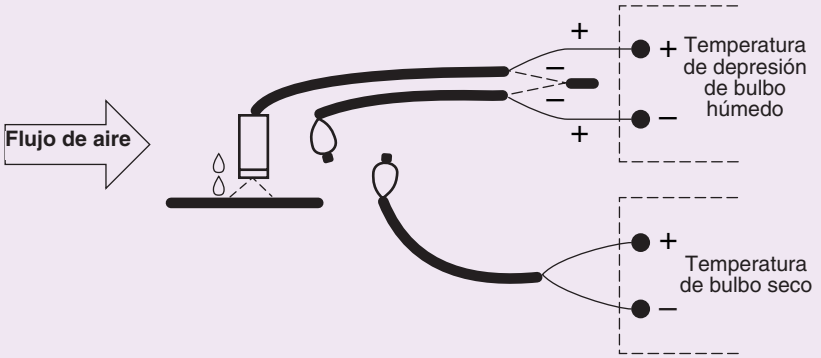
Un termopar infrarrojo destinado a una superficie porosa húmeda con el aire ambiente que sopla sobre la superficie húmeda, puede realmente medir lo que comúnmente se llama "la temperatura de bulbo húmedo" para esa área ambiental. (Más precisamente, la temperatura de bulbo húmedo es la temperatura de equilibrio de la interfaz aire-agua cuando se evapora una película de agua. Cuando el aire se mueve sobre una superficie mojada, el agua se enfría por evaporación hasta alcanzar la temperatura de "bulbo húmedo", entonces el enfriamiento se interrumpe, no importa cuánto aire se mueva sobre la superficie. La temperatura en la cual se interrumpió el enfriamiento es denominada temperatura de "bulbo húmedo").

El termopar infrarrojo mide la temperatura de la interfaz aire-agua directamente sobre una superficie. La calidad del agua o del material absorbente no afecta la lectura, ya que el termopar infrarrojo puede visualizar directamente la interfaz aire-agua y la temperatura de equilibrio de “bulbo húmedo” no es afectada materialmente por impurezas.

El método de más alta precisión es emplear un termopar infrarrojo diferencialmente con un termopar convencional para medir la cantidad de “depresión de bulbo húmedo”. La disposición diferencial del par garantiza una alta precisión, ya que la humedad relativa es una función fuerte de la depresión de bulbo húmedo y una función débil de la temperatura de bulbo seco.

Las tablas psicométricas, los gráficos y algoritmos de software estándar se pueden utilizar con los datos para obtener una humedad relativa precisa para mediciones ambientales.

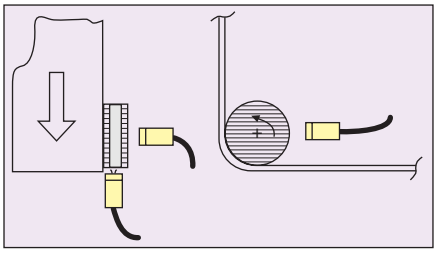
Medición de humedad relativa



CONTROL DE LA TEMPERATURA DE CILINDROS Y BOBINAS

En poco tiempo los termopares infrarrojos se han convertido en los sensores más populares para el monitoreo y el control de las temperaturas de bobinas y cilindros. Algunos consejos para la medición precisa de temperatura de cilindros:

1. Cilindros de metal sin recubrimiento o de cromo – en los cilindros de metal brillantes sin recubrir los sensores infrarrojos encuentran dificultad para detectar la temperatura real correcta (el sensor detectará muchos reflejos del ambiente).La solución al problema es simple: pintar una pequeña raya negra en un extremo no utilizado del cilindro. Apuntar el sensor del termopar infrarrojo en la dirección de la franja de pintura negra. A continuación, medirá la temperatura con precisión y de forma



fiable independiente de los cambios en las condiciones de la superficie del resto del cilindro.

Si hay muy poco espacio en el borde del cilindro, se tendrá que mover el sensor para más cerca y pintar una raya negra muy pequeña. El tamaño mínimo de punto del termopar infrarrojo es de 8 mm (0.3 pulgadas) y para el OS36-2 es de 4 mm (0.16 pulgadas) cuando el sensor se lleva cerca de la superficie.

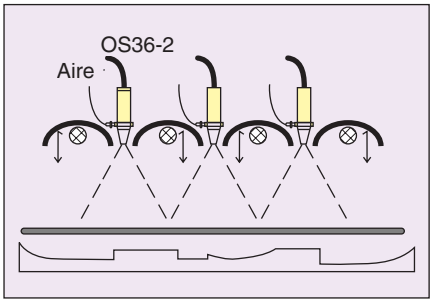
2. Cilindros metálicos opacos – Los cilindros metálicos opacos pueden proporcionar una señal fiable. Lo mejor es probar la superficie de fiabilidad, sin embargo, como las propiedades emisoras de la superficie pueden cambiar a través de la suciedad, la humedad, la limpieza, etc. Lo mejor es, en caso de duda, simplemente hay que pintar una banda para eliminar estas variaciones.

3. Cilindros de superficie No metálica – Estos proporcionarán una señal de infrarrojo fiable en cualquier punto donde se dirija el termopar infrarrojo. No se requiere la raya pintada.



CONTROL DE LOS PROCESOS DE MOLDAJE EN VACÍO Y TERMOFORMADO

Para moldar plásticos, una excelente combinación de método de calentamiento y control es el calor radiante, utilizando un termopar infrarrojo como control. Ellos funcionan extraordinariamente bien juntos, ya que tanto el calentamiento como la medición se producen en la superficie - donde se encuentra el plástico. La lectura del termopar infrarrojo no se ve afectada por los reflejos provenientes del calentador, ya que la respuesta espectral del lente del termopar infrarrojo de 6 - 14 micras filtra las longitudes de onda más cortas de



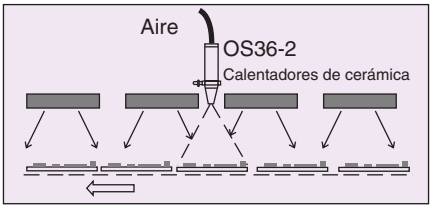
la energía del calentador radiante. El termopar infrarrojo puede estar montado entre los calentadores de cerámica, o en la cubierta o en el reflector del calentador radiante, para que pueda ver entre los elementos. Seleccione el termopar infrarrojo estándar, el modelo OS36-2 u OS36-5, dependiendo del campo de visión, para que se puedan visualizar los elementos en la superficie pintada. Se debe tener cuidado en el montaje del termopar infrarrojo de modo que sea capaz de manter su temperatura inferior a los 93 °C (200 °F) y también mantener el lente limpio. El OS36-2 es el modelo preferido para esa aplicación debido a su pequeño tamaño físico, integrado a una función de purga de aire. Se puede utilizar en temperaturas ambientes a 121 °C (250 °F) cuando se utiliza el sistema de purga de aire. Su campo de visión más estrecho permite más libertad en el posicionamiento y así más flexibilidad en la instalación. Para campos aún más estrechos utilice el OS36-5 con su campo de visión 5:1.



Los modelos OS36-2 y OS36-5 cuentan con una función de purga de aire integrada para mantener a estos termopares de calidad funcionando con eficiencia y precisión, incluso en ambientes con suciedad

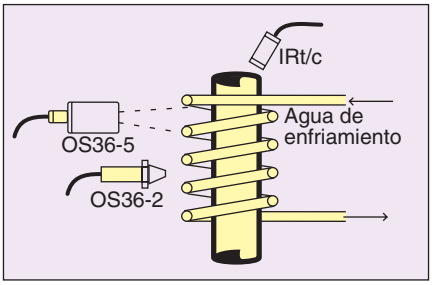
EL TERMOPAR INFRARROJO CONTROLA EL PRECALENTAMIENTO DE PLACA DE CIRCUITO IMPRESO DURANTE LA SOLDADURA DE ONDA

Una excelente solución para el problema de cómo controlar adecuadamente el calentador para el precalentamiento de las placas de circuito impreso es un termopar infrarrojo. Ellos funcionan extraordinariamente bien juntos, ya que tanto el calentamiento como la medición se producen en la superficie



- donde la soldadura debe fluir. La lectura del termopar infrarrojo no se ve afectada por los reflejos provenientes del calentador, ya que la respuesta espectral del lente del termopar infrarrojo de 6 - 14 micras filtra las longitudes de onda más cortas de la energía del calentador radiante.

Para esta aplicación, el termopar infrarrojo se puede montar de forma idéntica a la formación del vacío/ termoformado (arriba).



CONTROL DEL CALENTADOR POR INDUCCIÓN

El proceso de calentamiento por inducción se puede controlar fácilmente por la temperatura de la pieza, conforme es medida por un termopar infrarrojo sin contacto. Varias cuestiones deben ser consideradas en una instalación.

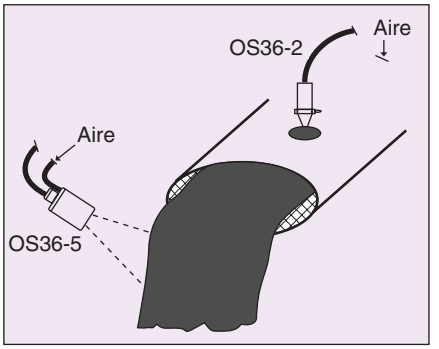
1. El efecto del campo sobre el termopar infrarrojo: desde que la señal de medición es aislada eléctricamente de la carcasa, el termopar infrarrojo operará incluso en un campo muy fuerte. El cable blindado debe estar conectado a un puesta en tierra de señal adecuada. Si hay un calentamiento excesivo del campo, puede utilizar el *kit* de cámara de refrigeración opcional, con la misma fuente de agua que se utiliza para enfriar la bobina.

2. El campo de visión: el método preferido es el de visualizar la parte entre las espirales de la bobina o desde el extremo. Seleccione el modelo termopar infrarrojo que mejor se adapte a las necesidades.

3. Temperatura de la pieza: tanto los modelos OS36-2 y OS36-5 se pueden utilizar para apuntar a temperaturas de 1100 °C (2000 °F) y tener rangos lineales a 260 °C (500 °F).

MONITOREO DE LA TEMPERATURA DE ASFALTO

Las propiedades de asfalto son particularmente sensibles a la temperatura y es importante que el asfalto se aplique a la temperatura correcta con el fin de realizar sus especificaciones. En consecuencia, el control de temperatura es un requisito común, pero los termopares utilizados



normalmente tienen graves problemas de rotura debido a la abrasión áspera del material y constantemente deben ser reemplazados a un alto costo y a la interrupción en la producción.

El termopar infrarrojo resuelve este problema directamente, ya que la temperatura se controla sin contacto. El controlador de termopar normal se puede utilizar - simplemente calibre la compensación, si es necesario. Se recomiendan los modelos OS36-2 y OS36-5 debido a su función incorporada de la purga de aire, que mantendrá limpio el lente al prevenir los vapores de condensación en el lente. El OS36-2 se puede montar en el conducto para ver el asfalto a través de un agujero pequeño, mientras que el OS36-5 se puede montar a cierta distancia debido a su campo de visión estrecho de 5:1.

Reproducido con permiso de Exergen Corporation.

Termopares de infrarrojo, rangos de temperatura extendidos







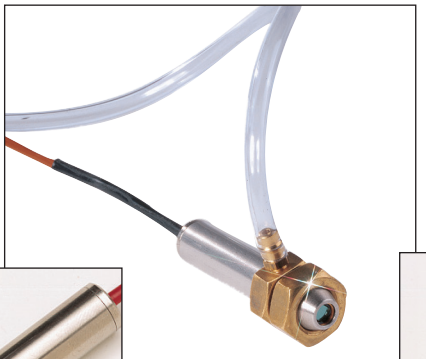




Los termopares de infrarrojo se pueden utilizar con la mayoría de los medidores o controladores de termopar sobre un rango de temperatura especificado. Por ejemplo, el OS36-J-50F tendría una precisión de 2% sobre el rango de -18 a 27 °C (0 a 80 °F).

La siguiente tabla muestra la serie de ecuaciones que permiten una determinación de la temperatura medida midiendo el voltaje de salida del termopar infrarrojo. Si se desea, la corrección de unión fría (CJ) se puede ajustar a cualquier temperatura constante conocida, por ejemplo, 25 °C (77 °F). Si la temperatura de unión fría no es conocida y constante, se recomienda utilizar un dispositivo de conexión OMEGA unión fría como un TRC IIIA o CJ-K. Esto corregirá a 0 °C (32°F) y permitirá el uso de un voltímetro estándar sin otra compensación de unión fría. El término CJT puede entonces descargarse en la siguiente tabla polinomial.













Reproducido con autorización de Exergen Corporation.

Tabla polinomial para salida de señal OS36, 37 y 38

$$TT = A\cdot(mV)^6 + B\cdot(mV)^5 + C\cdot(mV)^4 + D\cdot(mV)^3 + E\cdot(mV)^2 + F\cdot(mV) + CJT$$

	A	B	C	D	E	F
OS36-J-50F/10C	-6.14473E-09	2.08199E-06	-2.72953E-04	1.75317E-02	-5.84883E-01	1.53003E+01
OS36-J-80F/27C	-2.83996E-08	7.41635E-06	-7.54046E-04	3.79224E-02	-1.00406E+00	2.06592E+01
OS36-J-140F/60C	-4.31591E-08	1.06077E-05	-1.01002E-03	4.72155E-02	-1.14872E+00	2.20397E+01
OS36-J-180F/90C	-7.03138E-08	1.59337E-05	-1.39844E-03	6.02655E-02	-1.35167E+00	2.39075E+01
OS36-J-240F/120C	-1.05707E-07	2.23776E-05	-1.83521E-03	7.38926E-02	-1.54843E+00	2.55885E+01
OS36-J-280F/140C	-1.89514E-07	3.63996E-05	-2.70839E-03	9.89395E-02	-1.88106E+00	2.82034E+01
OS36-J-340F/170C	-2.99852E-07	5.33519E-05	-3.67751E-03	1.24452E-01	-2.19192E+00	3.04447E+01
OS36-J-440F/220C	-5.20472E-07	8.44263E-05	-5.30444E-03	1.63572E-01	-2.62438E+00	3.31770E+01
OS36-K-50F/10C	-1.59875E-08	4.63673E-06	-5.20959E-04	2.87368E-02	-8.24991E-01	1.86777E+01
OS36-K-80F/27C	-6.09875E-08	1.41502E-05	-1.27187E-03	5.61266E-02	-1.28905E+00	2.33472E+01
OS36-K-140F/60C	-1.42546E-07	2.87094E-05	-2.24003E-03	8.58077E-02	-1.71070E+00	2.68960E+01
OS36-K-180F/90C	-3.22615E-07	5.67063E-05	-3.86135E-03	1.29089E-01	-2.24604E+00	3.08183E+01
OS36-K-240F/120C	-5.08511E-07	8.28536E-05	-5.22978E-03	1.62069E-01	-2.61390E+00	3.32464E+01
OS36-K-280F/140C	-9.34497E-07	1.37576E-04	-7.84637E-03	2.19704E-01	-3.20171E+00	3.67952E+01
OS36-K-340F/170C	-1.62369E-06	2.18012E-04	-1.13401E-02	2.89601E-01	-3.84908E+00	4.03439E+01
OS36-K-440F/220C	-2.90564E-06	3.54076E-04	-1.67152E-02	3.87409E-01	-4.67308E+00	4.44530E+01
OS37-K	-7.13085E-08	2.30925E-05	-2.88585E-03	1.75033E-01	-5.35670E+00	8.58605E+01
OS38-K	-2.17588E+04	7.42505E+04	-9.73319E+04	6.14482E+04	-1.92711E+04	2.97242E+03
OS38-K	-3.01228E-08	9.50466E-06	-1.17636E-03	7.27752E-02	-2.41603E+00	4.88735E+01
OS38-K	**Alternativa: Ajuste de ley potencial=298.0514(mV)^{0} 2864**					

	Rango máximo		Rango mínimo		Condiciones de prueba		
	mV	TT	mV	TT	mV	TT	CJT
OS36-J-50F/10C	70	466	-4	-47	5	89	25
OS36-J-80F/27C	70	577	-3	-47	5	107	25
OS36-J-140F/60C	70	634	-3	-47	5	112	25
OS36-J-180F/90C	70	674	-3	-47	5	117	25
OS36-J-240F/120C	65	671	-2	-46	5	122	25
OS36-J-280F/140C	60	678	-2	-47	5	130	25
OS36-J-340F/170C	55	674	-2	-46	5	136	25
OS36-J-440F/220C	50	667	-2	-49	5	143	25
OS36-K-50F/10C	70	551	-3	-47	5	101	25
OS36-K-80F/27C	70	664	-3	-45	5	116	25
OS36-K-140F/60C	65	685	-2	-47	5	126	25
OS36-K-180F/90C	55	678	-2	-47	5	137	25
OS36-K-240F/120C	50	671	-2	-49	5	143	25
OS36-K-280F/140C	45	670	-2	-48	5	152	25
OS36-K-340F/170C	45	681	-2	-45	5	160	25
OS36-K-440F/220C	40	685	-1	-48	5	169	25
OS37-K	70	957	0	0	5	341	25
OS38-K	1	334	0	0	1	334	25
OS38-K	80	1035	1	309	80	1035	262
Ley potencial OS38xxx-K	80	1046	0	0	5	473	25

Notas: TT = Temperatura de objetivo

CJT = Temperatura de unión fría en entrada agregada mediante el dispositivo de entrada (controlador, indicador, PLC, etc.).

Una constante controlada de 25 °C se asume aquí para la mayoría de los polinomios. Se puede cambiar.

mV = Señal producida por el termopar de infrarrojo en milivoltios.

Todas las temperaturas en °C.

*La emisividad asumida del objetivo es de 0.9 para todos los modelos excepto el **OS38**, que tiene una emisividad asumida de 0.2.*

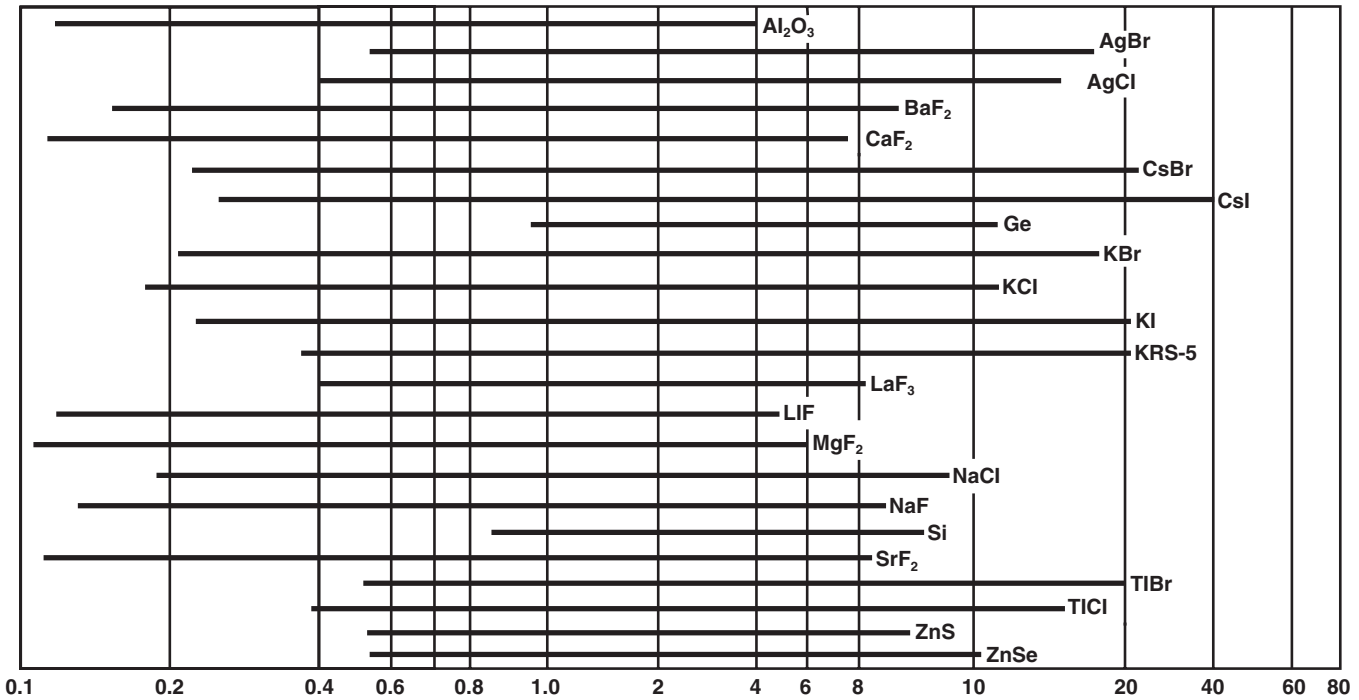
Reproducido con autorización de Exergen Corporation.

Transmisión de ventana de infrarrojo

Índices refractivos para ventanas de infrarrojo

Material	n	A longitud de onda µm
Fluoruro de Bario	1.45	5
Bromuro de Cesio	1.66251	10
Yoduro de Cesio	1.73916	10
Fluoruro de Calcio	1.399	5
Germanio	4.003	10
Fluoruro de Litio	1.39	0.5
Fluoruro de Magnesio	N_O = 1.379 N_e = 1.391	0.5
Bromuro de Potasio	1.526	10
Cloruro de Potasio	1.454	10
Zafiro	1.755	1
Silicio	3.4179	10
Bromuro de Plata	2.31	0.5
Cloruro de Plata	1.980	10
Cloruro de Sodio	1.49482	10
Fluoruro de Sodio	1.238	10
Fluoruro de Estroncio	1.439	0.5
Bromuro de Talio	2.338	10
Bromuro-Cloruro de Talio KRS6	2.1767	10
Bromuro-Yoduro de Talio KRS5	2.37069	10
Cloruro de Talio	2.193	10
Seleniuro de Zinc	2.40	10
Sulfuro de Zinc	2.2	10

Rango de transmisión



Reproducido con autorización de Optovac Corporation

Ayuda rápida de infrarrojo

Cuándo utilizar medición de temperatura de infrarrojo:

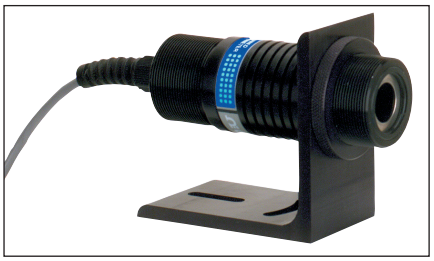


Termómetro infrarrojo portátil Serie OS530E

La superficie está:

- Demasiado caliente para medirse con termopares
- Demasiado grande para medirse sin un número muy grande de termopares
- Moviéndose demasiado para que el cable conductor de termopar la acepte sin romperse
- A un potencial eléctrico tan alto que usar un termopar sea peligroso
- Tan baja en masa que el propio termopar afectará la temperatura de superficie desconocida
- Demasiado frágil o húmeda para alojar contacto de termopar
- Demasiado activa (químicamente) para aceptar un termopar o su sonda
- En una atmósfera que es hostil para un termopar
- Inaccesible para un termopar o sus instrumentos
- Cerca de campos eléctricos o magnéticos que producen ruido





Termómetro/transmisor infrarrojo industrial sin contacto de cabeza de sensor OS550A y soporte de montaje OS550-MB

Factores clave de aplicación de infrarrojo

- Tamaño de punto y distancia de objetivo
- Material de objetivo (para emisividad)
- Unidad fija o de mano
- Rango de temperatura
- Tiempo de respuesta
- Sistema de puntería
- Ambiente
- Puerto de visualización
- Opciones necesarias

Determinación de emisividad infrarroja

- Medir temperatura de superficie por algunos otros medios (después de detener movimiento)
- Colocar cinta sobre la superficie (Emisividad 0.95)
- Perforar hoyo en la superficie al menos seis veces tan profundo como ancho (Emisividad 0.95)
- Pintar superficie en negro mate (Región M IR)
- Buscar Emisividad en la tabla (último recurso)



Fuente de calibración de cuerpo negro Serie BB704 con diseño portátil

Tabla de emisividad total

Estas tablas se presentan para su uso como una guía cuando se hacen mediciones de temperatura por infrarrojos con el OMEGASCOPE™ u otros pirómetros infrarrojos. Se proporciona la emisividad total (ε) para metales, los no metales y materiales de construcción comunes.

Dado que la emisividad de un material variará en función de la temperatura y el acabado superficial, los valores de estas tablas se deben usar sólo como una guía para las mediciones relativas o delta.

La emisividad exacta de un material debe ser determinada cuando se requieren mediciones absolutas.

METALES

Material	Temp °F (°C)	ε–Emisividad
Aleaciones		
20-Ni, 24-CR, 55-FE, oxidado.	392 (200)	0.90
20-Ni, 24-CR, 55-FE, oxidado.	932 (500)	0.97
60-Ni , 12-CR, 28-FE, oxidado.	518 (270)	0.89
60-Ni , 12-CR, 28-FE, oxidado.	1040 (560)	0.82
80-Ni, 20-CR, Oxidado	212 (100)	0.87
80-Ni, 20-CR, Oxidado	1112 (600)	0.87
80-Ni, 20-CR, Oxidado	2372 (1300)	0.89
Aluminio		
No oxidado	77 (25)	0.02
No oxidado	212 (100)	0.03
No oxidado	932 (500)	0.06
Oxidada	390 (199)	0.11
Oxidada	1110 (599)	0.19
Oxidado a 599 °C (1110 °F)	390 (199)	0.11
Oxidado a 599 °C (1110 °F)	1110 (599)	0.19
Fuertemente oxidado	200 (93)	0.20
Fuertemente oxidado	940 (504)	0.31
Altamente pulido	212 (100)	0.09
Pulido áspero	212 (100)	0.18
Placa comercial	212 (100)	0.09
Placa altamente pulida	440 (227)	0.04
Placa altamente pulida	1070 (577)	0.06
Placa brillante laminada	338 (170)	0.04
Placa brillante laminada	932 (500)	0.05
Aleación A3003, Oxidado	600 (316)	0.40
Aleación A3003, Oxidado	900 (482)	0.40
Aleación 1100-0	200-800 (93-427)	0.05
Aleación 24ST	75 (24)	0.09
Aleación 24ST, Pulida	75 (24)	0.09
Aleación 75ST	75 (24)	0.11
Aleación 75ST, Pulida	75 (24)	0.08
Bismuto, Brillante	176 (80)	0.34
Bismuto, no oxidado	77 (25)	0.05
Bismuto, no oxidado	212 (100)	0.06
Latón		
73% Cu, 27% Zn, Pulido	476 (247)	0.03
73% Cu, 27% Zn, Pulido	674 (357)	0.03
62% Cu, 37% Zn, Pulido	494 (257)	0.03
62% Cu, 37% Zn, Pulido	710 (377)	0.04
83% Cu, 17% Zn, Pulido	530 (277)	0.03
Mate	68 (20)	0.07
Bruñir a color café	68 (20)	0.40
Cu-Zn, Latón Oxidado	392 (200)	0.61
Cu-Zn, Latón Oxidado	752 (400)	0.60
Cu-Zn, Latón Oxidado	1112 (600)	0.61
No oxidado	77 (25)	0.04
No oxidado	212 (100)	0.04
Cadmio	77 (25)	0.02
Carbono		
Negro de humo	77 (25)	0.95
No oxidado	77 (25)	0.81
No oxidado	212 (100)	0.81
No oxidado	932 (500)	0.79
Hollín de vela	250 (121)	0.95
Filamento	500 (260)	0.95
Grafitizado	212 (100)	0.76
Grafitizado	572 (300)	0.75
Grafitizado	932 (500)	0.71
Cromo	100 (38)	0.08
Cromo	1000 (538)	0.26
Cromo, Pulido	302 (150)	0.06
Cobalto, no oxidado	932 (500)	0.13
Cobalto, no oxidado	1832 (1000)	0.23
Columbio, no oxidado	1500 (816)	0.19
Columbio, no oxidado	2000 (1093)	0.24
Cobre		
Óxido cuproso	100 (38)	0.87
Óxido cuproso	500 (260)	0.83
Óxido cuproso	1000 (538)	0.77
Negro, Oxidado	100 (38)	0.78
Grabado	100 (38)	0.09
Mate	100 (38)	0.22
Pulido áspero	100 (38)	0.07
Pulido	100 (38)	0.03
Altamente pulido	100 (38)	0.02
Laminado	100 (38)	0.64
áspero	100 (38)	0.74
Fundido	1000 (538)	0.15
Fundido	1970 (1077)	0.16
Fundido	2230 (1221)	0.13
Niquelado	100-500 (38-260)	0.37
Metal Dow	0.4-600 (–18-316)	0.15
Oro		
Esmaltado	212 (100)	0.37
Placa (.0001)		
Placa en .0005 Plata	200-750 (93-399)	0.11-0.14
Placa en .0005 Níquel	200-750 (93-399)	0.07-0.09
Pulido	100-500 (38-260)	0.02
Pulido	1000-2000 (538-1093)	0.03
Aleación C Haynes,		
Oxidado	600-2000 (316-1093)	0.90-0.96
Aleación 25 Haynes,		
Oxidado	600-2000 (316-1093)	0.86-0.89
Aleación X Haynes,		
Oxidado	600-2000 (316-1093)	0.85-0.88
Placa de Inconel	1000 (538)	0.28
Placa de Inconel	1200 (649)	0.42
Placa de Inconel	1400 (760)	0.58
Inconel X, Pulido	75 (24)	0.19
Inconel B, Pulido	75 (24)	0.21
Hierro		
Oxidado	212 (100)	0.74
Oxidado	930 (499)	0.84
Oxidado	2190 (1199)	0.89
No oxidado	212 (100)	0.05
Óxido Rojo	77 (25)	0.70
Oxidado	77 (25)	0.65
Líquido	2760-3220 (1516-1771)	0.42-0.45
Hierro fundido		
Oxidado	390 (199)	0.64
Oxidado	1110 (599)	0.78
No oxidado	212 (100)	0.21
Oxidación fuerte	40 (104)	0.95
Oxidación fuerte	482 (250)	0.95
Líquido	2795 (1535)	0.29
Hierro forjado		
Opaco	77 (25)	0.94
Opaco	660 (349)	0.94
Suave	100 (38)	0.35
Pulido	100 (38)	0.28
Plomo		
Pulido	100-500 (38-260)	0.06-0.08
áspero	100 (38)	0.43
Oxidado	100 (38)	0.43
Oxidado a 1100 °F	100 (38)	0.63
Gris Oxidado	100 (38)	0.28
Magnesio	100-500 (38-260)	0.07-0.13
Magnesio Oxidado	-3140 (1027-1727)	0.16-0.20
Mercurio	32 (0)	0.09
“	77 (25)	0.10
“	100 (38)	0.10
“	212 (100)	0.12
Molibdeno	100 (38)	0.06
“	500 (260)	0.08
“	1000 (538)	0.11
“	2000 (1093)	0.18
“ Oxidado a 1000 °F	600 (316)	0.80
“ Oxidado a 1000 °F	700 (371)	0.84
“ Oxidado a 1000 °F	800 (427)	0.84
“ Oxidado a 1000 °F	900 (482)	0.83
“ Oxidado a 1000 °F	1000 (538)	0.82
Monel, Ni-Cu	392 (200)	0.41
Monel, Ni-Cu	752 (400)	0.44
Monel, Ni-Cu	1112 (600)	0.46
Monel, Ni-Cu Oxidado	68 (20)	0.43
Monel, Ni-Cu Oxid. a	1110 °F 1110 (599)	0.46
Níquel		
Pulido	100 (38)	0.05
Oxidado	100-500 (38-260)	0.31-0.46
No oxidado	77 (25)	0.05
No oxidado	212 (100)	0.06
No oxidado	932 (500)	0.12
No oxidado	1832 (1000)	0.19
Electrolítico	100 (38)	0.04
Electrolítico	500 (260)	0.06
Electrolítico	1000 (538)	0.10
Electrolítico	2000 (1093)	0.16
Níquel Oxidado	1000-2000 (538-1093)	0.59-0.86
Placas de Paladio (.00005		
en plata de .0005)	200-750 (93-399)	0.16-0.17
Platino	100 (38)	0.05
“	500 (260)	0.05
“	1000 (538)	0.10
Platino, Negro	100 (38)	0.93
“	500 (260)	0.96
“	2000 (1093)	0.97
“ Oxidado a 1100 °F	500 (260)	0.07
“	1000 (538)	0.11
Flash de Rodio (0.0002		
en Níquel de 0.0005)	200-700 (93-371)	0.10-0.18
Plata		
Placa (en Níquel de 0.0005)	200-700 (93-371)	0.06-0.07
Pulido	100 (38)	0.01
“	500 (260)	0.02
“	1000 (538)	0.03
“	2000 (1093)	0.03
Acero		
Laminado Frío	200 (93)	0.75-0.85
Placa en suelo	1720-2010 (938-1099)	0.55-0.61
Placa Pulida	100 (38)	0.07
“	500 (260)	0.10
“	1000 (538)	0.14
Acero Templado, Pulido	75 (24)	0.10
Acero Templado, Pulido	75 (24)	0.12
AceroTemplado,		
Líquido	2910-3270 (1599-1793)	0.28
Acero, No oxidado	212 (100)	0.08
Acero, Oxidado	77 (25)	0.80
Aleaciones de acero		
Tipo 301, Pulido	75 (24)	0.27
Tipo 301, Pulido	450 (232)	0.57
Tipo 301 Pulido	1740 (949)	0.55
Tipo 303, Oxidado	600-2000 (316-1093)	0.74-0.87
Tipo 310, Laminado	1500-2100 (816-1149)	0.56-0.81
Tipo 316, Pulido	75 (24)	0.28
Tipo 316, Pulido	450 (232)	0.57
Tipo 316, Pulido	1740 (949)	0.66
Tipo 321	200-800 (93-427)	0.27-0.32
Tipo 321 Pulido	300-1500 (149-815)	0.18-0.49
Tipo 321 con óxido negro	200-800 (93-427)	0.66-0.76
Tipo 347, oxidado	600-2000 (316-1093)	0.87-0.91
Tipo 350	200-800 (93-427)	0.18-0.27
Tipo 350 Pulido	300-1800 (149-982)	0.11-0.35
Tipo 446, Pulido	300-1500 (149-815)	0.15-0.37
Tipo 17-7 PH	200-600 (93-316)	0.44-0.51
Tipo 17-7 PH		
Pulido	300-1500 (149-815)	0.09-0.16
Tipo C1020,		
Oxidado	600-2000 (316-1093)	0.87-0.91
Tipo PH-15-7 MO	300-1200 (149-649)	0.07-0.19
Estelita, Pulido	68 (20)	0.18
Tantalio, No oxidado	1340 (727)	0.14
“	2000 (1093)	0.19
“	3600 (1982)	0.26
“	5306 (2930)	0.30
Estaño, No oxidado	77 (25)	0.04
“	212 (100)	0.05
Hierro estañado, Brillante	76 (24)	0.05
“	212 (100)	0.08

Tabla de emisividad total Continuación

METALES

Material	Temp °F (°C)	ε–Emisividad
Titanio		
Aleación C110M,		
Pulido	300-1200 (149-649)	0.08-0.19
Oxidado a		
538 °C (1000 °F)	200-800 (93-427)	0.51-0.61
Aleación Ti-95A,		
Oxid. at		
538 °C (1000 °F)	200-800 (93-427)	0.35-0.48
Anodizado a SS	200-600 (93-316)	0.96-0.82
Tungsteno		
No oxidado	77 (25)	0.02
No oxidado	212 (100)	0.03
No oxidado	932 (500)	0.07
No oxidado	1832 (1000)	0.15
No oxidado	2732 (1500)	0.23
No oxidado	3632 (2000)	0.28
Filamento (Añejo)	100 (38)	0.03
Filamento (Añejo)	1000 (538)	0.11
Filamento (Añejo)	5000 (2760)	0.35
Uranio Oxidado	1880 (1027)	0.79
Zinc		
Brillante, Galvanizado	100 (38)	0.23
Comercial 99.1%	500 (260)	0.05
Galvanizado	100 (38)	0.28
Oxidado	500-1000 (260-538)	0.11
Pulido	100 (38)	0.02
Pulido	500 (260)	0.03
Pulido	1000 (538)	0.04
Pulido	2000 (1093)	0.06

NO METALES

Material	Temp °F (°C)	ε–Emisividad
Adobe	68 (20)	0.90
Asbesto		
Tablero	100 (38)	0.96
Cemento	32-392 (0-200)	0.96
Cemento, Rojo	2500 (1371)	0.67
Cemento, Blanco	2500 (1371)	0.65
Tela	199 (93)	0.90
Papel	100-700 (38-371)	0.93
Pizarra	68 (20)	0.97
Asfalto, pavimento	100 (38)	0.93
Asfalto, carton alquitranado	68 (20)	0.93
Basalto	68 (20)	0.72
Ladrillo		
Rojo, áspero	70 (21)	0.93
Crema Gault	2500-5000 (1371-2760)	0.26-0.30
Arcilla refractaria	2500 (1371)	0.75
Pulido ligero	1000 (538)	0.80
Arcilla caliza	2500 (1371)	0.43
Ladrillo refractario	1832 (1000)	0.75-0.80
Magnesita, refractaria	1832 (1000)	0.38
Ladrillo gris	2012 (1100)	0.75
Sílice, Acristalado	2000 (1093)	0.88
Sílice, No Acristalado	2000 (1093)	0.80
Silicocalcareos	2500-5000 (1371-2760)	0.59-0.63
Carborundo	1850 (1010)	0.92
Cerámica		
Alúmina en Inconel	800-2000 (427-1093)	0.69-0.45
Cerámica, Acristalada	70 (21)	0.90
Cerámica, Mate	70 (21)	0.93
Verdes No. 5210-2C	200-750 (93-399)	0.89-0.82
Cobertura No. C20A	200-750 (93-399)	0.73-0.67
Porcelana	72 (22)	0.92
Al_2O_3 blanco	200 (93)	0.90
Circona en Inconel	800-2000 (427-1093)	0.62-0.45
Arcilla	68 (20)	0.39
" refractaria	158 (70)	0.91
" Esquisto	68 (20)	0.69
" Baldosas, Rojo claro	2500-5000 (1371-2760)	0.32-0.34
" Baldosas, Rojo	2500-5000 (1371-2760)	0.40-0.51
" Baldosas, Morado oscuro	2500-5000 (1371-2760)	0.78
Hormigón áspero	32-2000 (0-1093)	0.94
Baldosas, Naturales	2500-5000 (1371-2760)	0.63-0.62
" Café	2500-5000 (1371-2760)	0.87-0.83
" Negras	2500-5000 (1371-2760)	0.94-0.91
Tejido de algodón	68 (20)	0.77
Caliza dolomita	68 (20)	0.41
Corindón esmeril	176 (80)	0.86
Vidrio		
Convexo D	212 (100)	0.80
Convexo D	600 (316)	0.80
Convexo D	932 (500)	0.76
Nonex	212 (100)	0.82
Nonex	600 (316)	0.82
Nonex	932 (500)	0.78
Suave	32-200 (0-93)	0.92-0.94
Granito	70 (21)	0.45
Grava	100 (38)	0.28
Yeso	68 (20)	0.80-0.90
Hielo, Suave	32 (0)	0.97
Hielo, áspero	32 (0)	0.98
Laca		
Negra	200 (93)	0.96
Azul, en hoja de aluminio	100 (38)	0.78
Limpia, en hoja de aluminio (2 capas)	200 (93)	0.08 (0.09)
Limpia, en Cu. brillante	200 (93)	0.66
Limpia, en Cu. empañado	200 (93)	0.64
Rojo, en hoja de aluminio (2 capas)	100 (38)	0.61 (0.74)
Blanca	200 (93)	0.95
Blanca, en hoja de aluminio (2 capas)	100 (38)	0.69 (0.88)
Amarillo, en hoja de aluminio (2 capas)	100 (38)	0.57 (0.79)
Mortero de cal	100-500 (38-260)	0.90-0.92
Piedra de cal	100 (38)	0.95
Mármol, Blanco	100 (38)	0.95
" Suave, Blanco	100 (38)	0.56
" Pulido gris	100 (38)	0.75
Mica	100 (38)	0.75
Aceite en níquel		
0.001 Capa	72 (22)	0.27
0.002 "	72 (22)	0.46
0.005 "	72 (22)	0.72
Gruesa "	72 (22)	0.82
Aceite, liñaza		
En hoja de aluminio, sin revestir	250 (121)	0.09
En hoja de aluminio, 1 capa	250 (121)	0.56
En hoja de aluminio, 2 capas	250 (121)	0.51
En hierro pulido, .001 Capa	100 (38)	0.22
En hierro pulido, .002 Capa	100 (38)	0.45
En hierro pulido, .004 Capa	100 (38)	0.65
En hierro pulido, Capa Gruesa	100 (38)	0.83
Pinturas		
Azul, Cu_2O_3	75 (24)	0.94
Negro, CuO	75 (24)	0.96
Verde, Cu_2O_3	75 (24)	0.92
Rojo, Fe_2O_3	75 (24)	0.91
Blanco, Al_2O_3	75 (24)	0.94
Blanco, Y_2O_3	75 (24)	0.90
Blanco, ZnO	75 (24)	0.95
Blanco, $MgCO_3$	75 (24)	0.91
Blanco, ZrO_2	75 (24)	0.95
Blanco, ThO_2	75 (24)	0.90
Blanco, MgO	75 (24)	0.91
Blanco, $PbCO_3$	75 (24)	0.93
Amarillo, PbO	75 (24)	0.90
Amarillo, $PbCrO_4$	75 (24)	0.93
Pinturas, Aluminio	100 (38)	0.27-0.67
10% Al	100 (38)	0.52
26% Al	100 (38)	0.30
Dow XP-310	200 (93)	0.22
Pinturas, Bronce	Bajo	0.34-0.80
Goma Barniz (2 capas)	70 (21)	0.53
Goma Barniz (3 coats)	70 (21)	0.50
Aglutinante de celulosa (2 capas)	70 (21)	0.34
Pinturas, aceite		
Todos los colores	200 (93)	0.92-0.96
Negro	200 (93)	0.92
Lustre negro	70 (21)	0.90
Camuflaje verde	125 (52)	0.85
Negro plano	80 (27)	0.88
Blanco plano	80 (27)	0.91
Gris-verde	70 (21)	0.95
Verde	200 (93)	0.95
Negro de humo	209 (98)	0.96
Rojo	200 (93)	0.95
Blanco	200 (93)	0.94
Cuarzo, áspero, Fundido	70 (21)	0.93
Vidrio, 1.98 mm	540 (282)	0.90
Vidrio, 1.98 mm	1540 (838)	0.41
Vidrio, 6.88 mm	540 (282)	0.93
Vidrio, 6.88 mm	1540 (838)	0.47
Opaco	570 (299)	0.92
Opaco	1540 (838)	0.68
Plomo rojo	212 (100)	0.93
Caucho, duro	74 (23)	0.94
Caucho, suave, gris	76 (24)	0.86
Arena	68 (20)	0.76
Arenisca	100 (38)	0.67
Arenisca, Roja	100 (38)	0.60-0.83
Aserrín	68 (20)	0.75
Esquisto	68 (20)	0.69
Sílice, acristalado	1832 (1000)	0.85
Sílice, sin acristalar	2012 (1100)	0.75
Carburo de silicio	300-1200 (149-649)	0.83-0.96
Tejido de seda	68 (20)	0.78
Pizarra	100 (38)	0.67-0.80
Nieve, Partículas finas	20 (–7)	0.82
Nieve, Granular	18 (–8)	0.89
Tierra		
Superficie	100 (38)	0.38
Marga negra	68 (20)	0.66
Campo arado	68 (20)	0.38
Hollín		
Acetileno	75 (24)	0.97
Alcanfor	75 (24)	0.94
Vela	250 (121)	0.95
Carbón	68 (20)	0.95
Piedra de cantería	100 (38)	0.93
Agua	100 (38)	0.95
Silicato de sodio	68 (20)	0.96
Madera	Bajo	0.80-0.90
Haya, planeada	158 (70)	0.94
Roble, planeado	100 (38)	0.91
Abeto, lijado	100 (38)	0.8

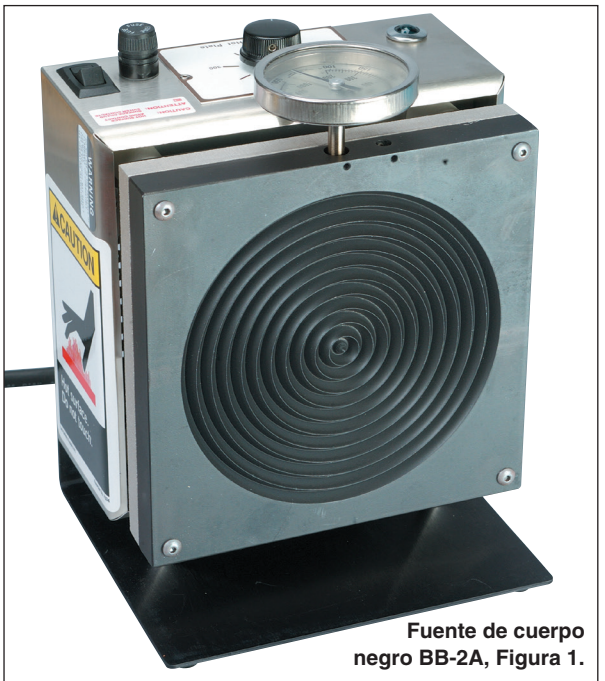
Calibración de Termómetro infrarrojo

Este artículo ofrece una revisión general de los diferentes tipos de fuentes de calibración de infrarrojos (fuentes de cuerpo negro) y la forma de utilizarlos para calibrar los productos infrarrojos.

Hay básicamente dos tipos de fuentes de calibración de infrarrojos: la fuente de cuerpo negro de placa caliente y la fuente de cuerpo negro de cavidad. El modelo de la placa caliente consiste en una placa de metal (generalmente de aluminio) con o sin ranuras concéntricas en donde la temperatura de la placa se ajusta y controla usando un potenciómetro de línea de bajo costo o un controlador de temperatura de alta calidad. La temperatura de la placa se detecta utilizando un termopar o un sensor RTD. La placa caliente se pinta por lo general de color negro mate para mejorar la emisividad de la superficie. La emisividad de la superficie de una fuente de calibración de una placa caliente es normalmente de 0.95.

La figura 1 muestra una fuente de cuerpo negro de placa caliente muy básica con un indicador de potenciómetro (modelo BB-2A de OMEGA). La figura 2 muestra una fuente de cuerpo negro placa caliente de alta calidad con un controlador de temperatura integrado (modelo BB704 de OMEGA). La fuente de calibración con el regulador de temperatura integrado tiene mejor precisión y estabilidad en comparación con una unidad del tipo de indicador de potenciómetro.

La fuente de cuerpo negro de cavidad consiste en un orificio ciego en un cilindro o una esfera donde la temperatura de la cavidad se controla por medio de un controlador de temperatura, utilizando un sensor de termopar. La fuente de cuerpo negro de cavidad tiene una emisividad de superficie superior a una unidad de cuerpo negro de placa caliente. La emisividad de una fuente de cuerpo negro de cavidad es normalmente de 0.98 o superior.



Fuente de cuerpo negro BB-2A, Figura 1.

Visite mx.omega.com para obtener más detalles

La Figura 3 muestra una fuente de cuerpo negro de cavidad con un controlador de temperatura integrado (modelo BB705 de OMEGA). Las fuentes de cuerpo negro de cavidad suelen ir a temperaturas más altas (más de 530 °C [1,000 °F]) que la fuentes de cuerpo negro de placa caliente. Además, el tener un valor de emisividad más alto las hace ideales para tareas precisas de calibración.

Para calibrar un termómetro infrarrojo, se requiere una fuente de calibración de cuerpo negro. Hay 3 factores a considerar cuando se selecciona una fuente de calibración de cuerpo negro:

- **El tipo de cuerpo negro (placa caliente o de cavidad)**
- **El área objetivo o meta (área de la placa caliente o la abertura de la cavidad)**
- **Emisividad del objetivo**

1. El tipo de cuerpo negro (placa caliente o de cavidad) nos habla de la construcción y el rendimiento general de la unidad.

2. El área del objetivo o meta informa la extensión del área en la cual los termómetros infrarrojos pueden ser verificados. El área del objetivo debe ser mayor que el campo de visión del termómetro; de lo contrario el termómetro infrarrojo estará midiendo el área objetivo, más algunas de las zonas más frías de los alrededores. Normalmente, un termómetro infrarrojo es verificado con una fuente de cuerpo negro a una distancia relativamente cercana (aproximadamente 0.15 a 1 m [0.5 a 3 ‘]), dependiendo del área del objetivo.

3. Cuanto mayor sea la emisividad del objetivo, más ideal es la calibración. En los objetivos de emisividad inferior, el ancho de banda de la longitud de onda del termómetro infrarrojo entra en juego. Idealmente en E = 1.00, el ancho de banda de longitud de onda del DUT (dispositivo bajo prueba) no es un factor.



Fuente de cuerpo negro BB704, Figura 2.

Visite mx.omega.com para obtener mas detalles

Cuando se utiliza una fuente de calibración de cuerpo negro, tenemos que seguir ciertas reglas básicas:

- El termómetro infrarrojo debe estar apuntando de forma perpendicular al área del objetivo de la unidad de cuerpo negro. Si se apunta a un ángulo, la energía infrarroja que se refleja puede perjudicar la precisión de la calibración.
- El área de campo de visión del termómetro a una distancia seleccionada debe ser menor que el área objetivo de la unidad de cuerpo negro.
- No llevar el termómetro infrarrojo demasiado cerca del área objetivo del cuerpo negro, especialmente a altas temperaturas. El calor emitido por el cuerpo negro perjudica la precisión de la calibración y también potencialmente daña la unidad bajo prueba.
- Siempre apunte el termómetro infrarrojo hacia el centro de la zona objetivo.
- Al cambiar el punto de ajuste de la temperatura de la unidad de cuerpo negro, asegúrese de que la unidad está completamente estabilizada a la nueva configuración de temperatura antes de realizar cualquier prueba de calibración. Por lo general, subir la temperatura toma menos tiempo que bajarla.
- No desconecte una fuente de calibración de cuerpo negro mientras esté caliente. Usualmente hay ventiladores incorporados para eliminar el calor, incluso cuando el interruptor de encendido está apagado. Deje que el ventilador interno continúe funcionando hasta que la unidad se haya enfriado.

Esperamos que este artículo haya proporcionado alguna información útil sobre cómo seleccionar una fuente de calibración de cuerpo negro, y sobre cómo utilizarlas correctamente en el campo.



Visite mx.omega.com para obtener más detalles

Cuerpo negro BB705, Figura 3.

Para encomendar

Código del producto	Descripción
BB-2A	Fuente de calibración de cuerpo negro, 38 a 343 °C (100 a 650 °F)
BB704	Fuente de calibración de cuerpo negro, 115 VCA, 100 a 398 °C (212 a 750 °F)
BB705	Fuente de calibración de cuerpo negro, 110 VCA,100 a 1046 °C (212 a 1915 °F)

Ejemplo de orden: BB-2A: *Fuente de calibración de cuerpo negro.*

Conceptos básicos de calibración
Documentación técnica de OMEGA Engineering

Introducción

El equipo industrial más sofisticado no será muy útil a menos que se calibre. A través de la calibración, los ajustes realizados a una pieza del equipo aseguran que trabajará de la manera deseada- que puede depender en entregar resultados predecibles y precisos que cumplan con los estándares de calidad. Esta documentación técnica de Ingeniería de Omega explica qué es la calibración, por qué es importante y cómo funciona. La trazabilidad NIST se define y discute y no hay una descripción paso a paso de la calibración básica. Este documento también discute calibración interna vs. calibración de laboratorio y describe los tipos principales de dispositivos de calibración.



OMEGA ofrece una línea completa de dispositivos de calibración.

¿Qué es Calibración?

Definida simplemente, la calibración es el proceso de ajuste de un dispositivo para satisfacer las especificaciones del fabricante. La calibración a veces también se define como la emisión de datos, incluyendo un informe o certificado de calibración, que asegura a un usuario final de la conformidad de un producto con las especificaciones y algunas veces también con las normas externas, como las de la Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standarization), cuyas normas ISO 9001, por ejemplo, establecen especificaciones internacionales para los sectores empresariales. Una empresa sigue estas normas para asegurar que sus productos y/o servicios ganan aceptación entre proveedores y clientes. Esta segunda definición de calibración se denomina más correctamente como certificación.



En la imagen se muestra cómo la fuente de calibración de cuerpo negro de alto rendimiento BB702 de OMEGA se utiliza para calibrar un termómetro infrarrojo OS533E-DM.

Una empresa puede enviar equipos que necesitan calibración a un laboratorio de metrología/calibración, donde un técnico experto en la materia, abordará las especificaciones del equipo o confirmará que ya cumple con ellas, usando instrumentos de medición/prueba que deberán cumplir con los requisitos de calibración estrictos. Todos o parte de los componentes utilizados en un proceso industrial pueden estar calibrados. Una calibración de la temperatura, por ejemplo, podría implicar un solo sensor, un solo instrumento, o un sensor conectado a un instrumento (una calibración del sistema). Normalmente, la precisión de un dispositivo de calibración, o calibrador, es al menos cuatro veces mayor que el equipo que está siendo calibrado.

El equipo usualmente tiene un rango de calibración sobre el cual el técnico verificará las especificaciones en varios puntos. Como Mike Cable explica en Calibración: Guía de un Técnico, "el rango de calibración se define como la región comprendida entre los límites dentro de los cuales la cantidad es medida, recibida o transmitida, expresada por medio de la declaración de los valores inferiores y superiores del rango. Los límites son definidos por los valores de rango y cero. El valor cero es el extremo inferior del rango. El rango se define como la diferencia algebraica entre los valores de rango superior e inferior".

Los ajustes realizados durante la calibración deben encuadrarse dentro de ciertas tolerancias. Dichas tolerancias representan desviaciones muy pequeñas y aceptables de la precisión especificada del equipo.

El fabricante suele hacer la calibración inicial de su equipo. Las calibraciones posteriores se pueden ser hechas internamente, por un laboratorio de terceros o por el fabricante. La frecuencia de recalibración variará con el tipo de equipo. Decidir cuándo volver a calibrar un medidor de flujo, por ejemplo, depende principalmente de cómo está trabajando el medidor en la aplicación. Si los líquidos que pasan a través del medidor de flujo son abrasivos o corrosivos, algunas partes del medidor pueden deteriorarse en muy poco tiempo. En condiciones favorables, el mismo medidor de flujo podría durar años sin requerir ningún tipo de mantenimiento.

Como regla general, sin embargo, se debe realizar una recalibración al menos una vez al año. Por supuesto, en aplicaciones críticas la frecuencia deberá ser mucho mayor.



El túnel de viento de temperatura controlada de recirculación 5 H x 8 m L (15 x 25') de OMEGA se utiliza en conjunto con las normas de velocidad de aire rastreables NIST para proporcionar calibraciones de flujo precisas.

¿Cuáles son algunos tipos de calibradores?

Los calibradores varían en forma y función de acuerdo con los equipos que están diseñados para calibrar. Un calibrador de cuerpo negro, que se utiliza para calibrar pirómetros infrarrojos (termómetros de alta temperatura), tiene normalmente una placa del objetivo con una emisividad muy alta, la temperatura que puede controlarse con tolerancias muy estrechas. Para calibrar un pirómetro, las lecturas de la placa del objetivo tomadas por el pirómetro se comparan con la temperatura conocida y controlada de la placa del objetivo. El pirómetro se ajusta entonces hasta que cualquier diferencia sea tan mínima que pueda considerarse insignificante.

El calibrador de bloque, utilizado para sensores de temperatura, contiene un bloque de metal que se puede calentar a temperaturas precisas. Estas temperaturas se comparan con las ya tomadas por los sensores de temperatura insertados en el bloque.



El minipunto caliente CL1000 se muestra calibrando un sensor termopar, de Modelo KTSS-HH, con un termómetro portátil HHM290.



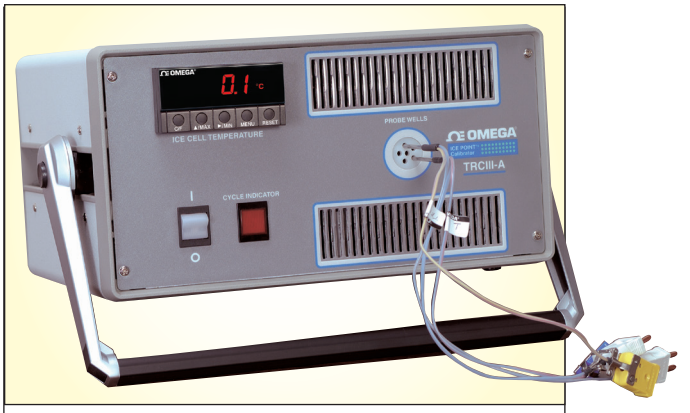
El calibrador de sensor de temperatura de baño de arena fluidizado FSB-4 de 130 lb de capacidad.

Los sensores de temperatura generalmente no se pueden ajustar, por lo que este proceso es de verificación en lugar de verdadera calibración.

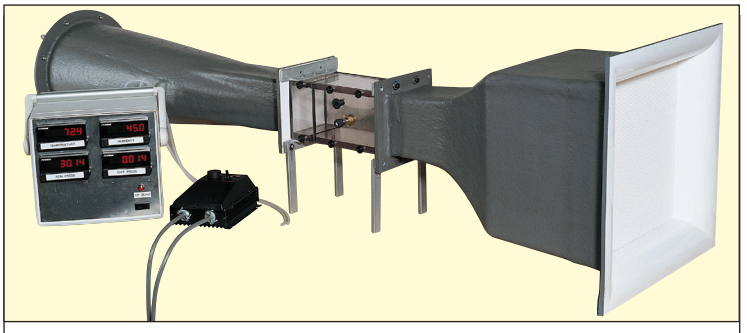
Para calibrar el equipo, a menudo se utiliza un dispositivo conocido como una referencia de señal tal como los medidores de panel y controladores de temperatura. Es un tipo de calibrador que puede generar una señal eléctrica conocida. Hay voltaje, corriente y referencias de la señal de frecuencia. Una vez que una señal de uno de estos calibradores se introduce en el equipo en cuestión, el valor de visualización o salida del equipo se puede ajustar hasta que coincida con la señal conocida. El simulador, un tipo especial de referencia de señal, genera la salida del sensor. Las referencias de señal y los simuladores pueden realizar lecturas con frecuencia, como también generar señales.

Como los baños fluidizados proporcionan una transferencia de calor segura y rápida y también un control preciso de temperatura, son útiles en la calibración de instrumentos sensibles a la temperatura.

El calibrador de sonda de temperatura del baño de arena fluidizado emplea el principio de fluidización que se produce cuando un gas (generalmente aire de baja presión o nitrógeno) fluye hacia arriba a través de una cámara o retorta parcialmente llena o que contiene partículas inertes y secas de óxido de aluminio. El gas fluye a baja velocidad, lo que mantiene las partículas en movimiento, las separa y suspende hasta un nivel estable. Esto da a las partículas una apariencia de turbulencia similar a la de líquidos en ebullición. No solo sólidos de fluidización circulan y fluyen como líquidos; ellos también exhiben excelentes características de transferencia de calor. Los sensores de temperatura insertados en el baño llegan a una temperatura estable rápidamente, lo que facilita la calibración.



Cámara de referencia de calibración con punto de congelamiento TRCIII-A™, una cámara termoeléctrica de alta precisión que utiliza agua para mantener una temperatura continua de 0 °C (32 °F).

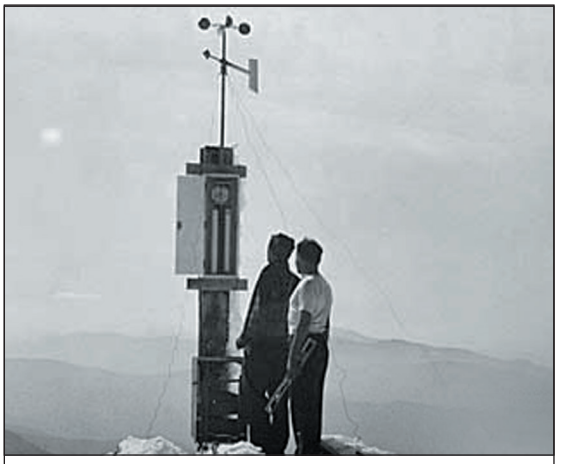


Serie de túnel de viento de mesa modelo WT4401-D de OMEGA.

Los elementos termoeléctricos de refrigeración en una cámara de referencia de calibración con punto de congelamiento producen una temperatura muy precisa y estable de 0 °C. Aunque las cámaras de referencia se utilizan comúnmente para calibrar o verificar los sensores de temperatura, su capacidad para simular una señal de termopar las hace útiles para la calibración o verificación de instrumentos que realizan lecturas de termopares.

El laboratorio de metrología de Omega Engineering tiene un túnel de viento de 25' con enfriadores, bombas y condensadores que mantiene el aire de recirculación a una temperatura y flujo constantes. Esa máquina de grande porte es utilizada para calibraciones de anemómetros y de sensores de aspas. Los túneles de viento de mesa funcionan siguiendo el mismo principio: producen un flujo muy uniforme a través de una sección de prueba bastante reducida.

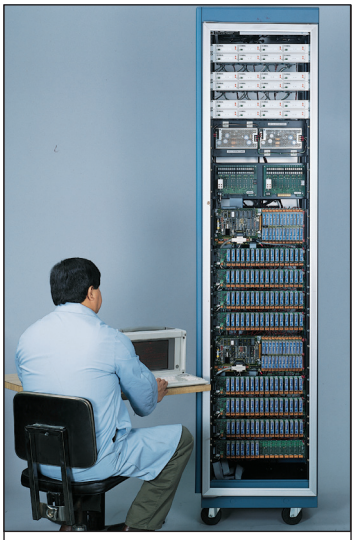
Primer de Calibración Una documentación técnica de OMEGA



Anemómetro en la cima del Monte Washington, alrededor de 1934.

¿ Por qué es importante la calibración?

El 12 de abril de 1934, un anemómetro en la cima del Monte Washington en New Hampshire midió la velocidad del viento de superficie más alta jamás registrada: 231 millas por hora. El anemómetro del Monte Washington, que había sido calibrado en 1933, fue recalibrado después de la medición del récord mundial y resultó ser exacta. Cuando un tifón golpeó Guam en diciembre de 1997, parecía que el récord había sido quebrado, un anemómetro en una base de la fuerza aérea estadounidense registró una ráfaga de viento de 236 mph. Esa lectura, sin embargo, no se registró debido a que el Comité Nacional de Climas Extremos juzgó al anemómetro de Guam como poco fiable. Para expertos en metrología, la supervivencia del antiguo récord era una lección objetiva de la importancia de la calibración. Una nota al pie de página: las velocidades del viento superiores a 231 mph se cree que han ocurrido en los tornados, pero aún no hay ningún dispositivo de documentación que haya resistido a tales extremos. Contrariamente a los rumores, el anemómetro del Monte Washington no fue arrancado durante la tormenta del año 1934. En la actualidad, puede ser visto en el Observatory Summit Museum, en la cima de la montaña.



Para que una empresa esté en conformidad con el ISO 9001, se requiere calibración en los equipos.

Para obtener un ejemplo más realista de lo que ocurre cuando no damos la debida atención a la calibración, no es necesario ir más allá de las instrucciones de preparación de alimentos congelados, que dicen: “las temperaturas del horno pueden variar”. El motivo para tal advertencia es que la mayoría de los hornos domésticos nunca son recalibrados después que salen de la fábrica. Aparentemente los consumidores pueden vivir con ese margen de error, pero la historia para los fabricantes es diferente. Para que una empresa esté en conformidad con el ISO 9001, se requiere que los equipos estén calibrados. Las reglas por sí solas, sin embargo, no explican por qué las mejores empresas reconocen la importancia de hacer la calibración correcta y con frecuencia.

Tome una empresa que fabrique varillas de metal utilizadas en el proceso de su cliente. Supongamos que el cliente haya especificado el diámetro de la varilla en una pulgada, con una tolerancia de más o menos cinco centésimas de pulgada. Si el fabricante verifica el diámetro de la varilla de medición con calibradores no calibrados, ¿puede decir con total confianza que está entregando la varilla que el cliente pidió?

Otras industrias deben enfrentar los mismos dilemas. Si un fabricante de plásticos no está seguro, a través de calibración, de que el plástico líquido entra en sus máquinas de moldeo por inyección a la temperatura adecuada necesaria, pueden ocurrir fallas u otros defectos en el producto acabado. En la industria de climatización, las unidades de aire acondicionado tienen algún tipo de instrumentación de control de temperatura. Si el fabricante no calibra periódicamente esa instrumentación en relación a la producción real de aparatos de aire acondicionado, nunca sabrá si su producto está cumpliendo con su finalidad.



Analab realiza el mantenimiento de los más avanzados equipos de prueba de EMI/EMC, tales como la antena bicónica y la cámara anecoica, mostrados en la figura.

Alguien podría preguntar por qué la tecnología sofisticada del siglo XIX tendría que ser calibrada. La respuesta es que virtualmente todos los equipos se degradan de alguna manera conforme avanza el tiempo y el equipo electrónico - un pilar del proceso de fabricación - no constituyen ninguna excepción. Mientras los componentes envejecen, pierden estabilidad y flujo en sus especificaciones publicadas. Incluso la manipulación normal puede afectar negativamente a la calibración y la manipulación incorrecta, por supuesto, puede hacer que el equipo salga completamente de la calibración (aunque pueda parecer perfectamente bien).

Teniendo en cuenta los beneficios en la calidad, la productividad y los ingresos que un programa de calibración bien diseñado puede traer, los costos son razonables. Aunque pequeñas tareas de calibración se pueden realizar de manera adecuada en la empresa, utilizando calibradores comerciales, la mayoría de las empresas medianas a grandes consideran la calibración un proceso de alta prioridad y optan por los servicios de un laboratorio de metrología/calibración independiente. Una empresa muy grande podría pensar en invertir en equipos automatizados destinados a la realización de muchas calibraciones diarias, pero dicho equipo, el mismo tipo utilizado por laboratorios independientes, es caro y requiere técnicos especializados. Si necesita obtener la certificación de alguna autoridad de calibración externa, eso también se suma a los costos.



En el laboratorio de calibración de OMEGA, los instrumentos de precisión rastreables conforme NIST se utilizan para realizar calibraciones precisas de temperatura.

¿Qué es la rastreabilidad NIST?

El Instituto Nacional de Normas y Tecnología (National Institute of Standards and Technology, NIST), parte del Departamento de Comercio de Estados Unidos, supervisa el desarrollo de normas y tecnología de medición consistentes con el Sistema Internacional de Unidades (International System of Units, SI). El NIST también se encarga de impartir estas normas al Sistema Americano de Mediciones a través de calibraciones y otros servicios. Para ayudar a la industria de los Estados Unidos a cumplir con las normas internacionales, el NIST proporciona, entre otros programas, un laboratorio de acreditación que permite a los negocios establecer una trazabilidad de los resultados de medición.

Como NIST lo define, la trazabilidad "requiere el establecimiento de una cadena intacta de comparaciones a referencias ya establecidas". Los enlaces en esta cadena consisten en comparaciones documentadas que comprenden los valores e incertidumbres de sucesivos resultados de medición. Los valores e incertidumbres de cada medición en la cadena pueden ser rastreados a través de normas de referencia intermediarias, hasta la más alta norma de referencia para la cual la rastreabilidad es reclamada. Conforme NIST, el término "rastreable por NIST" es una abreviatura de "resultados de mediciones que son rastreables por normas de referencia desarrolladas y mantenidas por NIST".

El proveedor de las mediciones rastreables de NIST puede ser el mismo NIST u otra organización. NIST reporta que cada año más de 800 empresas vinculan sus normas de medición a NIST. Ellos entonces pueden seguir estas normas al proporcionar servicios de medición a sus clientes, al cumplir con los reglamentos y al mejorar la garantía de calidad.

NIST realiza calibraciones de pesos y aunque no es el único proveedor de este servicio, se destaca por mantener la norma nacional para masas. Esa norma, conocida como el prototipo nacional del kilogramo K20, está guardada en un cofre en NIST y es prácticamente una copia exacta, concedida a los Estados Unidos en 1889, del prototipo internacional, que es mantenido en una bóveda en el Bureau International des Poids et Mesures (Oficina Internacional de Pesos y Medidas) en Francia. Los prototipos son fabricados en 90% de platino y 10% de iridio.

El kilogramo es único entre las unidades de base de SI, en el hecho de que todavía es definido por un instrumento - el prototipo internacional - mientras que las definiciones de otras unidades de base se refieren a propiedades físicas básicas. La definición original de kilogramo – la masa de un litro de agua pura en 4 °C y presión atmosférica estándar - demostró ser difícil de ser duplicada en la práctica.

¿Qué se involucra en una calibración típica?

Un sistema de pesaje sirve bien para ilustrar los principios generales de la calibración. Arquímedes y Leonardo Da Vinci utilizan la colocación de contrapesos calibrados en una palanca mecánica para el equilibrio y por lo tanto determinar pesos desconocidos. Una variación de este dispositivo utiliza múltiples palancas, cada una de una longitud diferente y equilibrada con un solo peso estándar. Más tarde, los resortes calibrados reemplazaron los pesos estándar.

La introducción de las celdas de carga hidráulicas y electrónicas (base de un extensómetro) representó el primer gran cambio de diseño en la tecnología de pesaje. En las plantas de procesamiento de la actualidad, se prefieren las celdas de carga electrónicas en la mayoría de las aplicaciones. Para comprobar si los transductores y las celdas de carga están funcionando correctamente, el usuario debe responder a lo siguiente: ¿La indicación de peso vuelve a cero cuando el sistema está vacío o sin carga? ¿El peso indicado se duplica cuando el peso se duplica? ¿El peso indicado permanece igual cuando la ubicación de la carga cambia (carga desigual)? Si las respuestas son afirmativas, las celdas y los transductores están probablemente en buenas condiciones.

Antes de calibrar, se debe examinar el sistema mecánico y la instalación de células como se describe a continuación:

- Inspeccione los cables de la celda de carga, la bobina y proteja cualquier exceso.
- La carga se distribuirá uniformemente si el sistema de pesaje involucra múltiples celdas de carga. Si las diferencias entre las celdas superan el 10%, la carga debe volver a equilibrarse y ajustarse con cuñas.

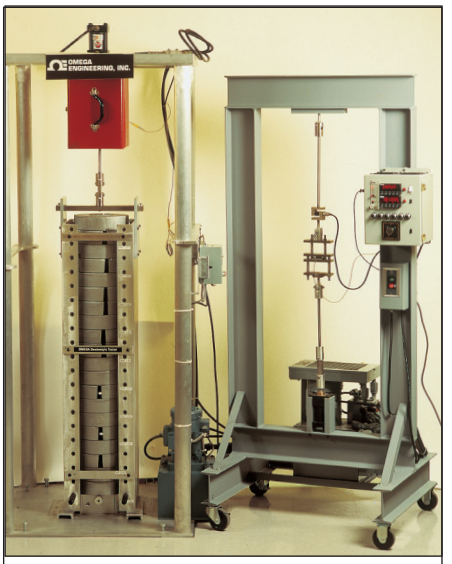


Probadores de peso muerto de presión alta y baja rastreables conforme NIST.

- Durante la calibración, el usuario debe de ser capaz de levantar el recipiente sin descargar ni sobrecargar las otras celdas. El diseño del sistema debe proveer un levantamiento para la extracción horizontal de celdas.

La calibración del recipiente requiere de perchas o estantes para apoyar los pesos de calibración. Para un recipiente ASME, las perchas o estantes deben de ser adicionados cuando se fabrica el recipiente. La calibración a una precisión de 0.25% de la escala completa o mejor, generalmente se realiza con pesos muertos y es el único método de calibración reconocido por agencias de pesos y medidas.

Para obtener más detalles visite mx.omega.com



El probador de peso muerto de alta capacidad (izquierda) y el probador hidráulico (derecha) se utilizan en la calibración de celdas de carga y medidores de corriente.

La calibración comienza al ajustar en cero el sistema:

- Durante la calibración de peso muerto, cargue uniformemente el recipiente a 10% de la capacidad de carga viva usando pesas estándar. Registre la indicación de peso y elimine las pesas. A continuación, añada material de proceso al recipiente hasta que el indicador de peso registre el mismo peso de 10% que hizo con las pesas de calibración. Vuelva a cargar el recipiente con las pesas de calibración y registre la lectura (ahora alrededor del 20%). Repita estos pasos hasta que se alcance el 100% de la capacidad.
- La calibración del peso vivo es un método nuevo y más rápido, usa personas prepesadas en vez de pesas de calibración. El procedimiento es idéntico a la calibración de peso muerto. Nunca utilice este método si hay riesgo de lesiones.
- El método de calibración "de transferencia de material" utiliza otra escala para verificar el peso. Este método está limitado por la precisión de la escala de referencia y por el error debido a riesgos de pérdida de material durante la transferencia.
- Una celda maestra puede utilizarse para la calibración siempre y cuando sea de tres a cuatro veces más exacta que la precisión esperada del sistema calibrado. Este procedimiento implica la carga incremental y la evaluación, en cada paso, de las señales de salida tanto de la báscula calibrada y de la celda de carga principal. El número de divisiones utilizado y el método de aplicación de la fuerza (hidráulica o servomotora) son escogidos por el usuario.

Si una célula de carga está causando problemas, se pueden realizar cuatro pruebas:

- Inspección mecánica: Revisar si hay daños en la celda de carga. Si está deformada, - doblada, estirada o comprimida desde su forma original -, debe reemplazarse. Busque distorsión o grietas en todas las superficies metálicas. Las superficies de flexión deben estar paralelas entre sí y perpendiculares a las dos superficies finales. Revise la longitud entera de todos los cables. Los cables cortados o de desgastados pueden causar un cortocircuito en una celda de carga.
- Balance cero (sin carga): Las tensiones residuales en el área de detección son la causa habitual de cambios en el balance cero. Estas tensiones son el resultado de la sobrecarga de la celda o de ciclos de operación repetidos. Con un voltímetro mida la salida de la celda de carga cuando la misma no tenga ningún peso. Esta lectura debe estar dentro de 0.1% de la señal de salida especificada a cero. Si la salida está más allá de la banda de tolerancia de balance cero, la celda se daña pero posiblemente se pueda corregir.
- Resistencia del puente: Mida la resistencia a través de cada par de cables de entrada/salida. Compare estas lecturas con las especificaciones de la celda de carga. La falla en uno o más elementos - típicamente de cargas eléctricas o paros de electricidad - es la causa principal de lecturas fuera de la tolerancia.
- Resistencia a tierra: Conecte todos los cables de entrada, salida, sensores y conductores tierra, luego mida con un ohmímetro la resistencia entre el cuerpo de la celda de carga y los cables. La lectura debe de ser por lo menos de 5000 megaohmios. Si la celda de carga falla en esta prueba, realice una segunda prueba sin el cable tierra. Si vuelve a fallar, la célula necesita reparación; pero si pasa, el problema puede ser en el cable. La infiltración de humedad puede haber causado un cortocircuito en el flujo de la corriente en la parte electrónica y el cuerpo de la celda.

Servicios completos de calibración y pruebas OMEGACAL™

OMEGA se esfuerza constantemente para crear nuevas maneras de aumentar el servicio a nuestros clientes. Con este objetivo, estamos ampliando continuamente nuestra oferta de calibración. Tenemos una amplia selección de normas rastreables NIST, primarias y secundarias, para productos de calibración de temperatura, humedad, presión, flujo y fuerza. Nuestras normas internas de calibración incluyen una línea completa de calibradores de cuerpo negro para la calibración de pirómetros infrarrojos. Están disponibles cinco niveles de calibración, cada uno con los documentos de certificación.

Referencias

Basic Metrology for ISO 9000 Certification, G. M. S. de Silva, Butterworth-Heinemann, 2002.

Calibration: A Technician's Guide, Mike Cable, Sociedad de Instrumentación, Sistemas y Automatización, 2005.

"Calibration Trends in the 21st Century," Thomas Johnson,

Ingeniería de Evaluación Septiembre de 2002.

Guide for the Use of the International System of Units (SI),

Departamento de Comercio de los Estados Unidos de América, 1995.

An Introduction to Measurement and Calibration, Paul D. W. Campbell, Prensa Industrial, 1995.

Measurement and Calibration Requirements for Quality Assurance to ISO 9000, Alan S. Morris, Wiley, 1998.

The Metrology Handbook, J. L. Bucher, Prensa de Calidad ASQ, 2004.

Traceable Temperatures: An Introduction to Temperature Measurement and Calibration,

J. V. Nicholas and D. R. White, Wiley, 2001



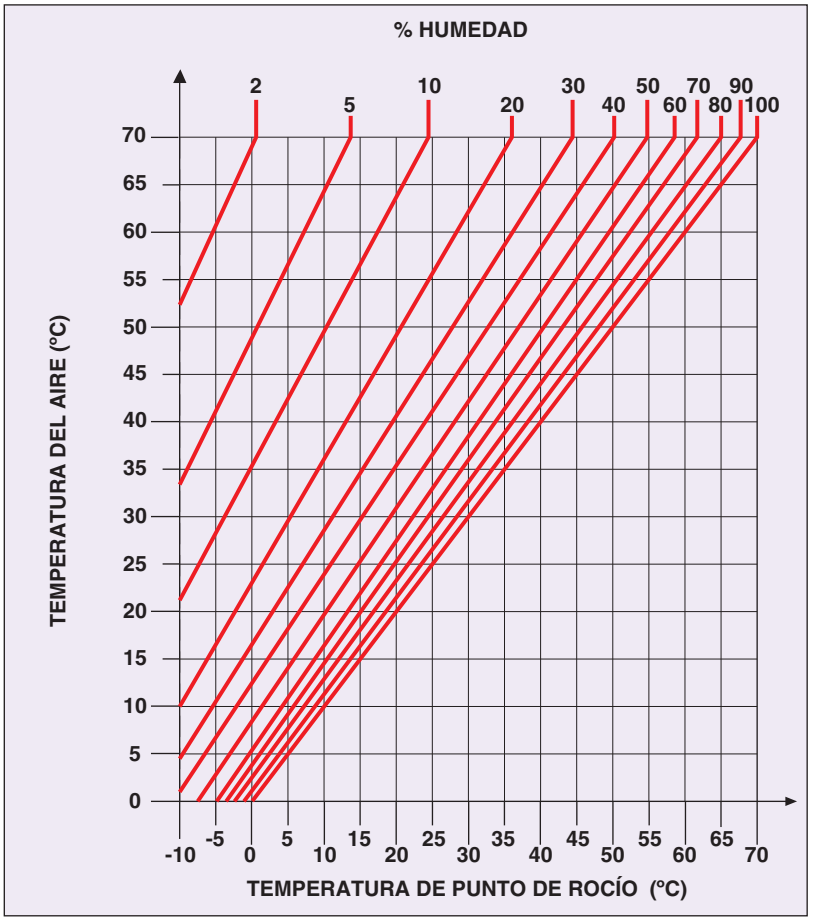
La fotografía que se muestra es el sitio de prueba en área abierta (OATS por sus siglas en inglés, Open Area Test Site) de 3 y 10 m (9 y 30') de OMEGA utilizado para realizar las pruebas de emisiones.

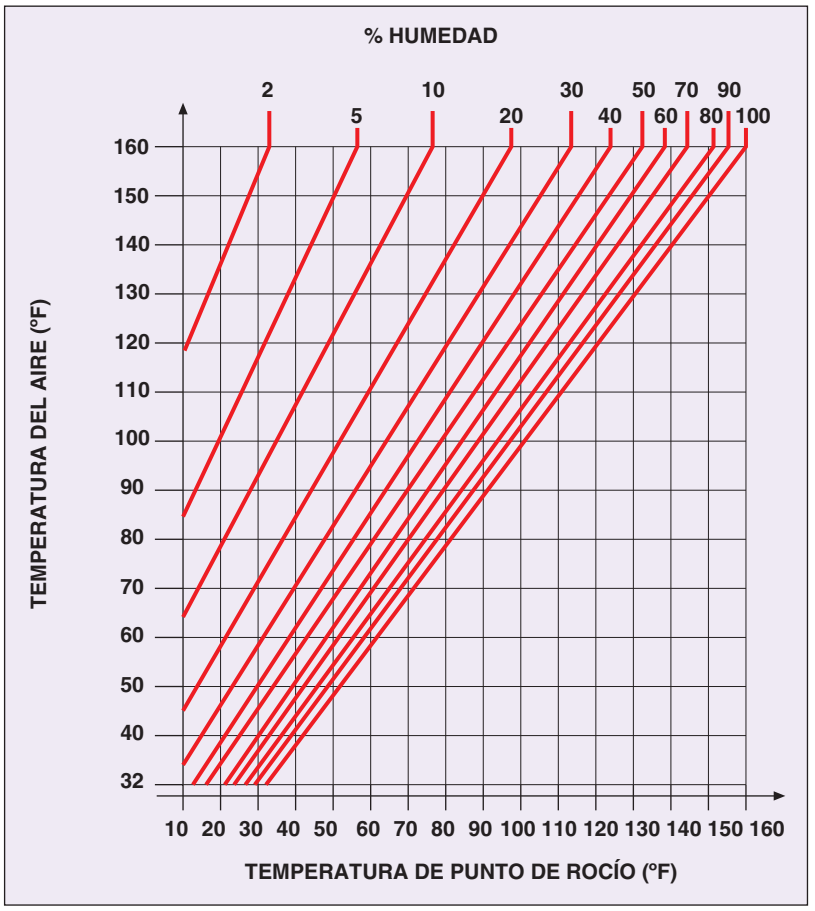
Punto de rocío

Gráficos basados en:

$$H = 100\varepsilon^{17.5\left(\frac{t_d - t_a}{t_d + 240.97}\right)}$$

donde H = humedad relativa (%)
t_d = temperatura de punto de rocío (°C)
t_a = temperatura del aire (°C)





Para determinar la temperatura de punto de rocío: Después de medir la temperatura del aire y la humedad relativa, utilice el gráfico trazando una línea horizontal desde la temperatura del aire (eje Y) hasta la línea apropiada de humedad relativa. Luego trace una línea vertical desde esa intersección hasta la temperatura del punto de rocío (eje X).

Humedad relativa de equilibrio

Soluciones salinas saturadas

Soluciones salinas saturadas. Un método muy conveniente para calibrar los sensores de humedad es el uso de soluciones salinas saturadas. En cualquier temperatura, la concentración de una solución saturada es fija y no tiene que ser determinada. Al agregar más soluto, la solución permanecerá saturada incluso ante la presencia de fuentes e disipadores con humedad reducida. Cuando el soluto es un sólido en la fase pura, es fácil determinar la existencia de saturación.

La solución salina saturada, compuesta de una mezcla fangosa de agua destilada y sal químicamente pura, es colocada en una cámara de vidrio o sellada con metal. Wexler y Hasegawa midieron la humedad en la atmósfera en ocho soluciones salinas saturadas para temperaturas ambiente entre 0 y 50 °C utilizando un higrómetro con punto de rocío. Posteriormente, Greenspan compiló, a partir de la literatura, datos sobre 28 soluciones salinas saturadas para cubrir el rango completo de humedad relativa. Mediante una base de datos de 21 investigaciones independientes compuestas por 1106 mediciones individuales, se lograron hacer ajustes mediante el método de los mínimos cuadrados para ecuaciones polinomiales comunes para obtener el “mejor” valor de humedad relativa en el aire como una función de la temperatura. Esos valores están resumidos en la tabla indicada.

Humedad relativa (%RH)			
Temperatura °C	Cloruro de litio	Acetato de potasio	Cloruro de magnesio
0	11.23 ± 0.54		33.66 ± 0.33
5	11.26 ± 0.47		33.60 ± 0.28
10	11.29 ± 0.41	23.28 ± 0.53	33.47 ± 0.24
15	11.30 ± 0.35	23.40 ± 0.32	33.30 ± 0.21
20	11.31 ± 0.31	23.11 ± 0.25	33.07 ± 0.18
25	11.30 ± 0.27	22.51 ± 0.32	32.78 ± 0.16
30	11.28 ± 0.24	21.61 ± 0.53	32.44 ± 0.14
35	11.25 ± 0.22		32.05 ± 0.13
40	11.21 ± 0.21		31.60 ± 0.13
45	11.16 ± 0.21		31.10 ± 0.13
50	11.10 ± 0.22		30.54 ± 0.13
55	11.03 ± 0.23		29.93 ± 0.16
60	10.95 ± 0.26		29.26 ± 0.18
65	10.86 ± 0.29		28.54 ± 0.21
70	10.75 ± 0.33		27.77 ± 0.25
75	10.64 ± 0.38		26.94 ± 0.29
80	10.51 ± 0.44		26.05 ± 0.34
85	10.38 ± 0.51		25.11 ± 0.39
90	10.23 ± 0.59		24.12 ± 0.46
95	10.07 ± 0.67		23.07 ± 0.52
100	9.90 ± 0.77		21.97 ± 0.60

Humedad relativa (%RH)						
Temperatura °C	Carbonato de potasio	Nitrato de magnesio	Cloruro de de sodio	Cloruro de potasio	Nitrato de potasio	Sulfato de potasio
0	43.13 ± 0.66	60.35 ± 0.55	75.51 ± 0.34	88.61 ± 0.53	96.33 ± 2.9	98.77 ± 1.1
5	43.13 ± 0.50	58.86 ± 0.43	75.65 ± 0.27	87.67 ± 0.45	96.27 ± 2.1	98.48 ± 0.91
10	43.14 ± 0.39	57.36 ± 0.33	75.67 ± 0.22	86.77 ± 0.39	95.96 ± 1.4	98.18 ± 0.76
15	43.15 ± 0.33	55.87 ± 0.27	75.61 ± 0.18	85.92 ± 0.33	95.41 ± 0.96	97.89 ± 0.63
20	43.16 ± 0.33	54.38 ± 0.23	75.47 ± 0.14	85.11 ± 0.29	94.62 ± 0.66	97.59 ± 0.53
25	43.16 ± 0.39	52.89 ± 0.22	75.29 ± 0.12	84.34 ± 0.26	93.58 ± 0.55	97.30 ± 0.45
30	43.17 ± 0.50	51.40 ± 0.24	75.09 ± 0.11	83.62 ± 0.25	92.31 ± 0.60	97.00 ± 0.40
35		49.91 ± 0.29	74.87 ± 0.12	82.95 ± 0.25	90.79 ± 0.83	96.71 ± 0.38
40		48.42 ± 0.37	74.68 ± 0.13	82.32 ± 0.25	89.03 ± 1.2	96.41 ± 0.38
45		46.93 ± 0.47	74.52 ± 0.16	81.74 ± 0.28	87.03 ± 1.8	96.12 ± 0.40
50		45.44 ± 0.60	74.43 ± 0.19	81.20 ± 0.31	84.78 ± 2.5	95.82 ± 0.45
55			74.41 ± 0.24	80.70 ± 0.35		
60			74.50 ± 0.30	80.25 ± 0.41		
65			74.71 ± 0.37	79.85 ± 0.48		
70			75.06 ± 0.45	79.49 ± 0.57		
75			75.58 ± 0.55	79.17 ± 0.66		
80			76.29 ± 0.65	78.90 ± 0.77		
85				78.68 ± 0.89		
90				78.50 ± 1.0		
95						
100						

Transmisores de dos cables
Para aplicaciones de temperatura

El transmisor de dos cables es una solución ideal para muchas aplicaciones de medición de temperatura. Los transmisores cuentan con ventajas definitivas sobre los dispositivos de medición de temperatura tradicionales, pero deberán seleccionarse con precaución para evitar problemas de "lazo de tierra".

PROPÓSITO
En muchos casos, se debe monitorear la temperatura de un proceso remoto. Los dispositivos de detección de temperatura comunes, tal como los termopares y RTD producen señales muy pequeñas. Estos sensores pueden conectarse a un transmisor de dos cables que amplificará y acondicionará la señal pequeña. Cuando se acondiciona a un nivel utilizable, esta señal puede transmitirse mediante un alambre de cobre normal y se utiliza para impulsar otros equipos, tal como medidores, registradores de datos, registradores de gráficas, computadoras o controladores.

OPERACIÓN
Un transmisor de dos cables consume corriente de una fuente de potencia de corriente continua remota en proporción a su entrada del sensor. La señal real se transmite como un cambio en la corriente de la fuente de alimentación. Específicamente, el transmisor de la entrada del termopares consumirá 4 mA de corriente a partir de la fuente de alimentación de CC cuando se mida la temperatura más baja del proceso. Posteriormente, conforme se incrementa la temperatura, el transmisor de dos cables consumirá más corriente proporcionalmente, hasta que alcance 20 mA. Esta señal de 20 mA corresponde a la más alta temperatura detectada por el termopar. El circuito interno de acondicionamiento de señal del transmisor (alimentado por una parte de la corriente de 4 a 20 mA) determina el rango de temperatura que representará la señal de corriente de salida.
Físicamente, solo dos alambres de cobre son necesarios para conectar la señal de salida del transmisor en un circuito en serie con la fuente de alimentación remota y el equipo de proceso.

VENTAJAS
Los transmisores de dos alambres ofrecen numerosas ventajas sobre las formas tradicionales de medir la temperatura.

1. **No es necesaria la potencia de corriente alternada en la ubicación remota para hacer funcionar un transmisor de dos cables.** Dado que los transmisores se alimentan de una señal de corriente de salida de bajo nivel de 4 a 20 mA, no debe disponerse de una fuente adicional en la ubicación remota. Además, la señal de 24 VCC usual necesaria para la operación es estándar en plantas que cuentan con un gran número de instrumentos.
2. **Ni el ruido eléctrico y la degradación de la señal son un problema para usuarios de transmisores de dos cables.** La señal de salida de la corriente del transmisor tiene una alta inmunidad con respecto al ruido eléctrico ambiental. Generalmente se elimina todo ruido que aparezca en la corriente de salida mediante el rechazo de modo común del dispositivo receptor. Además, la señal de salida de corriente no cambiará (disminuirá) con distancias de la mayoría de las señales de voltaje.
3. **El costo de los cables baja considerablemente cuando se usan transmisores de dos alambres.** Los termopares producen señales de baja tensión que casi siempre requieren el uso de un cable blindado cuando deben transmitirse a una distancia importante. El ruido eléctrico ambiental de los relés eléctricos de arco, motores y líneas de potencia de CA puede causar disturbios en las señales que se transmiten en un cable no blindado. Además, con frecuencia se instala cable de calibre grueso en aplicaciones que requieren tendidos largos de cables (dado que se reducen los errores de la caída del voltaje de la señal debido a la resistencia de la línea). El alambre de cobre común se puede usar para conectar todo el equipo pertinente en el sistema del transmisor de dos cables. La señal de salida de corriente de 4 a 20 mA es relativamente inmune al ruido eléctrico y no se degrada debido a la transmisión a larga distancia, aun en un hilo de diámetro pequeño. Si se agrega un transmisor de dos cables al sistema, se elimina el problema de la necesidad de largos tendidos de cables caros y una extensa cantidad de blindaje.

PROBLEMAS DEL LAZO DE TIERRA
Si se instalara una barra en tierra en dos diferentes puntos y si estuviera conectado un voltímetro entre los mismos, se detectaría una tensión diferencial entre los dos, esa diferencia en el potencial existe entre prácticamente cualesquiera dos puntos a lo largo de la superficie de la tierra. Cuando se trata de medir un proceso que está en una ubicación remota, esta tensión diferencial inducirá una corriente errónea a lo largo de la línea, la cual se conoce como una señal de "lazo de tierra". La cual causará un error en la pantalla.
Para evitar errores de "lazo de tierra" de este tipo, elija un transmisor aislante de dos cables para su sistema. Este tipo de transmisor aislará la señal del sensor desde un lazo de corriente de salida de forma optoelectrónica. Eso permitirá al usuario poder colocar en tierra el sensor y uno de los lados del lazo de tierra.

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSMISOR
Los transmisores presentan una salida de dos cables con el mismo cableado utilizado para potencia y salida. La resistencia de la carga está conectada en serie con alimentación de potencia de CC y la corriente que se consume de la alimentación es de 4 a 20 mA o una señal de salida que es proporcional a la señal de entrada.

La transmisión de dos cables permite el montaje remoto del transmisor cerca del sensor para minimizar los efectos del ruido y degradación de la señal a los que están susceptibles las salidas del sensor de bajo nivel.

Un gabinete metálico resistente, apropiado para montaje en campo, ofrece protección contra el medio ambiente y conexiones de rosca de entrada y salida de la terminal. Este gabinete puede ser montado en un riel con relé estándar o en una superficie. La mayoría de los transmisores de dos cables están linealizados a la señal de voltaje producida por el termopar o RTD, aunque existen nuevos modelos disponibles que están linealizados a la temperatura real.
Los transmisores de dos cables convierten la señal del termopar o del RTD en una señal de salida de 4 a 20 mA. Ciertos modelos harán la conversión para una salida RS232C. Los transmisores están disponibles con una selección de interruptores DIP para diversos tipos de termopares conforme el modelo, al igual que una selección de termopares y RTD en un único modelo. Los transmisores de dos cables están disponibles en modelos aislantes y no aislantes y también presentan ajustes con cero y variación de salida superior a 80 hasta 100% (dependiendo del modelo) del rango del sensor.

Información técnica
Cómo usar núcleos de ferrita con instrumentación



El termopar OMEGA y los conectores RTD con núcleos de ferrita de níquel zinc integrados se utilizan donde se busca suprimir interferencia electromagnética comúnmente conocida como EMI. La supresión de EMI se ha tornado una inquietud importante en el campo de la instrumentación y control. Es de particular importancia en el manejo y la transmisión de datos electrónicos, al igual que señales de transductores, tal como termopares, termistores y RTD. Esto se debe a que los conductores principales, extensiones y cables de señales con frecuencia actúan como antenas. OMEGA ofrece una gama de productos de ferrita de níquel zinc en nuestros nuevos conectores de ferrita OMEGA. Esto permite al usuario reducir el "efecto antena" que permite que señales indeseables entren en instrumentación y controles.

Conectores de ferrita

La efectividad de cualquier núcleo de ferrita se basa en la selección del material, número de espiras del cable y la longitud total del cable. Los conectores de ferrita de OMEGA de la lista fueron creados para una infinidad de aplicaciones generales. El uso de núcleos de ferritas adicionales, al igual que una selección específica de material de ferrita, permitirá una mejora considerable en la supresión de EMI. Aunque los conectores de ferrita de OMEGA están diseñados para una infinidad de aplicaciones, la cantidad de supresión de EMI variará de aplicación para aplicación.

Favor de consultar a la fábrica sobre aplicaciones en las que no son suficientes los conectores estándar de ferrita de OMEGA.

Nota: los núcleos de ferrita integrados están disponibles en conectores miniatura machos y en conectores de tamaño estándar macho y hembra.

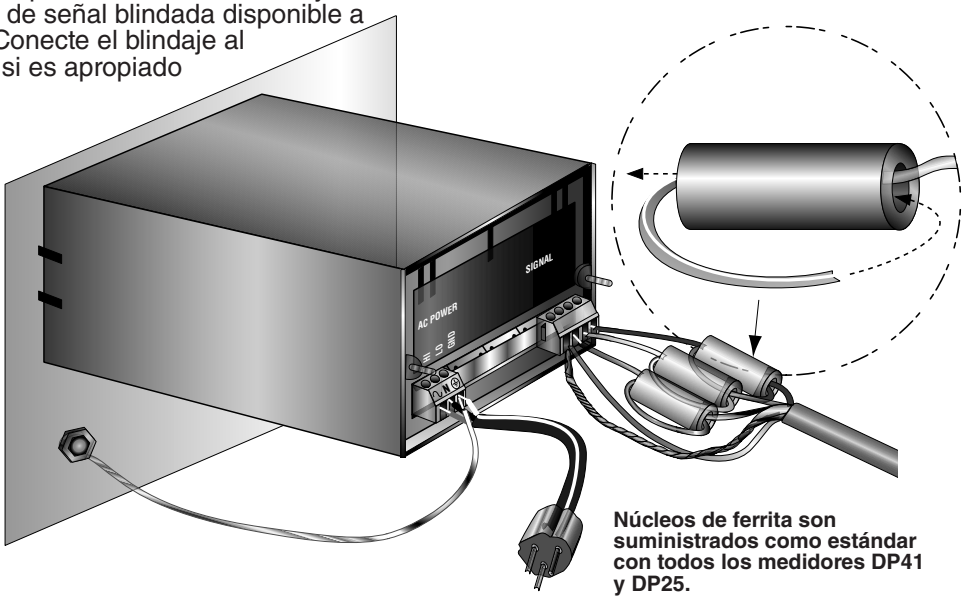
Medidores y controladores del Panel OMEGA™

1) Está previsto que controladores y medidores de panel OMEGA se instalen en paneles metálicos que deben conectarse a tierra. Se pueden conseguir paneles de gabinete estándar con OMEGA Engineering. Bajo ambientes de extrema radiación electromagnética, los gabinetes EMI blindados ofrecen protección adicional.

2) JAMÁS tienda cables de señal y potencia en el mismo electroducto.

3) Cuando el problema es la compatibilidad electromagnética, siempre use CABLES BLINDADOS para todas las entradas y salidas. (Hay una gran selección de cable de señal blindada disponible a través de OMEGA Engineering). Conecte el blindaje al cable tierra de la señal analógica si es apropiado o a la puesta a tierra.

4) Instale un (o más) núcleo de ferrita en cada cable de entrada de señal cerca del medidor.



Núcleos de ferrita son suministrados como estándar con todos los medidores DP41 y DP25.

La política de Omega es hacer cambios en el funcionamiento y no en los modelos, cuando es posible realizar una mejora. Esto les permite a nuestros clientes lo último en tecnología e ingeniería.

Compatibilidad electromagnética

La compatibilidad electromagnética (EMC) puede ser un término nuevo para algunas personas. No obstante, ha sido importante durante muchos años y de hecho antecede a la segunda guerra mundial. Por varias décadas, tres agencias han impulsado la EMC: las fuerzas armadas de los Estados Unidos; el Comité Internacional Especial de Europa sobre Perturbaciones de Radioeléctricas (Interferencia), CISPR y la Comisión Federal de Comunicación de los Estados Unidos (FCC).



Local de pruebas en área abierta (O.A.T.S.). Utilizado para pruebas de 3 - a 10 - metros. Listado en F.C.C e acreditado por NVLAP.

Historia

La EMC se convirtió en un problema en el entorno militar en especial en buques de gran calado cuando se tenían que operar satisfactoriamente los equipos electrónicos que estaban muy cerca de sí. En dicho ambiente, toda la electrónica de la comunicación, navegación y procesado de datos tiene que funcionar simultáneamente ante la presencia de fuertes campos de radiofrecuencia (RF). Se producen dichos cambios RF mediante equipo de comunicación de dos vías, transmisores de radar y dispositivos controlados por microprocesadores. Aunado a esta "mezcla", a bordo de un buque militar se encuentran artillería o explosivos y combustible para aviones. En dicho ambiente es muy evidente que cada dispositivo necesita ser compatible electromagnéticamente con el ambiente y no dejar de funcionar o perder su seguridad por el entorno. Además cada dispositivo adicionado a este medio no debe contribuir innecesariamente o accidentalmente a emisiones espurias que no cumplan alguna función en particular. En base a lo anterior, se desprende el origen de los dos aspectos más importantes de la EMC, es decir las emisiones e inmunidad.

Debido a la proliferación global de los dispositivos eléctricos en ambientes no militares, se ha tornado más importante que se conserve la EMC en ambientes civiles por igual. Los ambientes residenciales y comerciales pueden contener docenas de aparatos que se controlan mediante microprocesadores, es decir, estufas, grabadoras de videocasete, televisores, hornos de pan, computadoras, etc. Todos los dispositivos electrónicos que utilizan tecnología de microprocesador generan radiofrecuencias.

Por ejemplo, una computadora de 100 MHz contiene un reloj electrónico que marca el paso del microprocesador en su programa. En este caso, la frecuencia del reloj cae dentro del espectro de la frecuencia asignada en los Estados Unidos para la transmisión de radio FM. En el caso de que los fabricantes de computadoras no tomaran precauciones, ocurrirían interferencias con los radio receptores cercanos. Si no son controladas, las frecuencias armónicas o los múltiples de esa frecuencia podrían causar interferencia en otros radio receptores; tal como los que usa el personal de emergencias médicas y receptores de televisión. Por lo tanto atañe a los fabricantes de dispositivos electrónicos digitales garantizar que sus productos no serán incompatibles ni afectarán otros dispositivos electrónicos.

EMC y los Estados Unidos

Debido a la proliferación del Equipo de Tecnología de la Información (ITE) y otros equipos electrónicos controlados por microprocesadores, en la década de los 70, la FCC (como autoridad con jurisdicción en los Estados Unidos) implementó límites a las emisiones de RF desde dispositivos digitales.

Los dispositivos digitales que están destinados a utilizarse en ambientes residenciales se clasifican como dispositivos Clase B. Dichos dispositivos Clase B deben cumplir con los límites establecidos en la Sección 15 de las reglas de la FCC para emisiones radiadas y conducidas. Antes de poder vender dispositivos de Clase B en los Estados Unidos, estos deben cumplir con los requisitos de la FCC. Actualmente, Estados Unidos no cuenta con requisitos para pruebas de inmunidad. Hasta hoy día los productos destinados para utilizarse en los campos industriales, científicos y médicos de los Estados Unidos están exentos del cumplimiento de estos límites. Dichos dispositivos están clasificados como Clase A y no pueden utilizarse en ambientes residenciales.

EMC y la Unión Europea

Los productos en venta en la Unión Europea deben portar la marca CE que representa la declaración de conformidad de parte del fabricante de los productos con respecto a las normas y directrices armonizadas aplicables. Los dispositivos electrónicos quedan sujetos a la Directriz EMC 89/392/EEC, Artículo 4 del presente documento que establece que "El aparato deberá ser construido de tal forma que… (a) la afectación EMC que genere no rebase un nivel que permita que el equipo de radio y telecomunicación y demás aparatos funcionen como debe ser; (b) el aparato cuenta con el suficiente nivel de inmunidad intrínseca a la perturbación EMC para permitirle

funcionar como debe ser".

Evidentemente, el cumplimiento de los requisitos esenciales de la Directriz Europea sobre EMC exige la evaluación de las características de emisión e inmunidad del producto. En especial, los productos que se usan en ambientes industriales pesados y ligeros comerciales no están exentos del cumplimiento.

El requisito de inmunidad intrínseca exige que la construcción del aparato electrónico permita que su rendimiento no degrade su ambiente electromagnético normal. Por ejemplo, un consumidor de Europa tiene el derecho de esperar que el sistema digital de seguridad que monitorea su casa no falle si los tripulantes de una ambulancia se comunican con el despachador local mediante una radiocomunicación de dos vías. La directriz supone que los fabricantes diseñarán los productos para que tengan inmunidad no solo con respecto a campos de RF radiada, sino a otros fenómenos electromagnéticos.

Las pruebas de inmunidad específica se clasifican en normas y estándares europeos específicos por producto. En su mínima expresión, esto significa que el funcionamiento de un dispositivo no tendrá afectación adversa debido a (1) campos RF, tal como estaciones de transmisión televisiva o radial y radio equipo de dos vías; (2) eventos de descarga electroestática (ESD); (3) y rápidos transitorios eléctricos (EFT).

Las pruebas de inmunidad de producto en simulaciones de ambientes de la vida real permiten a los fabricantes demostrar el cumplimiento con el Artículo 4, Cláusula B de la Directriz EMC.

Ciertas normas específicas y la norma de inmunidad genérica de 1997 requieren pruebas de inmunidad adicionales. Estas pruebas adicionales incluyen: inmunidad contra RF conducida, inmunidad a sobrevoltaje, inmunidad a campos magnéticos de frecuencia de potencia, inmunidad a caída e interrupción de voltaje e inmunidad contra campos de RF pulsada.

Conformidad con CE

El cumplimiento de los requisitos esenciales de la directriz EMC debe ser indicado por el fabricante o su representante autorizado. Esto es mediante la emisión de un documento intitulado "Declaración de conformidad" (DOC).

El fabricante tiene la responsabilidad de buscar y conservar evidencia técnica que corrobore todas las reclamaciones de "conformidad" del producto.

La evidencia de apoyo está basada en un archivo de construcción técnica (TCF). Se contará con un TCF para cada producto en venta en la Unión Europea. El fabricante o una agencia de pruebas de Tercera Parte podrán realizar la verificación del cumplimiento (pruebas). Aunque en todos los casos, las pruebas deben realizarse en armonía con las normas internacionales de pruebas IEC. Se incluirán en el TCF los resultados de las pruebas EMC, tal como el reporte de prueba expedido por un laboratorio de pruebas.

El producto que cumpla con los requisitos de una "norma específica de producto" apropiada, o en lugar de una "norma específica de producto" la norma genérica, supondrá el cumplimiento de los requisitos esenciales de la Directriz EMC.

Además de la Directriz EMC, se podrán aplicar otras directrices al dispositivo electrónico. Deberá verificarse y documentarse el cumplimiento con todas las directrices aplicables. Tras cumplir con todos los requisitos, se podrá aplicar la marca CE.

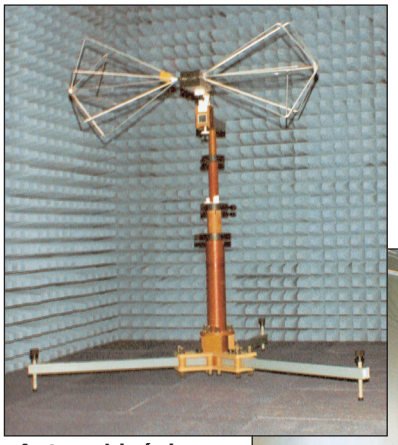
Por un periodo de diez años tras colocarse en el mercado europeo, se deberá guardar en un archivo la documentación técnica de apoyo (TCF) y solo un representante autorizado de la Unión Europea tendrá acceso al mismo.

Beneficios

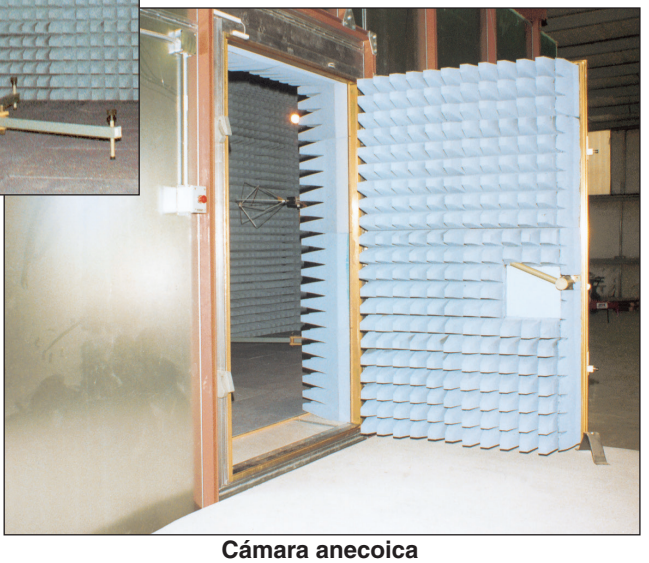
El cumplimiento de la directriz EMC de la Unión Europea tiene como resultado productos más robustos, mejoras en calidad y mayor satisfacción del cliente. Por ejemplo, la prueba de inmunidad a la ESD (descarga electroestática) rápidamente revela la vulnerabilidad latente que pudiera tener algún producto con respecto a dichas normas y promueve las medidas correctivas que convierte al producto inmune a dichos eventos del mundo real. El resultado es una mejor satisfacción al cliente debido a productos sólidos y confiables que ofrecen años de servicio sin problemas.

C.R.S. 26 de enero de 1998

CE



Antena bicónica



Cámara anecoica

Neutralización del ruido con este sistema de termopar



Sistema de termopares de baixo ruido

El innovador sistema de termopar de bajo ruido de OMEGA ofrece mediciones estables y precisas de temperatura al neutralizar los efectos del ruido eléctrico ambiental. Este versátil sistema de bajo costo se usa para medir las temperaturas de circuitos sensibles y equipos cuando lecturas precisas y estables son esenciales. Además se usa en toda la industria como un estándar de atenuación de ruido.

El sistema de termopares de bajo costo consiste de tres elementos interrelacionados: un conjunto de sondas, un conector y un cable de termopar. Cada uno de esos tres componentes cuenta con características únicas y coordinadas de neutralización de ruido y en conjunto ofrecen un camino para desviar el ruido eléctrico. El sistema, que usa conexiones universales de dos terminales, desvía las señales de ruido y conserva la integridad del circuito de medición de temperatura (Vea la Figura 1).

RUIDOS ELÉCTRICOS NEUTRALIZADOS

El ruido eléctrico, típicamente generado por equipo eléctrico, maquinaria rotatoria, transportadores de procesos de línea, unidades móviles, máquinas soldadoras y equipo de limpieza, introduce señales espurias que desestabilizan las mediciones sensibles de temperatura. El camino de la puesta a tierra positiva única del sistema, desde el sensor del termopar hasta el instrumento indicador de temperatura, neutraliza por completo los efectos del ruido eléctrico. Ahora es posible un control preciso de la temperatura para adquisición y registro de datos y los circuitos de interfaz de la computadora con la garantía adicional de la atenuación del ruido.

ELEMENTOS DEL SISTEMA BALANCEADO

Los tres elementos fundamentales, es decir la sonda, el conector y el cable, del sistema del termopar están integrados en un equipo balanceado y de fácil montaje. La sonda y el conector están disponibles tanto en configuración estándar como miniatura (Ver Figura 2).

(1) La sonda del termopar facilita el manejo y la observación del objeto de prueba. Los tipos de sonda son intercambiables para adaptarse a muchas aplicaciones. La funda de la sonda (camisa exterior) se conecta a tierra mediante una cinta de conexión a tierra.

(2) El conector, que une la sonda y el cable del termopar, es del tipo de desconexión rápida de dos terminales (tamaño miniatura o estándar). La cinta metálica externa de conexión a tierra, conectada al conector, ofrece el circuito continuo de atenuación de ruido y adiciona resistencia mecánica al conjunto.

(3) El cable trenzado y blindado del termopar tiene integrado un alambre de drenado que permite una conexión a tierra del ruido entre el conjunto de la sonda y el instrumento de medición.

RECURSOS CONVENIENTES

El conjunto de la sonda está diseñado para facilitar el manejo, mejorar la integridad mecánica y permitir que el usuario observe el sujeto bajo prueba sin obstrucción. Un perfil de 30 grados, que es un diseño exclusivo de OMEGA, permite un rendimiento mejorado (Ver Figura 2). Los conjuntos de la sonda están codificados con colores para identificar los materiales del termopar y hay una amplia gama de longitudes y diámetros de cubiertas de sondas.

Las longitudes de la sonda son de 6, 12, 18 y 24"; los diámetros desde 0.040 hasta 0.250". La cubierta de la sonda es de acero inoxidable 304 o de Inconel.

El conector ofrece continuidad de la tierra desde la sonda hasta el cable del termopar a través de una cinta externa de conexión a tierra. Los pernos de conexión polarizados permiten una conexión o desconexión rápida del conjunto de la sonda. Los conectores incluyen un bloc de notas desmontable. Esta característica, única en la industria, permite la identificación positiva de los conjuntos del termopar en múltiples aplicaciones de medición.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

El usuario no puede pronosticar las fuentes de ruido eléctricas que estarán presentes durante las lecturas de temperatura. Las típicas mediciones de temperatura se realizan en ambientes eléctricamente ruidosos.

Dentro un laboratorio, en donde se controlan los procesos en puntos precisos de transición de temperatura, se puede introducir el ruido eléctrico a

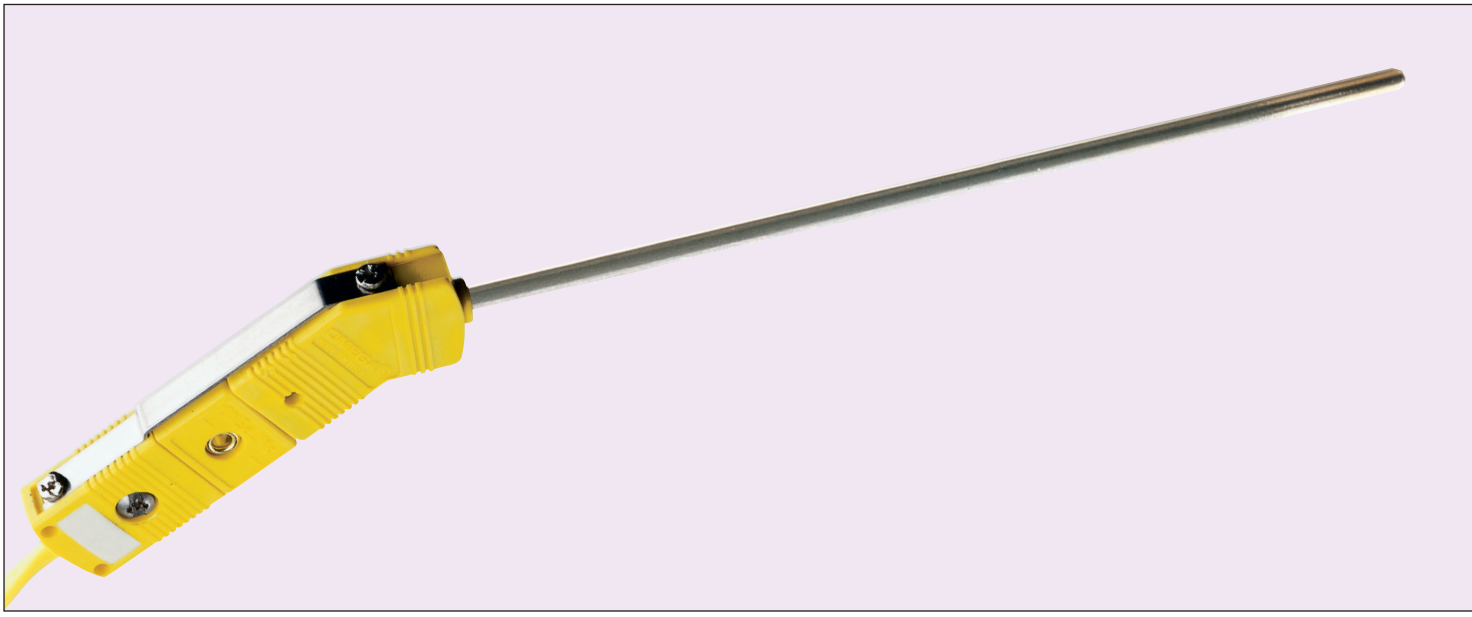


Figura 1. Puesta a tierra desde la sonda hasta el instrumento de prueba.

partir de fuentes tal como, mezcladoras, hornos, elementos térmicos y suministro de potencia. La conexión a tierra de este ruido es indispensable para el monitoreo preciso de la temperatura. Este sistema del termopar conecta a tierra las señales de ruido desestabilizadoras.

Se requiere el control preciso de las temperaturas de baño de soldadura durante un proceso de soldadura de flujo automatizado para asegurar la correcta soldadura y para evitar daños a componentes sensibles del tablero de circuito impreso. Típicamente, el sistema de detección térmica está cerca del equipo que genera ruido eléctrico tal como motores y equipo de soldadura. El camino de conexión a tierra del ruido neutraliza los efectos del ruido generado.

En aplicaciones de alto nivel de ruido, tal como control ambiental, aire acondicionado, tratamiento térmico y operaciones de fundición, se requiere la neutralización de ruido durante mediciones de temperatura crítica para lograr un control estable y preciso. Al desviar sin daño alguno el ruido eléctrico a la tierra, el sistema de termopar OMEGA genera las lecturas estables requeridas.

Los ambientes ruidosos dentro de aplicaciones industriales, móviles, de campo y laboratorio son de fácil control para este sistema de fácil montaje y uso.

Para encomendar sondas

Para encomendar sondas de desconexión rápida estándar y sondas de desconexión rápida tamaño miniatura visite **mx.omega.com** para conocer la variedad de productos.

Para encomendar conectores

Para conectores estándar y tamaño miniatura visite mx.omega.com para conocer la variedad de productos.

Para ventas y servicio: 01800-890-5495

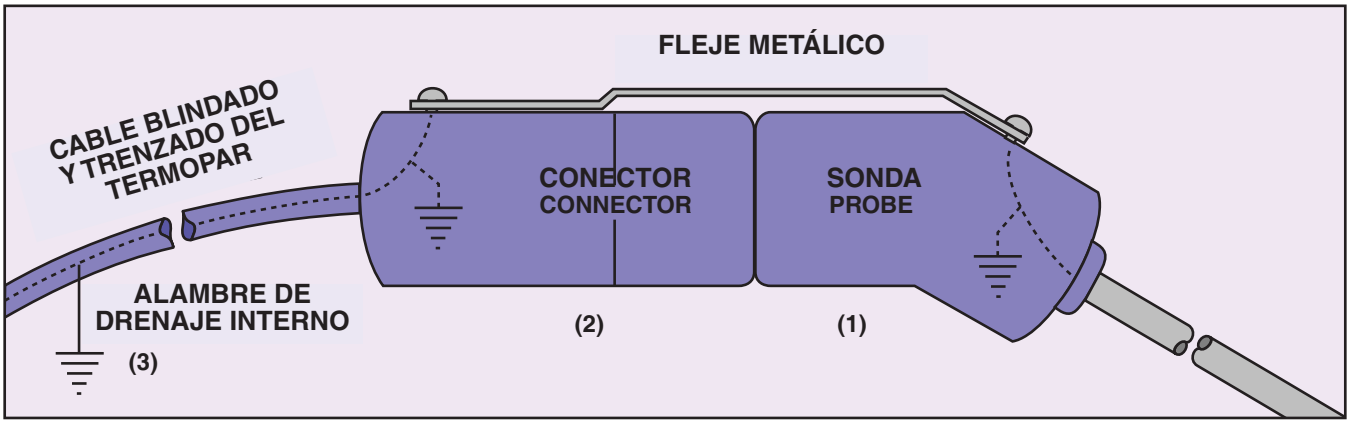


Figura 2. La sonda del termopar cuenta con un perfil de 30°, una característica exclusiva de OMEGA e incluye un conector hembra de contraparte y una abrazadera para el cable.

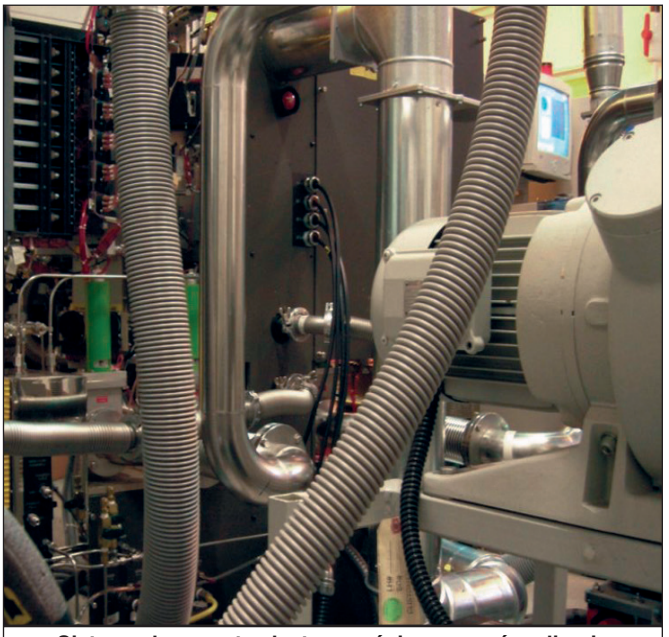
Un relato del blindaje y trenzado
Cómo detener la interferencia electromagnética

En una planta manufacturera en las afueras de Filadelfia, un cálido día del verano pasado, los instaladores de equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), estaban preparando la medición en el trabajo. Insertaron una sonda con termopar en un nuevo ducto de aire acondicionado, parte de un sistema de enfriamiento rediseñado en su totalidad, que prometía acabar de vez con las frentes sudadas en la línea de producción, (por causa del calor, no del estrés).

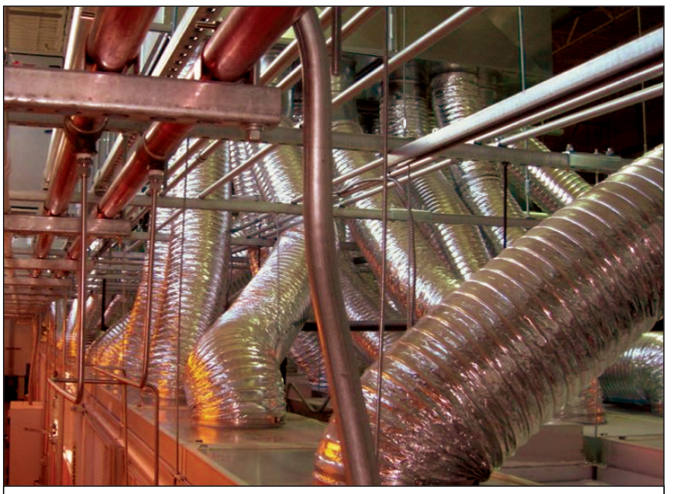
El equipo de climatización esperaba que la lectura del medidor fuera más baja que la temperatura ambiente de 90 °F. Todo lo contrario, la que se marcó estaba fuera de los límites. Las luces LED del medidor de temperatura centelleaban el número 999.9.

"No puede estar correcto", dijo el más reciente empleado del equipo, al ver el medidor. Un trabajador más experimentado no estaba tan sorprendido. Rápidamente notó que el tendido del cable del termopar se acercaba demasiado al compresor o motor del aire acondicionado. El medidor no estaba indicando el calor que detectaba la sonda. La lectura estaba descontrolada debido a la interferencia electromagnética del compresor, que había bombardeado el cable del termopar, que no era blindado.

La mayoría de los motores generan dicha interferencia electromagnética (EMI) o ruido que también se conoce como interferencia de radio frecuencia (RFI). En mayor o menor medida, igual pasa con otros dispositivos eléctricos. En los hogares, las fuentes de EMI incluyen interruptores con regulador de intensidad (los cuales producen un zumbido delatador), ventiladores de áticos, equipo de ejercicio, tal como caminadoras motorizadas y hornos de microondas. La fuga de EMI desde hornos de microondas representan un peligro para las personas con marcapasos, pero se ha reducido la preocupación gracias a los límites gubernamentales más estrictos de hoy día con respecto a fugas e cables blindados que se han convertido en la norma para marcapasos.



Sistema de soporte electromecánico en un área limpia



Sistema de climatización de un área limpia

En la fábrica, grupos que producen chispas, tal como equipos de soldadura de inducción, arco y por punto generan bastante EMI, al igual que tornos y fresadoras computarizadas y controladas numéricamente y también el equipo que opera motores grandes, luces de alta intensidad, relés y walkie-talkies. En cuanto a la omnipresencia del teléfono celular, la energía de bajo nivel que este envía no afectó el tipo de sistema de monitoreo térmico que se usaba en la planta de Filadelfia. Lo que hubiera impedido lecturas erróneas de medidores en la planta es el cable o cable trenzado o blindado del termopar, la primera y más económica línea de defensa contra el EMI.

"El cable trenzado y blindado es un buen inicio debido a que los cables en un medidor de temperatura pueden actuar como una antena en caso de no estar protegidos", dijo Frank Welsh, experto en EMI de OMEGA. "Las sondas del termopar están diseñadas para detectar la temperatura, no la radiación electromagnética. El problema surge cuando el circuito del termopar detecta información extraña, o ruido y lo pasa al medidor".

En la planta manufacturera de OMEGA en Bridgeport, Nueva Jersey, Welsh se encarga de la cámara anecoica, un laboratorio de paredes gruesas con un silencio siniestro y miles de deflectores puntiagudos hechos de espuma. Los deflectores absorben las ondas electromagnéticas, permitiendo a los técnicos controlar estrictamente las pruebas a las que se someten los indicadores de temperatura, transductores de presión y demás dispositivos que fabrica OMEGA.

Además Bridgeport es donde OMEGA produce cable trenzado y blindado del termopar, en más cantidades que ninguna otra empresa. Con el blindaje, la antena que es el cable del termopar, se encoge hasta un punto pequeño, el cual es la sonda. Aun la sonda puede necesitar blindaje en casos extremos, aunque puede haber un cambio en el tiempo de lectura, el cual puede incrementarse de milisegundos a segundos. De acuerdo con los expertos de OMEGA, el uso de cable blindado y trenzado de termopar en un dispositivo de monitoreo puede reducir la EMI de 500 a 1000 veces, virtualmente eliminando el problema en la mayoría de las aplicaciones. "Si se usa como medida preventiva o para resolver un problema de ruido conocido, el cable trenzado y blindado representa una solución de bajo costo instalable en campo", dijo Jim Ferguson,

Vicepresidente y Gerente de Planta en Bridgeport. OMEGA recomienda el cable cuando el tendido de los conductores es de más de un par de pies y cuando algún motor eléctrico grande amenaza con afectar las lecturas de la sonda.

"Fabricamos todo el cable que usan en nuestros conjuntos internos de sondas, así que puedes estar seguro que cumplimos con las más altas normas de calidad", agregó Ferguson.

El cable trenzado y blindado estándar del termopar de OMEGA consiste de conductores aislados con PVC codificados con color ANSI o IEC trenzados con cable de drenaje de cobre estañado, posteriormente se envuelve con cinta de poliéster aluminizado. Otra capa de PVC cubre el revestimiento. El poliéster aluminizado y el cable de drenaje protegen contra la EMI; el PVC resiste humedad, químicos, abrasión y luz ultravioleta. Aunque ciertos fabricantes aíslan solo con polivinilo, OMEGA además ofrece PTFE para aplicaciones de nivel superior. Para durabilidad y flexibilidad, hay disponibilidad de trenzado exterior de cobre estañado o acero inoxidable; siendo que el cobre estañado ofrece mayor blindaje eléctrico. El rango de longitud va desde carretes de 25 hasta 10,000 pies.

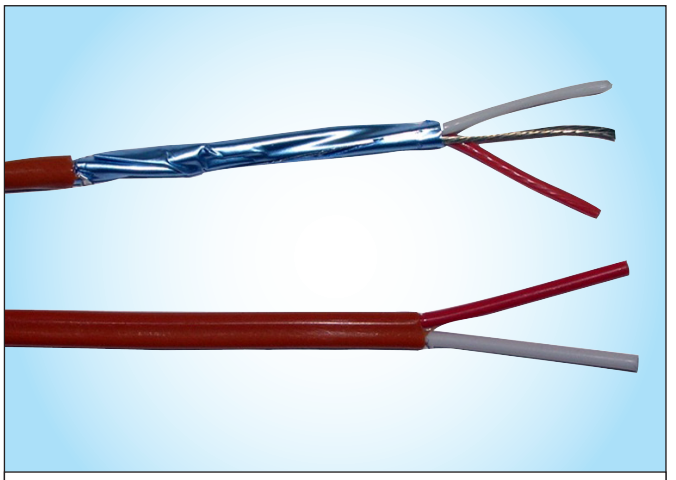
OMEGA presta atención al detalle en la fabricación del cable. La máquina de cableado de OMEGA es única dado que envuelve el cable de tierra a los conductores, no meramente arriba de los mismos.

OMEGA construye, almacena y suministra productos suplementarios que blindan contra ruido eléctrico en la sonda y en la conexión del instrumento, incluyendo la serie HGKMQSS de las sondas de termopar de bajo ruido y un conector estándar de alta temperatura, el HFSTW-K-M, el cual cuenta con un núcleo de ferrita de zinc supresor de EMI. La empresa además fabrica conectores de bajo nivel de ruido GMP miniatura y GST estándar, los cuales ofrecen una fácil conexión de los cables de tierra a las sondas y cables de extensión.

Quizá la mayor demanda de cable trenzado y blindado es de las manufactureras de alta tecnología que usan equipo de automatización de gran tamaño, tal como un fabricante de chips de computación o un productor de dispositivos médicos.



Cable blindado trenzado durante el proceso



Arriba: Cable tipo J blindado y trenzado con cable de drenaje de cobre Abajo: cable tipo J aislado

Estas operaciones requieren una retroalimentación estable en forma de datos de tiempo real, aun así tienden a producir muy altos niveles de EMI.

Antes había la costumbre de colectar los datos de manufactura principalmente en laboratorio, un entorno relativamente silencioso en términos electromagnéticos.



Cámara anecoica

Hoy día toda la fábrica puede ser un laboratorio repleto de información para aquellos capaces de eliminar el ruido.

Los sensores protegidos con cable trenzado y blindado son comunes en aplicaciones aeroespaciales, donde la exposición a EMI es la norma. Por ejemplo, los rayos cósmicos, ondas electromagnéticas de frecuencia sumamente alta, causarían daños en el espacio, a la exploración y comunicación vía satélite, si la electrónica sensible que requieren estas aplicaciones no tuviera barreras contra EMI.

El actual dominio de señal-corriente es relativamente inmune a la EMI y, en comparación con las señales de tensión, las señales de corriente pueden alcanzar distancias muy largas. Por lo tanto una opción para las aplicaciones ruidosas sería pasar de tensión a corriente en ambientes hostiles, se podría usar, por ejemplo, cable trenzado y blindado en conjunto con un acondicionador de señales tal como la serie de transmisores iDRN/iDRX de OMEGA, los cuales se montan en un riel DIN de 35 mm. Todos los modelos de esta serie están diseñados para trabajar directamente con una amplia gama de sensores y, comúnmente, no requieren de componentes adicionales.

Introducción a los controladores de temperatura



CN77000 miniatura es un controlador con muchas características basado en microprocesadores en un paquete DIN ⅛.

¿Cómo puedo controlar mi temperatura de proceso de manera precisa y confiable?

Para controlar de manera precisa la temperatura del proceso sin mucha participación del operador, el sistema de control de temperatura depende de un controlador, el cual acepta como entrada un sensor de temperatura tal como un termopar o RTD. Se compara la temperatura real contra la temperatura de control, o contra un punto de ajuste, y ofrece una salida al elemento de control.

El controlador es solo una parte de todo el sistema de control y se debe analizar todo el sistema para seleccionar el controlador apropiado. Los siguientes elementos deben tenerse en cuenta al seleccionar el controlador:

1. Tipo de sensor de entrada (termopar, RTD) y rango de temperatura
2. Tipo de salida requerida (relé electromecánico, SSR, salida analógica)
3. Se necesita algoritmo de control (encendido/apagado, proporcional, PID).
4. Número y tipos de salidas (calor, frío, alarma, límite).

¿Cuáles son los diferentes tipos de controladores y cómo funcionan?

Existen tres tipos básicos de controladores: encendido y apagado, proporcional y PID. Dependiendo del sistema que se controlará, el operador podrá usar un tipo u otro para controlar el proceso.

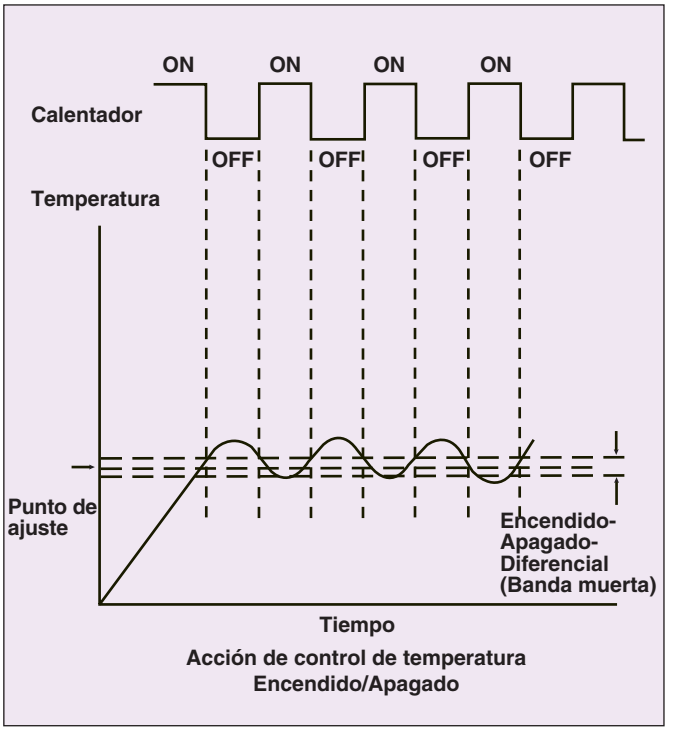
Encendido/Apagado

El controlador de encendido/apagado es la forma más sencilla de un dispositivo de control de temperatura. La salida del dispositivo se enciende o apaga, sin estado intermedio. Un controlador de encendido/apagado cambiará la salida solo cuando la temperatura cruce el punto de ajuste. Para el control de calefacción, la salida se enciende cuando la temperatura está debajo del punto de ajuste y se apaga arriba del punto de ajuste.

Dado que la temperatura cruza el punto de ajuste para cambiar el estado de la salida, la temperatura del proceso se accionará continuamente, pasando de un punto debajo del punto de ajuste a otro arriba del mismo y así sucesivamente. En casos cuando ocurre este accionamiento rápidamente y para prevenir daños a contactores y válvulas, se adiciona un diferencial de encendido y apagado, o "histéresis" a las operaciones del controlador. Este diferencial exige que la temperatura rebase el punto de ajuste en una cierta cantidad antes de que la salida se encienda o apague de nuevo. El diferencial de encendido y apagado evita que la salida sufra *chattering* (es decir, conmutar continua y rápidamente si el accionamiento debido a la temperatura por arriba o debajo del punto de ajuste ocurre muy rápido).

El control del encendido y apagado se usa generalmente cuando no es necesario un control preciso, en sistemas que no pueden soportar la activación y desactivación de la energía frecuentemente, cuando la masa del sistema sea tan grande que las temperaturas cambian de forma muy lenta o debido a una alarma de temperatura.

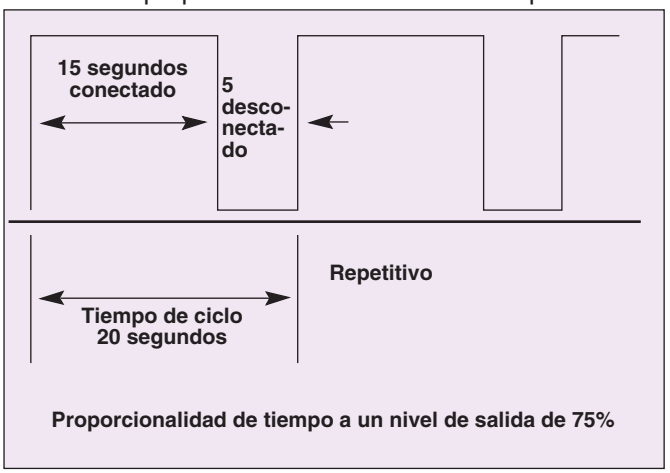
Un tipo especial de control de encendido y apagado para las alarmas es un controlador de límite. Este controlador usa un relé de enclavamiento, el cual se redefine manualmente y se usa para apagar un proceso cuando se alcanza una cierta temperatura.



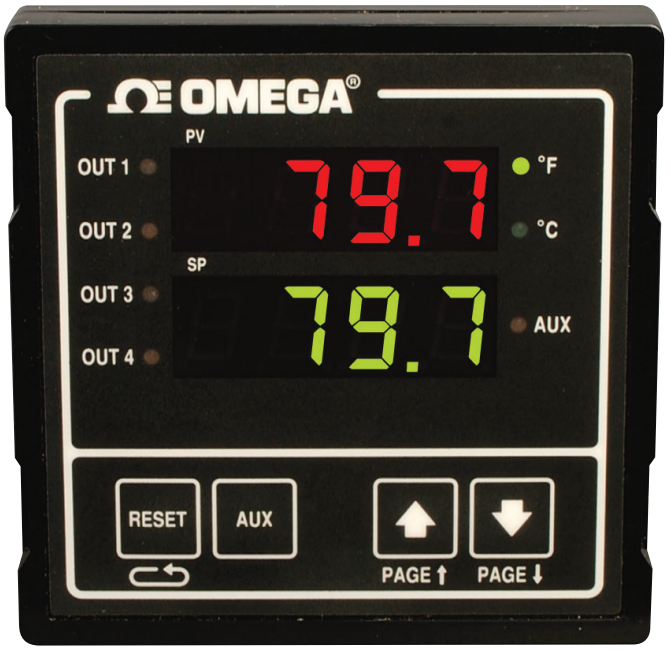
Acción de control de temperatura Encendido/Apagado

Proporcional

Los controles proporcionales están diseñados para eliminar el accionamiento asociado al control de encendido y apagado. Un controlador proporcional disminuye la potencia promedio que se alimenta al calentador conforme la temperatura alcanza el punto de ajuste. Esto no tiene efecto alguno en la desaceleración del calentador, así que esto no rebasará el punto de ajuste pero se acercará al mismo y mantendrá una temperatura estable. Esta acción proporcional se puede lograr encendiendo y apagando la salida por intervalos breves. La proporción de tiempo varía la relación de tiempo de encendido y tiempo de apagado para controlar la temperatura. La acción proporcional ocurre dentro de una “banda proporcional” alrededor de la temperatura del punto de ajuste. Por fuera de esta banda, el controlador funciona como un equipo de encendido y apagado, con la salida completamente encendida (debajo de la banda) o completamente apagada (arriba de la banda). No obstante, dentro de la banda, se enciende y apaga la salida con respecto a la relación de la diferencia de medición desde el punto de ajuste. En el punto de ajuste (el punto medio de la banda proporcional), la relación de encendido y apagado de la salida es de 1:1; es decir, el tiempo de encendido y apagado es igual. Si la temperatura está más distante del punto de ajuste, los tiempos de encendido y apagado variarán en proporción a la diferencia de temperatura.



Proporcionalidad de tiempo a un nivel de salida de 75%



El controlador CN3251 cuenta con funciones de rampa y nivel, la capacidad de controlar la temperatura en el tiempo.

Si la temperatura está por debajo del punto de ajuste, la salida estará encendida por más tiempo; si la temperatura es demasiado alta, la salida estará apagada por más tiempo.

La banda proporcional generalmente se expresa como un porcentaje de la escala completa o grados. También podrá llamarse ganancia, la cual es recíproca de la banda. Tome en cuenta que, dentro del control de proporción del tiempo, la plena potencia se aplica al calentador, pero se acciona para encender y apagar, de tal forma que varía el tiempo promedio. En la mayoría de las unidades, el tiempo de ciclo y/o las bandas proporcionales son ajustables, de tal forma que el controlador puede igualar un proceso en particular.

Además de las salidas del relé de estado sólido y electromecánico, también están disponibles los controladores proporcionales con salidas analógicas proporcionales, tal como de 4 a 20 mA o de 0 a 5 VCC. Con estas salidas, varía el nivel de salida real, en lugar de los tiempos de encendido y apagado, como en el caso de un controlador de salida del relé.

Una de las ventajas del control proporcional es la sencillez de la operación. Quizá requiera que un operador haga un pequeño ajuste (reinicio manual) para llevar la temperatura al punto de ajuste en el arranque inicial, o si las condiciones del proceso cambian considerablemente.

Proporcional de tiempo			Temp (ºF)	4-20 mA proporcional	
Porcentaje de encendido	Segundos de tiempo encendido	Segundos de tiempo apagado		Nivel de salida	Porcentaje de salida
0.0	0.0	20.0	mayor de 540	4 mA	0.0
0.0	0.0	20.0	540.0	4 mA	0.0
12.5	2.5	17.5	530.0	6 mA	12.5
25.0	5.0	15.0	520.0	8 mA	25.0
37.5	7.5	12.5	510.0	10 mA	37.5
50.0	10.0	10.0	500.0	12 mA	50.0
62.5	12.5	7.5	490.0	14 mA	62.5
75.0	15.0	5.0	480.0	16 mA	75.0
87.5	17.5	2.5	470.0	18 mA	87.5
100.0	20.0	0.0	460.0	20 mA	100.0
100.0	20.0	0.0	menor de 460	20 mA	100.0

Ancho de banda proporcional

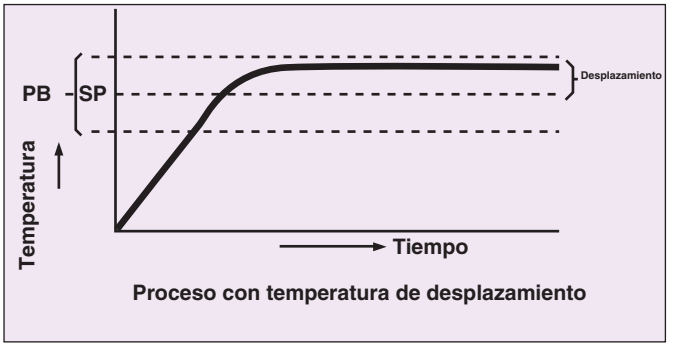
Ejemplo: calefacción
Punto de ajuste: 500 °F
Proporcional Banda: 80 °F
(±40 °F)

Los sistemas que están sujetos a accionamiento por amplias temperaturas también necesitan controladores proporcionales. Dependiendo del proceso y de la precisión requerida, se podrá necesitar un control proporcional o uno con PID.

Los procesos con demoras largas y máximo índice de incremento (es decir, un intercambiador de calor) requieren bandas proporcionales amplias para eliminar la oscilación. Una banda ancha puede causar compensaciones grandes con cambios en la carga. Para eliminar estas compensaciones, se puede usar el reinicio automático (integral). La acción del índice de derivación se puede usar en procesos con largas demoras, para acelerar la recuperación después de una alteración del proceso.

Continuación de controladores de temperatura

Existen otras características que deben considerarse cuando se selecciona un controlador. Estas incluyen autoajuste, cuando el instrumento calcula automáticamente la banda proporcional apropiada, los valores de la velocidad y reinicio para un control preciso; comunicación en serie, cuando la unidad puede “hablar” a una computadora principal para almacenamiento de datos, análisis y sintonización; alarmas, que pueden ser de tipo enclavamiento (reinicio manual) o sin enclavamiento (reinicio automático), fijar el disparador en temperaturas altas o bajas del proceso; cronómetros o indicadores de eventos que pueden marcar el tiempo transcurrido o el inicio o fin de un evento. Además, las unidades de salida TRIAC o de relé pueden utilizarse con interruptores externos, tal como relés de estado sólido SSR o contactores magnéticos, para conmutar cargas grandes a 75A.



Proceso con temperatura de desplazamiento

PID

El tercer tipo de controlador ofrece control proporcional, integral y derivativo o PID. Este controlador combina el control proporcional con dos ajustes adicionales, lo cual ayuda a la unidad a compensar automáticamente los cambios del sistema. Estos ajustes, integrales y derivativos, se expresan en unidades basadas en tiempo; de igual forma se les conoce por sus recíprocas, REINICIO y VELOCIDAD, respectivamente.

Los términos de proporcional, integral o derivativo deben ajustarse individualmente o "sintonizarse" a un sistema en particular, utilizando el método de ensayo y error. Ofrece el control más estable y preciso de los tres tipos de controladores y se aprovecha más en sistemas que tienen una masa relativamente pequeña, es decir aquellos que reaccionan rápidamente a cambios en la energía que se agrega al proceso. Se recomienda en sistemas donde la carga cambia con frecuencia y se espera que el controlador se compense automáticamente debido a los cambios frecuentes en el punto de ajuste, la cantidad de energía disponible o la masa que debe controlarse.

¿Qué hacen la velocidad y el reinicio y cómo funcionan?

Los controladores usan los métodos de velocidad y reinicio para compensar las variaciones y los cambios en temperatura. Cuando se usa un controlador proporcional, es muy raro que la entrada de calor para mantener la temperatura del punto de ajuste sea del 50%, la temperatura se incrementará o disminuirá con respecto al punto de ajuste, hasta que se obtenga una temperatura estable. La diferencia entre esa temperatura estable y el punto de ajuste se llama variación. Esta variación se puede compensar manual o automáticamente. Con el reinicio manual, el usuario cambiará la banda proporcional para que se estabilice el proceso en la temperatura de punto de ajuste. El reinicio automático, conocido como integral, integrará la señal de desviación con respecto al tiempo y la integral se suma a la señal de desviación para cambiar la banda proporcional. De esta forma la potencia de salida sube o baja automáticamente para regresar la temperatura del proceso al punto de ajuste.

La función de velocidad o derivativo ofrece al controlador la capacidad de cambiar la banda proporcional para compensar la temperatura que cambia rápidamente. La cantidad del cambio es proporcional a la velocidad del cambio de temperatura.

Un PID o controlador de tres modos combina las acción proporcional, integral (reinicio) o derivativo (velocidad) y generalmente se requiere para controlar procesos difíciles. Estos controladores además pueden estar equipados con dos salidas proporcionales, una para calefacción y la otra para enfriamiento. Este tipo de controlador se requiere para procesos que necesitan calor para su arranque, pero posteriormente generan calor excesivo en cierto momento durante la operación.

¿Cuáles son los diferentes tipos de salidas que están disponibles para los controladores?

La salida del controlador puede tomar una de las siguientes formas. Las formas más comunes son la proporcional de tiempo y la proporcional analógica. La salida proporcional de tiempo aplica potencia a la carga en base a un porcentaje de un ciclo de tiempo fijo. Por ejemplo, con un tiempo de ciclo de 10 segundos, si la salida del controlador estuviera regulada a 60%, el relé quedaría energizado (cerrado, con potencia aplicada) por 6 segundos, y desenergizado (abierto, sin potencia aplicada) por 4 segundos. Las salidas proporcionales en tiempo están disponibles en tres formas: relé electromecánico, o relé de estado sólido de CA o TRIAC, o un pulso de tensión de CC (para impulsar un relé de estado sólido externo). El relé electromecánico generalmente es el más económico y se escoge para sistemas con tiempos de accionamiento mayores a 10 segundos y cargas relativamente pequeñas.

Se escoge un relé de estado sólido de CA o un pulso de tensión de CC por su fiabilidad, dado que no contiene partes móviles. Recomendados para procesos que requieren tiempos de ciclo cortos, éstos necesitan un relé adicional, externo al controlador, para manejar la carga típica requerida por el elemento de calefacción. Esos relés externos de estado sólido se usan generalmente con una señal de control de CA para controladores de salida de relé de estado sólido de CA, o con una señal de control de CC para controladores de salida de pulso de voltaje de CC.

La salida proporcional analógica generalmente es una tensión analógica (0 a 5 VCC) o corriente (4 a 20 mA). El nivel de salida de este tipo de salida también se regula con el controlador; si la salida se regulara a 60%, el nivel de salida sería de 60% de 5 V, o 3 V. Con una salida de 4 a 20 mA (un intervalo de 16 mA), 60% es igual a (0.6 x 16) + 4 o 13.6 mA. Estos controladores generalmente se usan con válvulas proporcionales o controladores de potencia.

¿Qué debo considerar al seleccionar un controlador para mi aplicación?

Cuando se selecciona un controlador, las consideraciones principales incluyen la precisión requerida del control y la dificultad para controlar el proceso. Para una fácil sintonización y costo inicial más bajo, se debe seleccionar el controlador más sencillo que pueda dar el resultado deseado.

Posiblemente los procesos sencillos con el calentador correspondiente (no sobre ni subdimensionados) y sin ciclaje rápido podrán utilizar controladores de encendido y apagado. Los sistemas sujetos a ciclaje o con un calentador no apropiado (sobre o subdimensionado) requerirán un controlador proporcional.

Controladores de temperatura
Consideraciones para la selección

CONTROLABILIDAD DEL CALOR ELÉCTRICO
La función básica de un controlador es comparar la temperatura real con su punto de ajuste y producir una salida que mantenga el punto de ajuste.

El controlador es una parte de todo el sistema de control y todo el sistema debe analizarse al seleccionar el controlador adecuado. Los siguientes elementos deben considerarse al seleccionar un controlador.

1. Tipo de sensor de entrada (termopar, RTD, tarjeta y rango de temperatura)
2. Colocación de sensor
3. Se necesita algoritmo de control (encendido/apagado, proporcional, PID, PID autoajuste)
4. Tipo de hardware de salida requerido (relé electromecánico, SSR, señal de salida analógica)
5. Salidas o requisitos adicionales del sistema (pantalla requerida de temperatura y/o punto de ajuste, salidas de enfriamiento, alarmas, límite, comunicación informática, etc.)

TIPO DE ENTRADA
El tipo de sensor de entrada dependerá del rango de temperatura requerido, la resolución y precisión de la medición requerida y cómo y dónde se va a montar el sensor.

COLOCACIÓN DEL SENSOR
La colocación correcta del elemento de detección con respecto al trabajo y fuente de calor es de gran importancia para el buen control. Si los tres pueden ubicarse en cercanía, un alto grado de precisión, hasta el límite del controlador, es relativamente fácil de lograr. Sin embargo, si la fuente de calor se encuentra a cierta distancia del trabajo, se pueden obtener precisiones muy diferentes simplemente colocando el elemento de detección en varios lugares entre el calentador y el trabajo.

Antes de seleccionar la ubicación para el elemento de detección, determine si la demanda de calor será predominantemente constante o variable. Si la demanda de calor es relativamente constante, la colocación del elemento de detección cerca de la fuente de calor mantendrá el cambio de temperatura en el trabajo en un mínimo.

Por otro lado, colocar el elemento de detección cerca del trabajo, cuando la demanda de calor es variable, le permitirá detectar más rápidamente un cambio en los requisitos de calor. Sin embargo, debido al incremento en el retraso térmico entre el calentador y los elementos de detección, puede producirse más sobre-impulso y sub-impulso, causando mayor propagación entre la temperatura máxima y mínima. Esta propagación puede reducirse seleccionando un controlador PID.

ALGORITMO DE CONTROL (MODO)
Esto se refiere al método en que el controlador intenta restaurar la temperatura del sistema al nivel deseado. Los dos métodos más comunes son los controles de dos posiciones (encendido/apagado) y de dosificación (regulación).

CONTROL DE ENCENDIDO/APAGADO
El control de encendido/apagado tiene el más sencillo de los modos de control. Tiene una banda muerta (diferencial) expresada como un porcentaje de la duración de entrada. El punto de ajuste por lo general está en el centro de la banda muerta. Por lo tanto, si la entrada es de 0 a 1000 °F, la banda muerta es de 1% y el valor de ajuste está fijo en 500 °F, la salida estará completamente encendida cuando la temperatura sea de 495 °F o menor y se mantendrá completamente encendida hasta que la temperatura alcance 505 °F, momento en el cual la salida estará completamente apagada. Se mantendrá completamente apagada hasta que la temperatura descienda a 495 °F.

Si el proceso tiene un índice de respuesta rápido, el ciclado entre 495 y 505 °F será rápido. Entre más rápido sea el índice de respuesta del proceso, mayor será el sobre-impulso y sub-impulso y más rápido será el ciclado del contactor cuando se utiliza como un elemento de control final.

El control de encendido/apagado se utiliza por lo general donde no se necesita un control preciso, por ejemplo, en sistemas que no pueden dejar que su energía se encienda y apague con frecuencia, donde la masa del sistema es tan grande que la temperatura cambia muy lentamente, o para un alarma de temperatura.

Un tipo especial de control de encendido/apagado utilizado para alarma es un controlador de límite. Este controlador utiliza un relé de enclavamiento, que se debe reiniciar manualmente y se utiliza para cerrar un proceso cuando se alcanza cierta temperatura.

PROPORCIONAL
Los controles proporcionales están diseñados para eliminar el ciclado asociado con control de encendido/apagado. Un controlador proporcional disminuye la energía promedio que se suministra al calentador conforme la temperatura se aproxima al punto de ajuste.

Esto tiene el efecto de desacelerar el calentador de manera que no sobre-impulse el punto de ajuste, pero se aproximará al punto de ajuste y mantendrá una temperatura estable. Esta acción de dosificación se puede lograr encendiendo y apagando la salida para intervalos cortos. Esta "dosificación de tiempo" varía la proporción de tiempo "encendido" a tiempo "apagado" para controlar la temperatura.

El periodo entre dos encendidos sucesivos se conoce como "tiempo de ciclo" o "ciclo de trabajo". La acción de dosificación ocurre dentro de una “banda proporcional” alrededor de la temperatura de punto de ajuste. Fuera de esta banda, el controlador funciona como una unidad de encendido/apagado, con la salida ya sea totalmente encendida (por debajo de la banda) o totalmente apagada (por encima de la banda). Sin embargo, dentro de la banda, la salida se enciende y se apaga en la proporción de la diferencia de medición a partir del punto de ajuste. En el punto de ajuste (el punto medio de la banda proporcional), la proporción de encendido/apagado de la salida es de 1:1, es decir, el tiempo de encendido y tiempo de apagado son iguales.

Si la temperatura está alejada del punto de ajuste, los tiempos de encendido y apagado varían en proporción a la diferencia de temperatura. Si la temperatura está por debajo del punto de ajuste, la salida estará encendida por más tiempo. Si la temperatura es demasiado alta, la salida estará apagada por más tiempo.

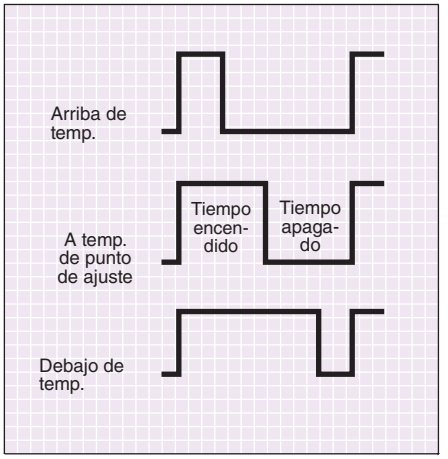


Figura 1: Control proporcional

La banda proporcional por lo general se expresa como un porcentaje de la escala de rango de entrada completo o en grados. También se puede denominar como ganancia, que es el recíproco de la banda. En muchas unidades, el tiempo de ciclo y/o ancho de banda proporcional son ajustables, para que el controlador pueda adaptarse mejor a un proceso particular.

Los controladores proporcionales tienen un ajuste de reinicio (recorte) manual, que se puede utilizar para ajustar una compensación entre la temperatura fija y el punto de ajuste.

Además de las salidas de relé en estado electromecánico y sólido, también hay controladores proporcionales con salidas de señales analógicas proporcionales, como de 4 a 20 mA o de 0 a 5 VCC. Con estas salidas, la amplitud del nivel de salida es variada, en lugar de la proporción de tiempos de encendido y apagado.

MODO DE CONTROL PROPORCIONAL MÁS INTEGRAL MÁS DERIVATIVO (PID):
Este controlador funciona de la misma manera que un controlador proporcional, excepto que la función del ajuste de recorte es realizada automáticamente por la función integral (reinicio automático). Por lo tanto, los cambios de carga se compensan automáticamente y la temperatura está de acuerdo con el punto de ajuste bajo todas las condiciones de

Controladores de temperatura
Consideraciones para la selección



Figura 2: La función de clasificación compensa por los cambios rápidos.

operación. El desplazamiento se elimina.

La función derivativa (acción de clasificación) compensa los cambios de carga que tienen lugar rápidamente. Un ejemplo es un cinta transportadora de viaje donde el producto se alimenta intermitentemente. Cuando el producto entra en el horno, hay un fuerte aumento en la demanda de calor, y cuando se detiene, hay un exceso de calor. La acción derivativa reduce el sub-impulso y sobreimpulso de la temperatura en estas condiciones y evita un producto de mala calidad por curado excesivo o insuficiente.

El control PID ofrece un control más preciso y estable que los tipos de encendido/ apagado o de controlador proporcional.



Figura 3: La función de reinicio elimina el desplazamiento.

Se utiliza más en sistemas que tienen una masa relativamente pequeña y que reaccionan rápidamente a los cambios en la energía agregados al proceso. Se recomienda en sistemas donde la carga cambia con frecuencia. Se espera que el controlador compense automáticamente la cantidad de energía disponible o la masa a controlar, debido a los frecuentes cambios en el punto de ajuste.

Los términos proporcional, integral y derivativo deben "afinarse", es decir, ajustarse a un proceso particular. Esto se hace por prueba y error. Algunos controladores llamados controladores de auto-afinación intentan ajustar los parámetros PID automáticamente.

TIPO DE HARDWARE DE SALIDA DE CONTROL

El hardware de salida en un controlador de temperatura puede tomar una de varias formas. Decidir el tipo de hardware de control a utilizar depende del calentador utilizado y la energía disponible, el algoritmo de control elegido y el hardware externo al controlador disponible para manejar la carga del calentador. El hardware de salida del controlador más utilizado es el siguiente:

Proporcional de tiempo o Encendido/ Apagado
1) Relé mecánico
2) TRIAC (relé en estado sólido de CA)
3) Conductor de relé en estado sólido de CC (pulso)

Proporcional analógico
1) 4-20 mA CC
2) 0-5 VCC o 0-10 VCC

Una salida proporcional de tiempo aplica potencia a la carga para un porcentaje de un tiempo de ciclo fijo. Por ejemplo, con un tiempo de ciclo de 10 segundos, si la salida del controlador se ajustara para 60%, el relé se energizaría (cerrado, potencia aplicada) por 6 segundos, y se desenergizaría (abierto, sin potencia aplicada) por 4 segundos.

El relé electromecánico es por lo general el tipo de salida más económico y por lo general se elige en sistemas con tiempos de ciclo mayores a 10 segundos y cargas relativamente pequeñas.

Elija un relé en estado sólido de CA o pulso de voltaje de CC para impulsar un SSR externo con fiabilidad, ya que no contienen partes móviles. También se recomiendan para procesos que requieran tiempos de ciclo cortos. Los relés externos en estado sólido pueden requerir una señal de control CA o CC.

Una salida proporcional de amplitud es por lo general un voltaje analógico (0 a 5 VCC) o corriente (4 a 20 mA). El nivel de salida de este tipo de salida también es ajustado por el controlador. Si la salida se establece en 60%, el nivel de salida sería 60% de 5 V, o 3 V. Con una salida de 4 a 20 mA (un lapso de 16 mA), 60% es igual a (0.6 x 16) + 4 o 13.6 mA. Estos controladores se utilizan por lo general con controladores de potencia SCR o válvulas dosificadoras.

La energía utilizada por un calentador de resistencia eléctrica por lo general se dará en watts. La capacidad de un relé se da en amperios. Una fórmula común para determinar los requisitos de calificación de relé de seguridad es:

W = V(A)(1.5) o A = W/(V)(1.5)
Donde A = calificación de relé en amperios
W = capacidad del calentador en watts
V = voltaje utilizado
1.5 = factor de seguridad

Los tipos de hardware disponibles, externos al controlador, para permitir que maneje la carga, son los siguientes:

1) Contactor mecánico
2) Relé en estado sólido controlado por CA
3) Relé en estado sólido controlado por CC
4) Controlador de potencia SCR híbrido cero
5) Controlador de potencia SCR encendido por ángulo de fase

Los contactores mecánicos son relés externos que pueden utilizarse cuando se requiere un amperaje más alto que pueda ser manejado por el relé en el controlador, o para algunos sistemas trifásicos. No se recomiendan para tiempos de ciclo menores a 15 segundos.

Los relés en estado sólido tienen la ventaja, sobre los contactores mecánicos, de que no tienen partes móviles, por lo que pueden utilizarse con tiempos de ciclo cortos. Entre más corto sea el tiempo de ciclo, menor será el retraso y mejor será el control. El "cambio" tiene lugar en el punto híbrido de voltaje cero del ciclo de corriente alterna; por lo tanto, no se genera ningún ruido eléctrico apreciable.

Un relé en estado sólido controlado por CA se utiliza ya sea con un relé mecánico o salida TRIAC desde el controlador y está disponible para corrientes de hasta 90 amperios a voltajes de hasta 480 VCC. Los relés en estado sólido de CC se utilizan con salidas de controlador (pulso) en estado sólido CC . La señal de "encendido" puede ser de 3 a 32 VCC y hay modelos disponibles para controlar hasta 90 amperios a hasta 480 VCA.

Los controladores de potencia SCR híbridos cero se utilizan para controlar energía de una o tres fases para cargas aun más grandes. Pueden utilizarse para corrientes de hasta 200 amperios a 480 voltios. Por lo general se requiere una señal de control de CC de 4-20 mA del controlador. Los controladores de potencia SCR híbridos cero convierten la señal de salida analógica en una señal proporcional de tiempo con un tiempo de ciclo de unos dos segundos o menos, y también proporcionan cambio en el punto híbrido cero para evitar la generación de ruido eléctrico.

Los controladores de potencia SCR de ángulo fase también son operados por una salida de controlador CC 4-20 mA. La energía a la carga es controlada rigiendo el punto de encendido (disparo) de cada medio ciclo de una onda sinusoidal completa de CA. Esto tiene el efecto de variar el voltaje dentro de un solo período de 0.0167 segundos. En comparación, los controladores proporcionales de tiempo varían la potencia promedio sobre el tiempo de ciclo, por lo general más de 1 segundo, y con frecuencia más de 15 segundos. Los SCRs de ángulo fase sólo se recomiendan para elementos de bajo calentamiento de masa, como lámparas infrarrojo o calentadores de cable caliente.

Control de temperatura
Afinando un controlador PID (trimodal)

Afinar un controlador de temperatura implica ajustar los valores proporcionales, integrales y derivativos para conseguir el mejor control posible para un proceso en particular. Si el controlador no incluye un algoritmo de auto-afinación, o si el algoritmo de auto-afinación no proporciona el control adecuado para la aplicación particular, la unidad debe afinarse utilizando prueba y error.

El siguiente es un procedimiento de afinación estándar para controladores de temperatura. Existen otros procedimientos de afinación que también se pueden utilizar, pero todos utilizan un método de prueba y error similar. Tome en cuenta que si el controlador utiliza un relé mecánico (en lugar de un relé en estado sólido), debe usarse un tiempo de ciclo más largo (20 segundos) al iniciar.

Las siguientes definiciones pueden ser necesarias:

1) Tiempo de ciclo- También conocido como ciclo de trabajo; la longitud total de tiempo para que el controlador complete un ciclo de encendido/apagado. Ejemplo: con un tiempo de ciclo de 20 segundos, un tiempo de encendido de 10 segundos y un tiempo de apagado de 10 segundos representa una salida de energía de 50 por ciento. El controlador se ciclará entre encendido y apagado mientras esté dentro de la banda proporcional.

2) Banda proporcional - Una banda de temperatura expresada en % de la escala total o grados dentro de los cuales tiene lugar la acción dosificadora del controlador. Entre más amplia sea la banda proporcional, mayor es el área alrededor del punto de ajuste en el que tiene lugar la acción proporcional. A esto a veces se le conoce como ganancia, que es el recíproco de banda proporcional.

3) Integral, también conocido como reinicio, es una función que ajusta el ancho de banda proporcional con respecto al punto de ajuste para compensar el offset (inflexión) desde el punto de ajuste; es decir, ajusta la temperatura controlada al punto de ajuste después de que el sistema se estabiliza.

4) Derivado, también conocido como clasificación, detecta el índice de aumento o disminución de la temperatura del sistema y ajusta automáticamente la banda proporcional para minimizar el sobre-impulso o sub-impulso.

Un controlador PID (trimodal) es capaz de una estabilidad de control excepcional cuando se afina y utiliza correctamente. El operador puede lograr el tiempo de respuesta más rápido y el sobre-impulso más pequeño siguiendo cuidadosamente estas instrucciones. La información para afinar este controlador trimodal puede ser diferente a otros procedimientos de afinación de controlador. Por lo general, una función de AUTOAFINACIÓN eliminará la necesidad de utilizar este procedimiento de afinación manual para la salida principal; sin embargo, se pueden hacer ajustes a los valores de AUTOAFINACIÓN si se desea.

Después de instalar y cablear el controlador:

1. Aplicar energía al controlador.
2. Desactivar las salidas de control de ser posible.
3. Para la salida principal proporcional de tiempo, ajuste el tiempo de ciclo. Ingrese el siguiente valor:

TIEMPO DE CICLO 1

5 SEG (Sólo aparece si la salida es una salida proporcional de tiempo. Se puede requerir un tiempo de ciclo más pequeño para sistemas con un tiempo de respuesta extremadamente rápido).

Luego seleccione los siguientes parámetros:

PR BAND 1 _____	5% (PB)
REINICIO 1 _____	0 R/M (APAGA FUNCIÓN DE REINICIO)
REINICIO 2 _____	0 R/M
CLASIFICACIÓN 1	0 MIN (APAGA FUNCIÓN DE CLASIFICACIÓN)
CLASIFICACIÓN 2	0 MIN

NOTA

En unidades con salidas trimodales dobles, los parámetros de afinación principales y secundarios se ajustan de forma independiente y deben afinarse por separado. El procedimiento utilizado en esta sección es para una salida de principal de CALENTAMIENTO. Un procedimiento similar puede utilizarse para una salida de ENFRIAMIENTO principal o una salida de ENFRIAMIENTO secundaria.

A. AFINACIÓN DE SALIDAS PARA CONTROL DE CALENTAMIENTO

1. Habilitar la SALIDA(S) e iniciar el proceso.
2. El proceso debe ejecutarse en un punto de ajuste que permita que la temperatura se estabilice con la entrada de calor requerida.
3. Con la CLASIFICACIÓN y REINICIO APAGADOS, la temperatura se estabilizará con una desviación en estado fijo, o inflexión, entre el punto de ajuste y la temperatura real. Observe cuidadosamente si hay o no ciclos regulares u oscilaciones en esta temperatura observando la medición en la pantalla. (Una oscilación puede ser hasta de 30 minutos).

El procedimiento de afinación es más fácil de seguir si utiliza un registrador para controlar la temperatura del proceso.

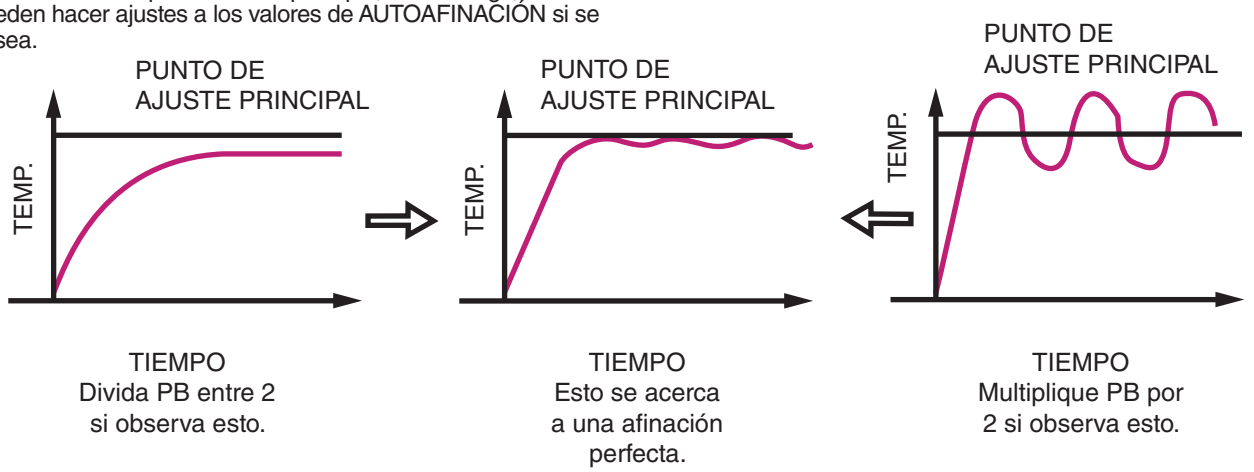


Figura 1. Oscilaciones de temperatura

Afinando un controlador PID Continuación

4. Si no hay oscilaciones regulares en la temperatura, divida el PB entre 2 (ver Figura 1). Permita que el proceso se estabilice y revise las oscilaciones de temperatura. Si todavía no hay oscilaciones, divida el PB entre 2 otra vez. Repita hasta que se obtengan ciclos u oscilaciones. Continúe con el Paso 5.

   Si se observan oscilaciones de inmediato, multiplique el PB por 2. Observe la temperatura resultante por varios minutos. Si las oscilaciones continúan, incremente el PB por factores de 2 hasta que las oscilaciones se detengan.

5. Ahora el PB está muy cerca de su ajuste crítico. Con cuidado aumente o disminuya el ajuste PB hasta que los ciclos u oscilaciones sólo aparezcan en el registro de temperatura.

   Si no ocurren oscilaciones en la temperatura del proceso, incluso en el ajuste PB mínimo de 1%, omita los pasos 6 a 11 a continuación y continúe con el párrafo B.

6. Lea la desviación de estado fijo, o inflexión, entre el punto de ajuste y la temperatura real con la configuración PB "crítica" que haya logrado. (Dado que la temperatura está ciclando un poco, utilice la temperatura promedio).

7. Mida el tiempo de oscilación, en minutos, entre los picos o valles cercanos (ver Figura 2). Esto se logra más fácilmente con un registrador de gráficos, pero una medición se puede leer en intervalos de un minuto para obtener el tiempo.

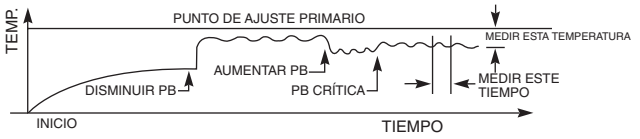


Figura 2. Tiempo de oscilación

8. Ahora, incremente el ajuste PB hasta que la desviación de temperatura, o inflexión, aumente 65%.

   La desviación de temperatura final deseada se puede calcular multiplicando la desviación de temperatura inicial lograda con el ajuste PB CRÍTICO por 1.65 (ver Figura 3) o mediante el uso del Nomograma I conveniente (ver Figura 4). Intente varios ajustes de prueba y error del control PB hasta que se logre la desviación de la temperatura final deseada.

9. Ahora ha completado todas las mediciones necesarias

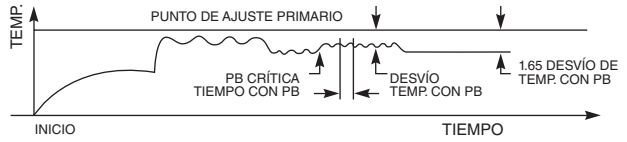


Figura 3. Calculando la desviación de temperatura final

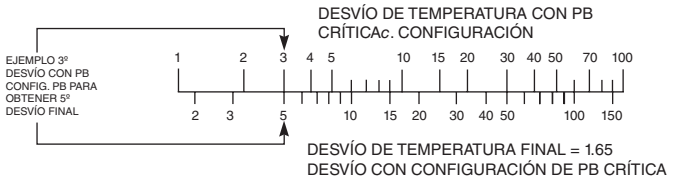


Figura 4. Nomograma I

para obtener un desempeño óptimo del controlador. Sólo se requieren dos ajustes más – CLASIFICACIÓN y REINICIO.

10. Utilizando el tiempo de oscilación medido en el Paso 7, calcule el valor de REINICIO en repeticiones por minuto de la siguiente forma:

    $$\text{REINICIO} = \frac{8}{5} \times \frac{1}{T_O}$$

    Donde T_O = Tiempo de oscilación en minutos.
    O utilice Nomograma II (ver Figura 5):

    Ingrese el valor de REINICIO 1.



Figura 5. Nomograma II

11. De nuevo, usando el tiempo de oscilación medido en el Paso 7, calcule el valor de CLASIFICACIÓN en minutos de la siguiente forma:

    $$\text{REINICIO} = \frac{T_O}{10}$$

    Donde T_O = Tiempo de oscilación
    O utilice Nomograma III (ver Figura 6)

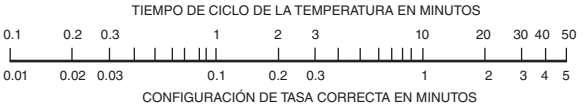


Figura 6. Nomograma III

Ingrese este valor para CLASIFICACIÓN 1.

12. Si ocurre un sobre-impulso, se puede eliminar disminuyendo el tiempo de REINICIO. Cuando se hacen cambios en el valor de REINICIO, también se debe hacer un cambio correspondiente en el ajuste de CLASIFICACIÓN para que el valor de CLASIFICACIÓN sea igual a:

    $$\text{CLASIFICACIÓN} = \frac{1}{6 \times \text{Valor de Reinicio}}$$

    es decir, si el reinicio = 2 R/M,
    la CLASIFICACIÓN = 0.08 min.

13. Se pueden requerir varios cambios de punto de ajuste y los consiguientes ajustes de tiempo de REINICIO y CLASIFICACIÓN para obtener el equilibrio adecuado entre "TIEMPO DE RESPUESTA" a una alteración de sistema y "TIEMPO DE RESOLUCIÓN". En general, una respuesta rápida va acompañada de un sobre-impulso más grande y por consiguiente de un tiempo menor para que el proceso se "RESUELVA" Por el contrario, si la respuesta es más lenta, el proceso tiende a deslizarse hacia el valor final con poco o ningún sobre-impulso. Los requisitos del sistema dictan la acción deseada.

14. Cuando se ha logrado una afinación satisfactoria, el tiempo de ciclo se debe aumentar para ahorrar vida del contactor (aplica en unidades con salidas de dosificación de tiempo solamente (TPRI)). Aumente el tiempo de ciclo tanto como sea posible sin causar oscilaciones en la medición por ciclado de carga.

15. Continúe con la Sección C.

B. PROCEDIMIENTO DE AFINACIÓN CUANDO NO SE OBSERVAN OSCILACIONES

1. Mida la desviación de estado fijo, o inflexión, entre el punto de ajuste y la temperatura real con ajuste PB mínimo.
2. Aumente el ajuste PB hasta que la desviación de temperatura (inflexión) aumente 65%. El Nomograma I (ver Figura 4) ofrece un método conveniente para calcular la desviación de temperatura final deseada.
3. Ajuste el REINICIO 1 a un valor alto (10 R/M). Ajuste la CLASIFICACIÓN 1 a un valor correspondiente (0.02 MIN). En este punto, la medición debe estabilizarse a la temperatura del punto de ajuste por la acción de reinicio.
4. Ya que no pudimos determinar un tiempo de oscilación crítico, la configuración óptima de los ajustes de reinicio y clasificación deben determinarse por prueba y error. Después de que la temperatura se haya estabilizado en el punto de ajuste, aumente la temperatura del punto de ajuste en 10 grados. Observe el sobre-impulso asociado con el aumento en la temperatura real. Luego devuelva el punto de ajuste a su valor original y vuelva a observar el sobre-impulso asociado con el cambio en la temperatura real.

   Un sobre-impulso excesivo implica que los valores de REINICIO y/o CLASIFICACIÓN son demasiado altos. Una respuesta sobre-disminuida (sin sobre-impulso) implica que los valores de REINICIO y/o CLASIFICACIÓN son demasiado bajos. Consulte la Figura 7. Cuando se requiera un mejor desempeño, cambie un parámetro de afinación a la vez y observe su efecto en el desempeño cuando se cambie el punto de ajuste. Haga cambios graduales en los parámetros hasta que se optimice el rendimiento.
5. Cuando se haya logrado una afinación satisfactoria, el tiempo de ciclo debe incrementarse para ahorrar vida del contactor (aplica a unidades con salidas de dosificación de tiempo solamente (TPRI)). Aumente el tiempo de ciclo tanto como sea posible sin causar oscilaciones en la medición por ciclado de carga.



REINICIAR O CLASIFICAR COMO DEMASIADO ALTO

REINICIAR O CLASIFICAR COMO DEMASIADO BAJO

Figura 7. Ajustar REINICIO Y/O CLASIFICACIÓN

C. AFINANDO LA SALIDA PRINCIPAL PARA CONTROL DE ENFRIAMIENTO

Se utiliza el mismo procedimiento que para el calentamiento. El proceso debe ejecutarse en un punto de ajuste que requiera control de enfriamiento antes de que la temperatura se estabilice.

D. PROCEDIMIENTO DE AFINACIÓN SIMPLIFICADO PARA CONTROLADORES PID

El siguiente procedimiento es una técnica gráfica de analizar una curva de respuesta de proceso a una entrada de escalón. Es mucho más fácil con un registrador de gráficos de barras leyendo la variable del proceso (PV).

1. A partir de un arranque en frío (PV a temperatura ambiente), aplique plena potencia al proceso sin el controlador en el bucle, es decir, con un bucle abierto. Registre este tiempo de inicio.
2. Después de cierto retraso (para que el calor alcance el sensor), el PV comenzará a subir. Después de más retraso, el PV alcanzará un índice máximo de cambio (pendiente). Registre la hora en que ocurre esta pendiente máxima y el PV en el que ocurre. Registre la pendiente máxima en grados por minuto. Apague la alimentación del sistema.
3. Trace una línea desde el punto de pendiente máxima de vuelta al eje de temperatura ambiente para obtener el retraso de tiempo del sistema agrupado Td (ver Figura 8). El tiempo de retraso también se puede obtener mediante la ecuación:

   Td = tiempo para max. pendiente-(PV a max. pendiente - Ambiente)/max. pendiente
4. Aplique las siguientes ecuaciones para obtener los parámetros PID:

   Pr. Banda = Td x max. pendiente x 100/alcance = % de alcance

   Reinicio= 0.4 / Td = reinicios/minuto

   Clasificación= 0.4 x Td = minutos
5. Reinicie el sistema y lleve el proceso al punto de ajuste con el controlador en el bucle y observe la respuesta. Si la respuesta tiene demasiado sobre-impulso, o es oscilante, entonces los parámetros PID se pueden cambiar (ligeramente, uno a la vez y observando la respuesta del proceso) en las siguientes direcciones:

   Ampliar la banda proporcional, reducir el valor de Reinicio e incrementar el valor de Clasificación.

Ejemplo: El registro de gráfico en la Figura 8 se obtuvo aplicando plena potencia a un horno. Las escalas del gráfico son 10 °F/cm y 5 min/cm. El rango del controlador es de 100 a 600 °F o un alcance de 500 °F.

Pendiente máxima = 18 °F/5 minutos
= 3.6 °F/minuto

Retraso de tiempo = Td = aproximadamente 7 minutos.

Banda proporcional = 7 minutos x 3.6 °F/minutos x 100/500 °F = 5%.

Reinicio = 0.4/7 minutos = 0.06 reinicios/minuto

Clasificación = 0.4 x 7 minutos = 2.8 minuto

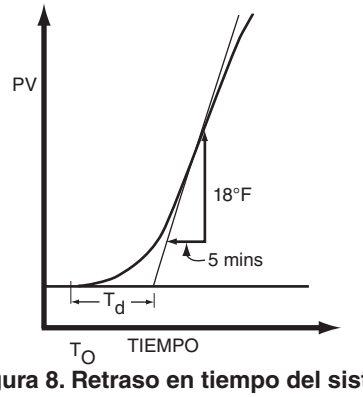


Figura 8. Retraso en tiempo del sistema

Operación del controlador

Hay tres tipos básicos de controladores: encendido/apagado, proporcionales y PID. Dependiendo del sistema que se va a controlar, el operador será capaz de utilizar un tipo o el otro para controlar el proceso.

Encendido/Apagado
Un controlador de encendido/apagado es la forma más simple de dispositivo de control de temperatura. La salida desde el dispositivo está encendida o apagada, sin un estado medio. Un controlador de encendido/apagado cambiará la salida sólo cuando la temperatura cruza el punto de ajuste. Para control de calentamiento, la salida está encendida cuando la temperatura está por debajo del punto de ajuste y apagada cuando está por encima del punto de ajuste.

Dado que la temperatura cruza el punto de ajuste para cambiar el estado de la salida, la temperatura del proceso se estará ciclando continuamente, pasando de abajo del punto de ajuste a arriba y de nuevo a abajo. En los casos donde este ciclado ocurre rápidamente y para evitar daños a los contactores y válvulas, se agrega un diferencial de encendido/apagado, o "histéresis", a las operaciones del controlador. Este diferencial requiere que la temperatura exceda el punto de ajuste por una cierta cantidad antes que la salida se vuelva a apagar o encender. El diferencial de encendido/apagado impide que haya oscilación de salida o que ocurra una alternancia continua y rápida si la temperatura alterna por encima y por debajo del punto de ajuste de forma muy rápida.

El control de encendido/apagado por lo general se utiliza donde un control preciso no es necesario, en sistemas que no sean capaces de trabajar con la activación y desconexión frecuentes de energía, en los casos donde la masa del sistema es tan grande que las temperaturas cambian muy lentamente, o para una alarma de temperatura.

Un tipo especial de control de encendido/apagado utilizado para la alarma es un controlador de límite. Este controlador utiliza un relé de enclavamiento, que se debe reiniciar manualmente y se utiliza para cerrar un proceso cuando se alcanza cierta temperatura.

Proporcionales
Los controles proporcionales están diseñados para eliminar el ciclado asociado con el control de encendido/apagado. Un controlador proporcional disminuye la energía promedio suministrada al calentador conforme la temperatura se aproxima al punto de ajuste. Esto tiene el efecto de desacelerar el calentador para que no sobre-impulse el punto de ajuste, pero se aproximará al punto de ajuste y mantendrá una temperatura estable. Esta acción de dosificación se puede lograr encendiendo y apagando la salida para intervalos cortos. Esta "dosificación de tiempo" varía la proporción de tiempo "encendido" a tiempo "apagado" para controlar la temperatura. La acción de dosificación ocurre dentro de una "banda proporcional" alrededor de la temperatura del punto de ajuste. Fuera de esta banda, el controlador funciona como una unidad de encendido/apagado, con la salida ya sea totalmente encendida (por debajo de la banda) o totalmente apagada (por encima de la banda). Sin embargo, dentro de la banda, la salida se enciende y apaga en la proporción de la diferencia de medición del punto de ajuste. En el punto de ajuste (el punto medio de la banda proporcional), la relación de encendido/apagado de la salida es de 1:1; es decir, el tiempo de encendido y tiempo de apagado son iguales. Si la temperatura está más lejos del punto de ajuste, los tiempos de encendido/apagado varían en proporción a la diferencia de temperatura. Si la temperatura está por debajo del punto de ajuste, la salida estará encendida por más tiempo; si la temperatura es demasiado alta, la salida estará apagada por más tiempo.

La banda proporcional por lo general se expresa como un porcentaje de escala completa, o grados. También se le puede llamar ganancia, que es el recíproco de la banda. Tome en cuenta que en el control de dosificación de tiempo, se aplica la máxima potencia al calentador, pero se enciende y se apaga, por lo que el tiempo promedio varía.

En la mayoría de las unidades, el tiempo de ciclo y/o banda proporcional son ajustables, para que el controlador pueda adaptarse mejor a un proceso particular.

Además de las salidas de relé electromecánicas y en estado sólido, los controladores proporcionales también están disponibles con salidas analógicas proporcionales, como de 4 a 20 mA o 0 a 5 VCC. Con estas salidas, el nivel de salida real es variado, en lugar de los tiempos de encendido y apagado, como ocurre con un controlador de salida de relé.

Una de las ventajas del control proporcional es la simplicidad de operación. Se puede necesitar un operador para que haga un pequeño ajuste (reinicio manual) para llevar la temperatura al punto de ajuste en el arranque inicial, o si las condiciones del proceso cambian significativamente.

Los sistemas que están sujetos a ciclado de amplia temperatura también necesitarán controladores proporcionales. Dependiendo del proceso y de la precisión requerida, se puede requerir ya sea un control proporcional sencillo o uno con PID.

Los procesos con retrasos de mucho tiempo y grandes índices de aumento máximos (por ejemplo, un intercambiador de calor), requieren bandas proporcionales amplias para eliminar la oscilación. La banda ancha puede resultar en grandes desplazamientos con cambios en la carga. Para eliminar estos desplazamientos, se puede utilizar el reinicio automático (integral). La acción (índice) derivada se puede utilizar en procesos con retrasos de tiempo largos, para acelerar la recuperación después de una perturbación del proceso.

PID
El tercer tipo de controlador ofrece control proporcional con integral y derivado o PID. Este controlador combina el control proporcional con dos ajustes adicionales, que ayuda a la unidad a compensar automáticamente los cambios en el sistema. Estos ajustes, integral y derivado, se expresan en unidades basadas en tiempo; también se les conoce por sus recíprocos, REINICIO y CLASIFICACIÓN, respectivamente.

Los términos proporcional, integral y derivado deben ajustarse individualmente o "afinarse" a un sistema en particular mediante prueba y error. Proporciona el control más preciso y estable de los tres tipos de controlador y se utiliza mejor en sistemas que tienen una masa relativamente pequeña, aquellos que reaccionan rápidamente a los cambios en la energía agregada al proceso. Se recomienda en sistemas donde la carga cambia con frecuencia y se espera que el controlador compense automáticamente debido a los frecuentes cambios en punto de ajuste, la cantidad de energía disponible, o la masa a controlar.

También hay otras características a considerar al seleccionar un controlador. Estas incluyen la auto-afinación, donde el instrumento calculará automáticamente la banda proporcional adecuada, los valores de reinicio y clasificación para un control preciso; las comunicaciones seriales, donde la unidad puede "hablar" con una computadora central para almacenamiento de datos, análisis y afinación; alarmas, que pueden ser de enclavamiento (reinicio manual) o de no enclavamiento (reinicio automático), ajustado para activarse en altas o bajas temperaturas de proceso o si se observa una desviación del punto de ajuste; temporizadores/ indicadores de eventos que puedan marcar el tiempo transcurrido o el fin/inicio de un evento. Además, las unidades de salida de relé o TRIAC se pueden utilizar con interruptores externos, como relés en estado sólido SSR o contactores magnéticos, con el fin de cambiar cargas grandes de hasta 75 A.

Consideraciones térmicas de SSR

Una de las principales consideraciones que no se puede enfatizar lo suficiente cuando se utiliza un SSR, es que debe emplearse un método eficaz para remover calor del paquete de SSR. El método más común es emplear un disipador de calor. El SSR tiene una disipación de "contacto" relativamente alta, de más de 1 watt por amperio.

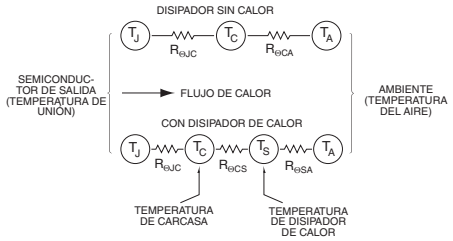


Fig. 18 Un modelo térmico simplificado

Con cargas de menos de 5 amperios, enfriar con aire de flujo libre o corriente de aire forzada alrededor del SSR suele ser suficiente. En corrientes más altas será necesario asegurarse de que la superficie radiante esté en buen contacto con un disipador de calor. Básicamente, esto implica montar la placa base del SSR en un buen conductor de calor, por lo general aluminio. Una buena transferencia térmica entre el SSR y el disipador de calor se puede lograr con grasa térmica o compuesto disipador de calor. Utilizando esta técnica, la resistencia térmica ($R_{\Theta CS}$) de carcasa a disipador de calor SSR se reduce a un insignificante valor de 0.1 °C/W (Celsius por watt) o menos. Esto generalmente se asume y se incluye en los datos térmicos. El modelo térmico simplificado en la Fig. 18 indica los elementos básicos a considerar en el diseño térmico. Los valores que son determinables por el usuario son la interfaz de carcasa a disipador de calor ($R_{\Theta CS}$), como se mencionó anteriormente, y la interfaz de disipador de calor a ambiente ($R_{\Theta SA}$).

Cálculos térmicos

La Fig. 18 ilustra las relaciones térmicas entre la unión semiconductora de salida y el ambiente circundante. $T_J - T_A$ es el gradiente de la temperatura o descenso de unión-ambiente, que es la suma de las resistencias térmicas multiplicada por la disipación de energía de unión (P watts). Por tanto

$$T_J - T_A = P(R_{\Theta JC} + R_{\Theta CS} + R_{\Theta SA})$$

donde

T_J = Temperatura de unión, °C

T_A = Temperatura ambiente, °C

P = Disipación de energía (I_{CARGA} x $E_{CAÍDA}$) watts

$R_{\Theta JC}$ = Resistencia térmica, unión-carcasa °C/W

$R_{\Theta CS}$ = Resistencia térmica, carcasa-disipador. °C/W

$R_{\Theta SA}$ = Resistencia térmica, disipador-ambiente °C/W

Para usar la ecuación debe conocerse la temperatura máxima de la unión, por lo general 125 °C, junto con la disipación de energía real, digamos 12 watts por un SSR de 10 amperios, suponiendo una caída de voltaje efectiva (no real) de 1.2 voltios a través del semiconductor de salida. La disipación de energía (P watts) se determina multiplicando la caída de voltaje efectiva ($E_{CAÍDA}$).

Suponiendo una resistencia térmica de unión-carcasa ($R_{\Theta JC}$) de, digamos, 1.3 °C/W e insertando los valores típicos anteriores en la ecuación, se pueden encontrar soluciones para parámetros desconocidos, tales como la corriente de carga máxima la temperatura operativa máxima, y la resistencia térmica apropiada del disipador de calor. Cuando dos de estos parámetros son conocidos, el tercero se puede encontrar como se muestra en los siguientes ejemplos:

(a) Para determinar la temperatura ambiente máxima permitida para disipador de calor de 1°C/W y carga de 10 amperios (12 watts) con una T_3 máxima permitida de 100 °C:

$$T_J - T_A = P(R_{\Theta JC} + R_{\Theta CS} + R_{\Theta SA})$$
$$= 12\ (1.3 + 0.1 + 1.0)$$
$$= 28.8$$

por lo tanto,

$$T_A = T_J - 28.8$$
$$= 100 - 28.8$$
$$= 71.2\ °C$$

(b) Para determinar la resistencia térmica de disipador de calor requerida, para una temperatura ambiente máxima de 71.2 °C y una carga de 10 amperios (12 watts):

$$R_{\Theta SA} = \frac{T_J - T_A}{P} - (R_{\Theta JC} + R_{\Theta CS})$$

$$= \frac{100 - 71.2}{12} - (1.3 + 0.1)$$

$$= 1\ °C/W$$

(c). Para determinar la corriente de carga máxima, para disipador de calor de 1 °C/W y temperatura ambiente de 71.2 °C:

$$P = \frac{T_J - T_A}{R_{\Theta JC} + R_{\Theta CS} + R_{\Theta SA}}$$

$$= \frac{100 - 7.2}{1.3 + 0.1 + 1.0}$$

$$= 12 \text{ watts}$$

por lo tanto,

$$I_{CARGA} = \frac{P}{E_{CAÍDA}}$$

$$= \frac{12}{1.2}$$

$$= 10 \text{ amperes}$$

Independiente de si el SSR se utiliza en un disipador de calor o si la carcasa se enfría por otros medios, es posible confirmar las condiciones operativas correctas haciendo una medición directa de la temperatura de placa base cuando se conocen ciertos parámetros. Se utiliza la misma ecuación básica, sólo que la temperatura de la placa base (T_C) se sustituye por la temperatura ambiente (T_A) y se eliminan $R_{\Theta CS}$ y $R_{\Theta SA}$. El gradiente de temperatura se convierte ahora en $T_J - T_C$ que es la resistencia térmica ($R_{\Theta JC}$) multiplicada por la disipación de energía de unión (P watts). Por lo tanto:

$$T_J - T_C = P(R_{\Theta JC})$$

Las relaciones de los parámetros son similares en que se pueden encontrar soluciones para la temperatura máxima de carcasa permitida, la corriente de carga máxima y la resistencia térmica requerida de unión a carcasa ($R_{\Theta JC}$). De nuevo, cuando se conocen dos parámetros, el tercero se puede encontrar como se muestra en los siguientes ejemplos (utilizando valores anteriores).

Consideraciones térmicas de SSR. Continuación

(d). Para determinar la temperatura de carcasa máxima permitida, para $R_{\Theta JC}$ = 1.3 °C/W y carga de 10 amperios (12 watts):

$$T_J - T_C = P\ (R_{\Theta JC})$$
$$= 12 \times 1.3$$
$$= 15.6$$

por lo tanto,

$$T_C = T_J - 15.6$$
$$= 100 - 15.6$$
$$= 84.4\ °C$$

(e). Para determinar la corriente de carga máxima para $R_{\Theta JC}$ = 1.3 °C/W y temperatura de carcasa de 84.4 °C:

$$P = \frac{T_J - T_C}{R_{\Theta JC}}$$
$$= \frac{100 - 84.4}{1.3}$$
$$= 12 \text{ watts}$$

por lo tanto,

$$I_{CARGA} = \frac{P}{E_{CAÍDA}}$$
$$= \frac{12}{1.2}$$
$$= 10 \text{ amperios}$$

(f). Para determinar la resistencia térmica requerida ($R_{\Theta JC}$) para temperatura de carcasa de 84.4 °C y carga de 10 amperios (12 watts):

$$R_{\Theta JC} = \frac{T_J - T_C}{P}$$
$$= \frac{100 - 84.4}{12}$$
$$= 1.3°C/W$$

En los ejemplos (a) a (c) las condiciones operativas de SSR se determinan según se relacionan a la temperatura ambiente del aire usando un disipador de calor. De manera similar, se pueden determinar las condiciones para un SSR que opere en aire libre sin un disipador de calor, siempre y cuando se dé un valor para las características radiantes del paquete ($R_{\Theta CA}$). Este valor

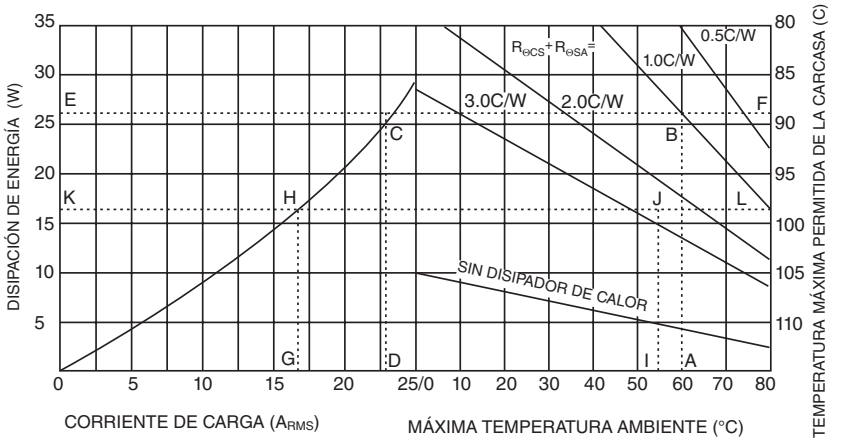


Fig. 19 Curvas operativas térmicas (25 A SSR)

rara vez se da y cuando se da, suele combinarse con ($R_{\Theta JC}$) y establecerse como ($R_{\Theta JA}$) La ecuación se vería de esta forma:

$$T_J - T_A = P(R_{\Theta JC} + R_{\Theta CA})$$

O

$$T_J - T_A = P(R_{\Theta JA})$$

Donde

$R_{\Theta CA}$ = Resistencia térmica, carcasa-ambiente, °C/W

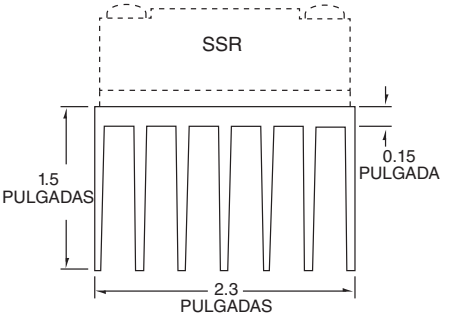
$R_{\Theta JA}$ = Resistencia térmica, unión-ambiente, °C/W

La ecuación se puede usar para calcular la corriente de carga máxima y la temperatura ambiente máxima como antes. Sin embargo, los valores resultantes están inclinados a ser menos precisos debido a las muchas variables que afectan la relación de carcasa-aire (es decir ... posicionamiento, montaje, apilamiento, movimiento del aire, etc).

Por lo general, el desempeño del aire libre se asocia con SSRs de PCB o enchufe de 5 amperios o menos, que no tienen base metálica para medir. A menudo surge la pregunta de dónde se mide la temperatura del aire. No hay una respuesta sencilla para esto. La medición se hace más difícil cuando los SSRs están apilados estrechamente, creando cada uno un falso ambiente para su vecino. Un enfoque sugerido es colocar una sonda de temperatura o termopar en el plano horizontal aproximadamente a 1 pulgada del SSR sujeto. Esta técnica es razonablemente precisa y permite la repetibilidad.

Clasificaciones

El desempeño de aire libre de los SSRs de menor energía por lo general se define en el catálogo por medio de una sola curva de reducción de potencia, corriente versus temperatura ambiente basada en las fórmulas anteriores, que es adecuada para la mayoría de las situaciones.



Disipación de calor

Fig. 20 Típica extrusión de disipador de calor de aluminio de tareas livianas (vista final)

Bajo las peores condiciones, la temperatura de carcasa del SSR no debe exceder el máximo permitido que se muestra en las escalas verticales a la derecha de la Fig.19.

Una típica sección aleteada de material disipador de calor de aluminio extruído se muestra en forma de esquema en la Fig. 20. Una longitud de 2 pulgadas de este material se aproximaría a las mismas características térmicas que la curva (a) en la Fig. 21, del mismo modo, una longitud de 4 pulgadas se aproximaría a la curva (b). Esto es suponiendo que el disipador de calor esté colocado con las aletas en el plano vertical, con un flujo de aire sin obstáculos.

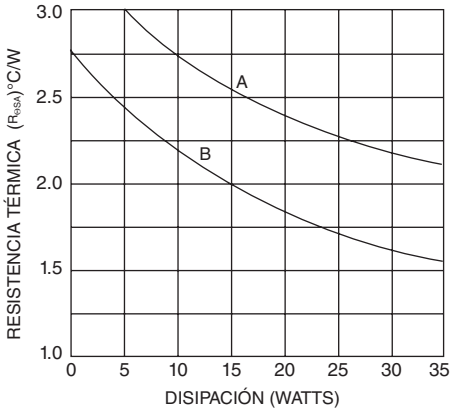


Fig. 21 Características típicas del disipador de calor

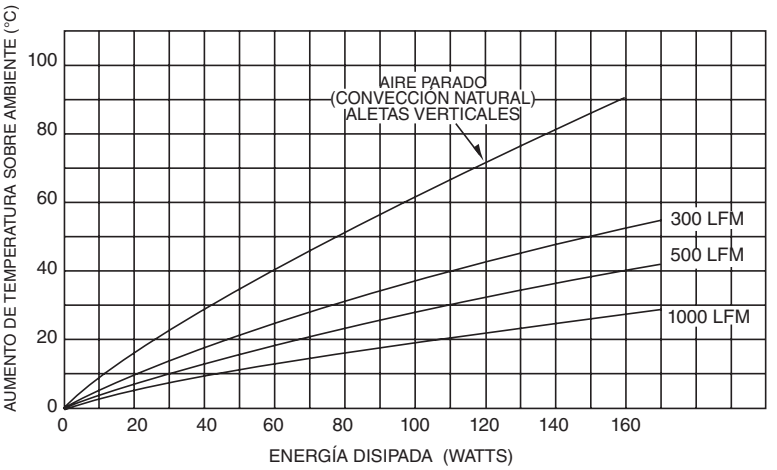


Fig. 23 Características típicas de un disipador de calor de servicios pesados con aire de flujo libre; aumento de temperatura vs potencia disipada

Como regla general, un disipador de calor con las proporciones de la longitud de extrusión de 2 pulgadas (curva (a)) es adecuado para SSRs clasificados hasta 10 amperios, mientras que la longitud de 4 pulgadas (curva (b)) servirá a SSRs clasificados hasta 20 amperios. Para SSRs de energía con clasificaciones superiores a 20 amperios, se vuelve necesario un disipador de calor de tareas pesadas del tipo que se muestra en

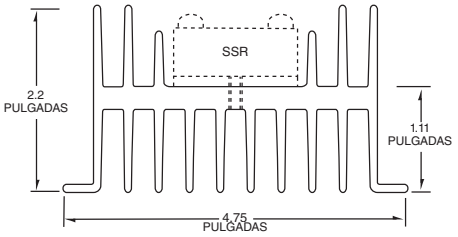


Fig. 22 Vista final de una extrusión típica de disipador de calor de aluminio de tareas pesadas

La Fig. 22. El desempeño de una longitud de la extrusión de 5.5 pulgadas se aproximaría a las características mostradas en la Fig. 23.

No todos los fabricantes de disipadores de calor muestran sus características en términos de grados C por watt (°C/W). Algunos las muestran como un aumento en la temperatura por encima del ambiente como se muestra en la Fig. 23. En este caso, se obtiene un valor para $R_{\Theta SA}$ dividiendo la disipación de energía (watts) en el aumento de temperatura (°C). Por ejemplo, tomando el punto de 60 watts en la escala de disipación, la curva de aire libre indicaría un aumento de 40 grados. Por lo tanto:

$$R_{\Theta SA} = \frac{T_{LEVANTE}}{P}$$

$$= \frac{40}{60}$$

$$= 0.66\ °C/W$$

En muchas aplicaciones, el SSR está montado en un panel o placa base que también puede ser más que adecuado como disipador de calor. Asegurando el alisado, utilizando compuesto térmico y removiendo la pintura para maximizar la eficacia, una medición de temperatura (SSR) de placa base en ambiente máximo puede ser todo lo que se necesita para confirmar la correcta operación que se mencionó anteriormente.

Si una instalación SSR no proporciona un disipador de calor adecuado, se hace una selección de la amplia variedad de tipos de disipadores de calor comerciales que están disponibles. Cada configuración tiene sus propias características térmicas únicas y por lo general están bien documentadas con las curvas de desempeño y datos de aplicación de los fabricantes.

Reproducido con permiso del Crydom Corporation.

Relé de estado sólido SSRL240DC50, se muestra más pequeño que el tamaño real con disipador de calor FHS-2, visite mx.omega.com para obtener más detalles.



Temporizador o controlador programable sin pausa por exceso de tiempo



Figura 1 *Temporizador/controlador PTC41*

El modelo PTC41 es un reloj/temporizador y controlador de precisión que combina las características de muchos medidores dedicados en un solo diseño multi-funcional. Vea la Figura 1. Ponga a prueba este temporizador/controlador universal, económico y programable para realizar una tarea de cualquier nivel, desde tiempo de ciclo variables en estándares complejos hasta operaciones básicas de reinicio y cronometraje.

Los modos y estándares de tiempo son virtualmente ilimitados y las cuatro salidas controladas de manera independiente se programan fácilmente utilizando botoneras de panel frontal o enlace serial remoto. Conectado por un bus común a otros instrumentos de prueba de la serie DP41, el controlador, temporizador PTC41 es capaz de solicitar lecturas de todos los medidores y registrar los datos en una impresora común.

Recursos especiales

Las características de este instrumento de precisión permiten variaciones en los patrones del tiempo mediante programación simplificada y monitoreo del proceso. Hay cuatro salidas independientes con ocho puntos de ajuste programables y cinco modos de salida controlada que permiten una variada combinación de patrones de control de carga.

Para las secuencias de tiempo utilizadas con más frecuencia, el instrumento puede almacenar hasta 64 patrones preestablecidos. Las operaciones pueden cronometrarse a intervalos tan cortos como 0.01 segundos o tan largos como 24 horas y repetirse e iniciar ciclos hasta un millón de veces. El medidor se puede configurar para usar cualquiera de las ocho bases de tiempo integradas (tal como una resolución de hora del día o una hora).

El usuario puede ver el ajuste y la configuración del temporizador en cualquier momento en que esté funcionando el medidor. Presione el botón REVISAR del panel delantero o active el enlace serial remoto y esta característica visualizará la secuencia de temporización sin afectar la función de temporización.

En caso que se interrumpa la potencia, la memoria no volátil basada en microprocesador retendrá los ajustes del temporizador. Si se requiere retener el día y la fecha, se cuenta con una opción de respaldo de batería.

Programación sencilla

El PTC41 es totalmente programable desde el panel frontal o remotamente vía una conexión remota RS-232 o RS-485. La programación del panel frontal se realiza con cinco botoneras. El programador puede visualizar palabras clave (tal como START, TIMESET, UNITS, ELAPSE) en la pantalla de LED alfanumérica de seis posiciones.

La opción de programación remota cuenta con más de cuarenta comandos que permiten el total control desde una computadora o estación de trabajo. La programación y el estado de la temporización se alimentan a la computadora para la verificación del programa. La característica de programación remota incluye su propio software.

Registro de datos automatizado

Una característica única del PTC41 es el modo del controlador. Se pueden conectar al bus un máximo de 32 instrumentos de la serie DP41 (tal como voltímetro, indicadores de temperatura, controladores de lote) equipados con tableros de interfaz serial RS-485 cuando se usa este instrumento como temporizador o controlador. Puede formar secuencias en todos los medidores del bus y solicitar lecturas de todos los dispositivos. Posteriormente se ordena a la impresora RS-485, que igualmente está en el bus, el registro de las lecturas, con o sin impresión de hora y fecha. La Figura 2 muestra la típica configuración con el PTC41 para conectarlo a tres instrumentos DP41 y una impresora.

Resuelve problemas de temporización

La temporización flexible y el control de la carga de salida de este medidor ofrecen las herramientas necesarias para resolver cualquier problema de temporización. Las típicas aplicaciones son la prueba de vida útil, funcionamiento, evaluación de confiabilidad, control de proceso y

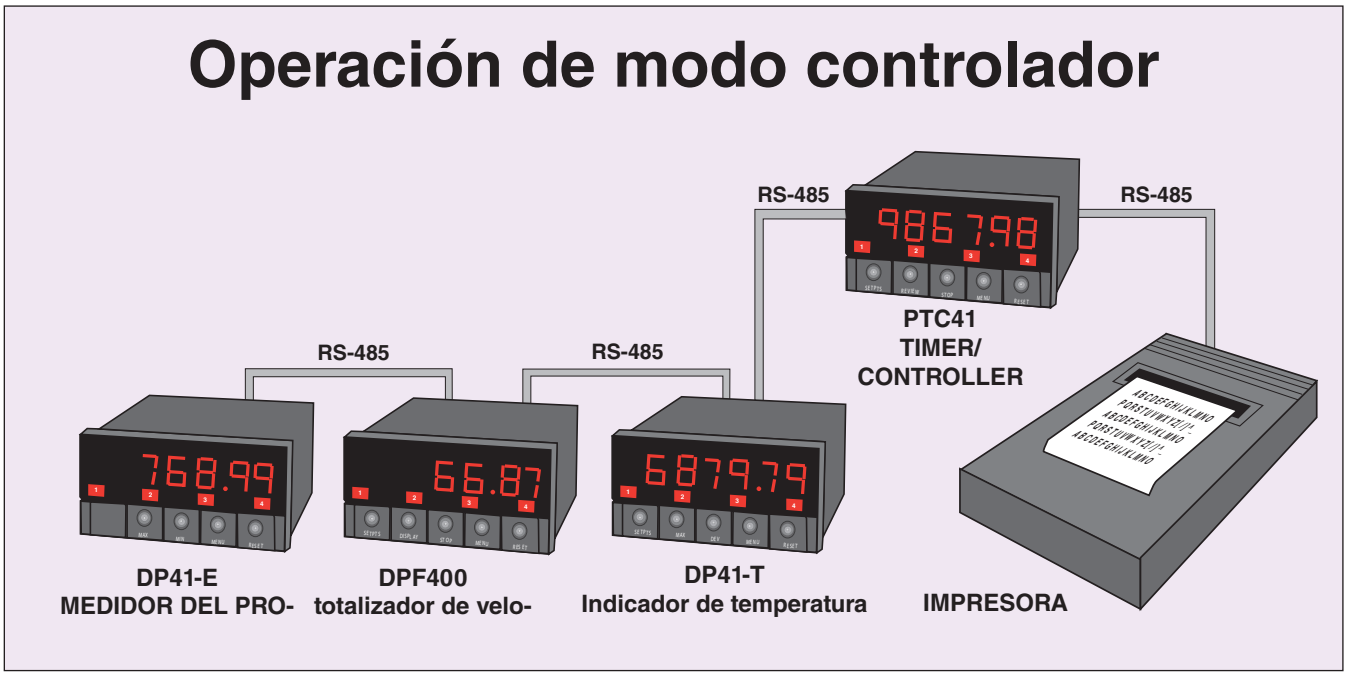


Figura 2 *La configuración típica cuenta con el PTC41 enlazado a tres instrumentos DP41 y una impresora.*

temporización de ciclo repetitivo.

Ejemplo 1 La temporización y control de la prueba de funcionamiento intermitente, donde el producto se energiza por 10 segundos y luego se desenergiza por 50, con el proceso activándose y desactivándose 10,000 veces; las lecturas de voltaje se registran a cada hora.

Ejemplo 2 Temporización y control de cuatro procesos de producción que funcionan simultáneamente, cada uno requiere diferentes secuencias de arranque y paro con una alarma para indicar pasos clave en cada proceso.

Ejemplo 3 Control del tiempo de apertura y cierre para una serie de puertas en una planta para fines de seguridad.

Ejemplo 4 Registro de lecturas de cinco instrumentos de prueba remotos desatendidos una vez por día y repetición del proceso por diez días.

Diseño adaptable

La pantalla LED roja y verde de 15 segmentos y 6 posiciones funciona a niveles de brillo del 100 y 50%. Hay luces indicadoras adicionales que muestran los ajustes de alarmas, referencia a AM/PM y estado del temporizador.

La base del temporizador del reloj se deriva de la frecuencia de la línea de 50 o 60 Hz y de un oscilador de cristal interno con una precisión de ± 50 PPM sobre el rango completo de la temperatura de operación de 0 a + 60 °C (32 a +140 °F).

La potencia de CA es de 115 V o 230V ± 10 % con un consumo de potencia de 9 watts.

La dimensión de la caja de policarbonato homologado por UL es 48 H x 96 W x 149 D mm (1.89 x 3.78 x 5.86").

Instrumento Universal

El PTC41 es un instrumento multifuncional capaz de temporizar, controlar y dirigir el registro de datos.

Generalmente se cumplen las funciones y características incluidas en este equipo de bajo costo al combinar varios medidores independientes.

El PTC41 funciona sobre un montaje de panel o configuración de mesa y es una solución integral para el control automatizado de pruebas, operación y proceso.



Relés de estado sólido

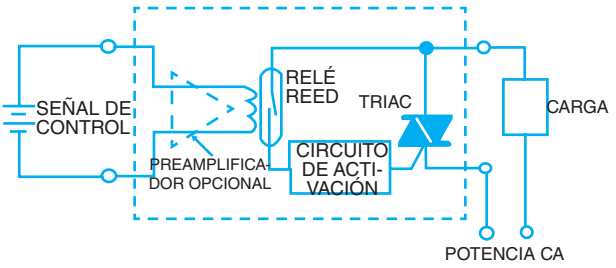


Figura 1. SSR híbrido

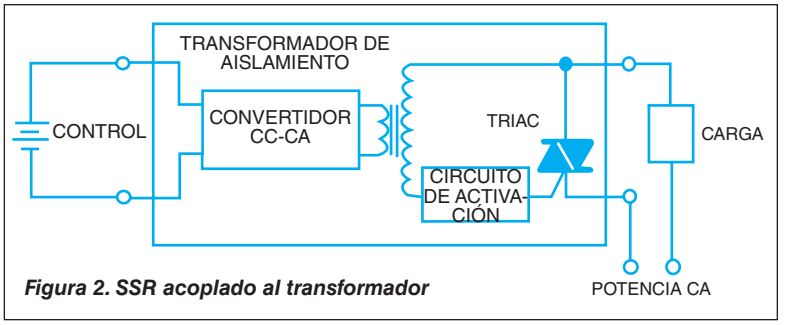


Figura 2. SSR acoplado al transformador

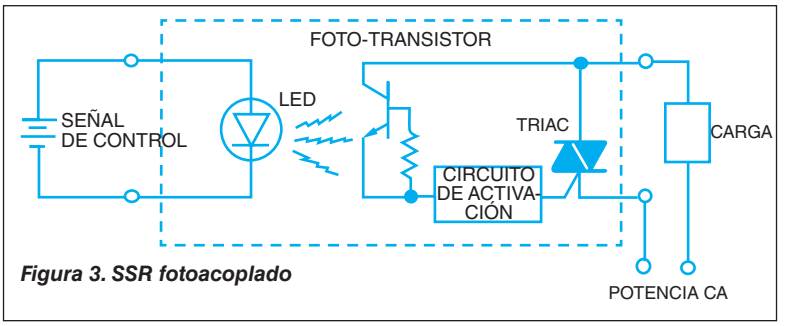


Figura 3. SSR fotoacoplado

Definición y descripción

El relé de estado sólido (SSR) es un dispositivo de control de ENCENDIDO/APAGADO en el cual se conduce la corriente de carga por uno o más semiconductores, es decir, un transistor de potencia, un SCR o un TRIAC. (El SCR y el TRIAC con frecuencia son llamados de tiristores, un término que surgió al combinar tiratrón y transistor, dado que los tiristores son interruptores semiconductores activados).

Al igual que con los relés, el SSR requiere energía de circuito de control relativamente baja para conmutar el estado de salida de APAGADO a ENCENDIDO o viceversa. Dado que la energía del control es bastante más baja que la potencia de salida que controla el relé a plena carga, la "ganancia de potencia" en un SSR es considerable, frecuentemente más alta que la de un relé electromagnético de comparable capacidad de salida.

Tipos de SSR: Es conveniente clasificar los SSR en base a la naturaleza del circuito de entrada, con una referencia en particular a los medios en los que se logra el aislamiento de entrada y salida. Existen tres categorías principales:

- **SSR acoplado a un relé Reed** (Ver Figura 1) en la que se aplica la señal de control (directamente o mediante un pre-amplificador) a la bobina del relé Reed. El cierre del interruptor Reed activa el circuito apropiado que a su vez enciende el interruptor de tiristores. Evidentemente, se logra el aislamiento de entrada y salida del relé Reed, lo cual generalmente es excelente.
- **SSR acoplado al transformador** (Ver Figura 2) en donde la señal de control se aplica (mediante un convertidor de CC y CA, si es CC, o directamente, si es CA) al voltaje primario de un pequeño transformador de baja potencia, y se usa el voltaje secundario que es el resultado de la excitación primaria (con o sin rectificación, amplificación o alguna otra modificación) para activar el interruptor de tiristores. En este tipo, el grado de aislamiento de entrada y salida depende del diseño del transformador.
- **SSR fotoacoplado** (Ver Figura 3) en donde se aplica la señal de control a una fuente infrarroja o de luz (generalmente un diodo que emite luz, o LED) y la radiación de dicha fuente se detecta en un semiconductor fotosensible (es decir, un diodo fotosensible, transistor fotosensible, o un tiristor fotosensible). La salida del dispositivo fotosensible se usa para activar (compuerta) del TRIAC o del SCR que conmuta la corriente de carga. Evidentemente, la única "ruta de acoplamiento" importante entre la salida y la entrada es el haz de luz o radiación infrarroja; por otra parte el aislamiento eléctrico es excelente. A esos SSR se les conoce como "acoplados ópticamente" o "fotoaislados".

Además de los tipos importantes de SSR descritos arriba, existen diseños de propósito especial que deben mencionarse:

- Los tipos de CA con control directo (Ver Figura 4), en donde los contactos externos operan en un circuito energizado mediante la misma línea de CA que se usa en el circuito de carga, activan el TRIAC (o SCR conectado consecutivamente). Este tipo también se conoce como entrada de "cierre de interruptor". Evidentemente, este tipo de relé, aunque es más sencillo e inherentemente menos costoso que los diseños más sofisticados, tiene una gran desventaja (en la mayoría de las aplicaciones) puesto que no cuenta con aislamiento entre los circuitos de control y carga.
- Los tipos CC de control directo (Ver Figura 5) en donde los contactos externos, que operan en un circuito energizado por la misma línea de potencia de CC como se usa en el circuito de carga, controla la conducción de un transistor. Este tipo de relé, que quizá es el más sencillo de todos e inherentemente el menos costoso, también cuenta con una gran desventaja (para la mayoría de las aplicaciones) puesto que no cuenta con aislamiento entre los circuitos de control y carga.
- Los tipos de SCR diseñados para CC, en donde el SCR de conduce corriente de carga, conectado en un circuito de conmutación (tal como en la Figura 6) pueden apagar el primer SCR momentáneamente reduciendo su corriente a cero.

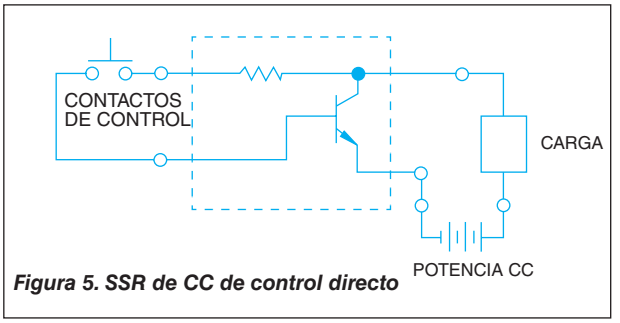


Figura 5. SSR de CC de control directo

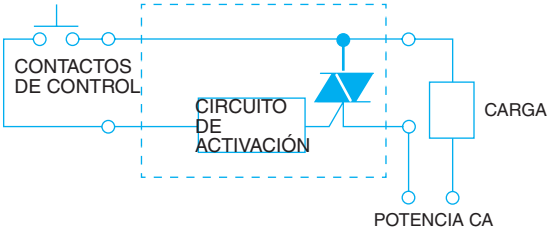


Figura 4. SSR de CA de control directo

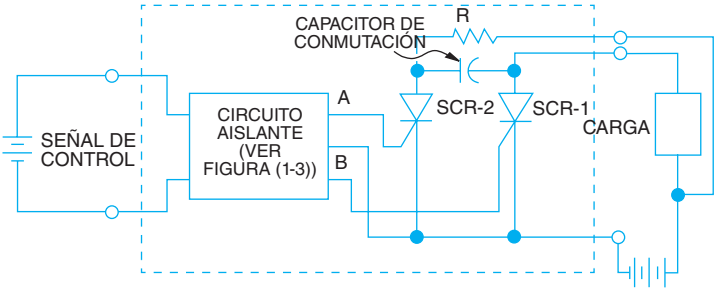


Figura 6. SSR con interruptor SCR

- Los diseños que usan medios de aislamiento especial, tal como. . .

  ... el efecto Hall en donde el movimiento de un magneto externo al SSR, pero cerca del mismo, causa un cambio en la resistencia de un material sensible al campo, por lo tanto se activa el comportamiento de encendido y apagado.

  ... sintonización del oscilador, en donde la señal externa cambia la frecuencia de un oscilador, por lo tanto causa un circuito resonante acoplado para activar el comportamiento de encendido y apagado.

  ... reactores saturables o amplificadores magnéticos, en donde la corriente de control de CC en un devanado controla el voltaje inducido (desde una fuente de CA) en otro devanado. El voltaje inducido se utiliza para activar el comportamiento de encendido y apagado.

Se puede afirmar que más del 95% de todos los requisitos del SSR se satisfacen mejor mediante uno de los tres tipo principales descritos antes (es decir, Figuras 1 a 3).

Desempeño del circuito de entrada. La sensibilidad del SSR aislado (es decir, el voltaje mínimo de control y la corriente a la que se enciende el SSR) depende de las características del componente o circuito aislante:

- En diseños híbridos (aislados por relés Reed), se define la sensibilidad de los SSR mediante requisitos de potencia de operación del relé Reed, el cual va desde un nivel bajo de 40 milivatios (es decir 5 voltios de CC hasta 8 mA) hasta un nivel alto de varios cientos de milivatios. Note que los diseños de bajo voltaje y baja potencia son compatibles con niveles de lógica estándar de computadora digital y que el nivel de lógica TTL de salida del ventilador de una computadora digital o controlador digital puede impulsar dos SSR o más en paralelo.
- Generalmente la sensibilidad en SSR acoplados al transformador es considerablemente más alta que la del tipo híbrido, debido a que lo único que tiene que hacer la señal es activar la compuerta del convertidor de CA-CC (Ver Figura 2) que impulsa el transformador y que requiere, típicamente, menos de 10 milivatios (es decir 4.5 v a 2 mA) y rara vez más de 50 milivatios. Esta sensibilidad es mejor que la requerida por cualquier salida digital TTL sencilla y una salida TTL de alta difusión puede impulsar de 3 a 10 SRR en paralelo.
- En SSR acoplado ópticamente, la sensibilidad varía desde cerca de 6 milivatios (es decir 3 voltios CC a 2 mA) hasta 100 milivatios. Si se usa un resistor en serie o regulador de corriente, este tipo de circuito de entrada es igualmente compatible con los niveles de lógica TTL y se pueden impulsar varios SSR acoplados ópticamente en paralelo mediante líneas lógicas de alta difusión.
- La sensibilidad de la mayoría de los SSR de “control directo” (Figuras 4 y 5) es considerablemente más baja que la de los diseños aislados, pero ese hecho carece de importancia debido a que la potencia de control requerida siempre está dentro de la capacidad de hasta los más pequeño de los contactos de control.

El máximo nivel de apagado (voltaje y/o corriente) de un SSR es de aproximadamente 50% del nivel mínimo al cual se enciende. Esta característica ofrece el margen adecuado de seguridad entre los estados de encendido y apagado, por lo tanto se elimina el comportamiento errático debido a pequeños cambios en la señal de control.

En muchos diseños de SSR, el rango del voltaje de control es mucho más grande que el implícito del voltaje mínimo de encendido. En diseños optimizados para un amplio rango de voltaje de entrada, no es inusual que el SSR tenga una capacidad para utilizarse por encima del rango de 6 a 1 de voltajes de control (es decir 3.0 V a 32 V). En diseños híbridos, la bobina del relé Reed puede enrollarse para casi cualquier voltaje de control útil, desde una capacidad nominal de 3 voltios, hasta 50 voltios, o incluso más, pero el rango del voltaje de entrada tolerado por un SSR híbrido está limitado por la disipación de la bobina del relé. Generalmente, el rango de 1.5 a 1 es aceptable. Por otro lado, la resistencia en serie, o el circuito de entrada activa de “corriente constante” puede utilizarse para adaptar el relé híbrido a voltajes de salida más altos.

Relevadores de estado sólido Continuación

Relé de estado sólido SSRL240DC50 aparece de menor tamaño de la realidad con enlace térmico FHS-2. Consulte mx.omega.com para obtener más detalles.



Figura 7. Circuito simplificado de un SSR y circuitos equivalentes de estado de encendido (b) y estado apagado (c)

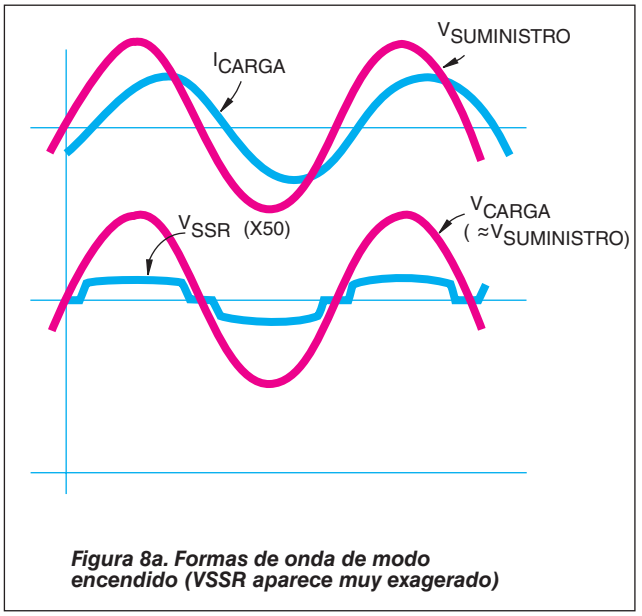


Figura 8a. Formas de onda de modo encendido (VSSR aparece muy exagerado)

Características de entrada: además de considerar las características de sensibilidad (Página 91), debemos por igual describir las características de aislamiento del circuito de entrada de un SSR, lo cual requiere la consideración de muchos parámetros diferentes, incluyendo:

- **Resistencia dieléctrica,** con capacidad en términos de voltaje mínimo de ruptura a partir del circuito de control a la caja del SSR y el circuito de salida (carga). La capacidad nominal es de 1500 voltios CA (RMS) para el control a la caja o control a la salida.
- **Resistencia del aislamiento,** desde el circuito de control hasta la caja y el circuito de salida. La capacidad típica varía de 10 megohmios a 100,000 megohmios para diseños de transformadores e híbridos. Para los SSR aislados ópticamente, las resistencias de aislamiento típicas varían de 1000 a 1 millón de megaohmios.
- **Capacitancia Parásita** desde un circuito de control a la caja y circuito de salida. La capacitancia a la caja rara vez es importante, pero la capacitancia al circuito de salida puede acoplar la CA y transitorios al circuito de control sensible, e incluso hasta las fuentes de la señal de control. Afortunadamente, en los SSR bien diseñados, esta capacitancia rara vez es lo suficientemente grande para causar una interacción. La capacitancia parásita típica varía de 1 a 10 picofaradios.

El tema de la velocidad de respuesta del SSR a la aplicación del voltaje de control aparece posteriormente en esta sección.

Rendimiento del circuito de salida. Evidentemente, los parámetros más importantes del circuito de salida son los del máximo voltaje del circuito de carga que puede imprimirse en el circuito de salida del relé en el estado APAGADO sin causar conducción o falla, y la máxima corriente podrá fluir a través del circuito de salida y cargar en condición de ENCENDIDO.

Tome en cuenta que estos parámetros son (al menos a primera vista) análogos al voltaje usual y los valores nominales de la corriente de los contactos en el relevador electromagnético. No obstante, existen diferencias entre los valores nominales de salida EMR y los valores nominales de salida del SSR- diferencias que serán analizadas en detalle conforme avance esta exposición.

- En el enfoque más general, uno podría decir que los valores nominales del contacto de un SSR se determinan casi por completo mediante las características del dispositivo de conmutación de corriente de carga. Quizá este hecho es más aparente desde el ángulo del análisis del tipo más sencillo de SSR de CA - un diseño de control directo (no aislado), tal como el que aparece originalmente en la Figura 4 y que se volvió a redibujar en la Figura 7, con su circuito equivalente para estados ENCENDIDO y APAGADO.

- En estado ENCENDIDO (Figura 7b) el TRIAC muestra una caída constante del voltaje (es decir, casi independiente de la corriente de carga) aproximadamente igual a la de dos diodos de silicio, menos de 2 voltios. El paso de la corriente de carga a través de esta caída de voltaje causa disipación de potencia ($P_d = V_d \times I_{carga}$) y esta potencia causará un incremento de temperatura en el empalme de TRIAC. Si se cuenta con disipación térmica, es decir conducción térmica desde la caja del TRIAC al aire exterior o a una estructura metálica conductora de calor que pueda a la vez disipar la potencia del aire circundante sin un incremento importante de temperatura, entonces la temperatura del TRIAC no rebasará el máximo valor de la operación confiable (típicamente 100 °C). Con abundante disipación térmica, se podrá determinar el valor nominal del SSR, pero no por disipación de potencia, sino por el valor nominal de la corriente del TRIAC.

La Figura 7c muestra el circuito equivalente de este SSR muy sencillo en estado APAGADO. Observe que incluso el TRIAC está apagado, con un muy pequeño flujo de corriente de fuga. Esta trayectoria de corriente, representada por una resistencia en el circuito equivalente, es de hecho una función no lineal del voltaje del circuito de carga.

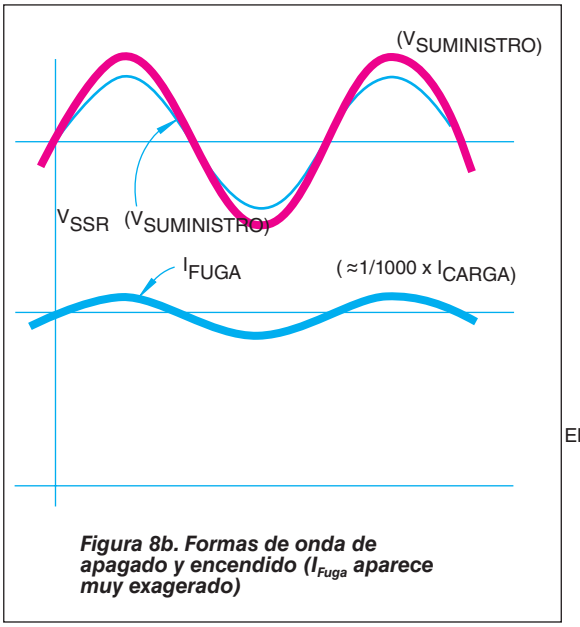


Figura 8b. Formas de onda de apagado y encendido (I_{Fuga} aparece muy exagerado)

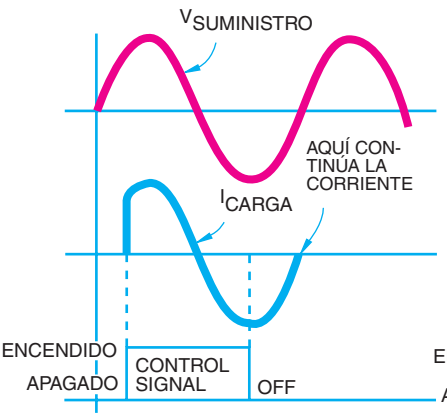


Figura 9a. Formas de onda del SSR no síncrono para carga resistiva

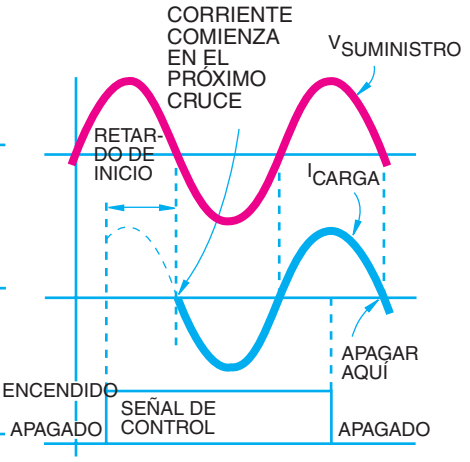


Figura 9b. formas de onda de SSR síncrono para cargas resistivas

La práctica normal, en cuanto a la determinación de la capacidad nominal del TRIAC, es especificar un valor máximo del peor de los casos para esta fuga de estado APAGADO y un valor típico de 0.001 A máximo para una capacidad nominal de corriente de carga de 5 amperios. La capacidad nominal de voltaje del circuito de carga se determina mediante la capacidad nominal del voltaje de bloqueo del tiristor. La capacidad nominal del circuito de salida de los SSR aislados más comunes, la mayoría de los cuales están diseñados para controlar circuitos de carga de CA, son bastante similares a los descritos más arriba, excepto que la fuga de estado APAGADO generalmente es más alta, del orden de 5 mA a 140 V para un dispositivo de 5 amperios, lo cual es cerca de una milésima de la capacidad nominal de la corriente de carga. La Figura 7 muestra el circuito equivalente de un diseño de SSR de interruptor TRIAC y la Figura 8 muestra las formas de onda de voltaje y corriente del circuito de carga, para ambos estados de APAGADO y ENCENDIDO. Observe que se trazan las curvas de caída de voltaje de estado ENCEDIDO a una escala más expandida comparadas con las curvas de voltaje de carga y estado de APAGADO.

Aun en esta etapa inicial de nuestro análisis del SSR, es necesario considerar las relaciones de temporización entre la señal de control y la corriente y voltaje del circuito de carga de CA.

Con respecto a la temporización, existen dos clases de SSR de conmutación. En uno, no se hace un esfuerzo en especial por lograr el sincronismo entre las alternancias de la línea de potencia del circuito de carga y la sintonización del interruptor de tiristores.

En la clase “no síncrona”, el retardo en la respuesta entre la aplicación del voltaje de control y el inicio de la conducción del circuito de carga, es muy breve, típicamente de 20 a 200 milisegundos en tipos de transformador y acoplados ópticamente y menos de un milisegundo en híbridos (más tiempo debido al tiempo de operación del relé Reed). La forma de onda actual en el encendido de diseños no síncronos es evidentemente una función de cuando se aplica la señal de control en el ciclo de CA, como se indica en la Figura 9a.

En diseños síncronos (encendido con voltaje cero), se retarda el efecto de la aplicación de la señal de control (en caso necesario) hasta que el voltaje de la línea de potencia pasa por el cero (Ver Figura 9b). Esto se realiza conectando con compuerta los circuitos que detectan la magnitud del voltaje de línea e impide activar el tiristor hasta que ocurre el siguiente paso por el cero). Por lo tanto, si se aplica la señal de control inmediatamente después del cruce de cero, el SSR no empezaría a conducir sino hasta un medio ciclo completo más tarde.

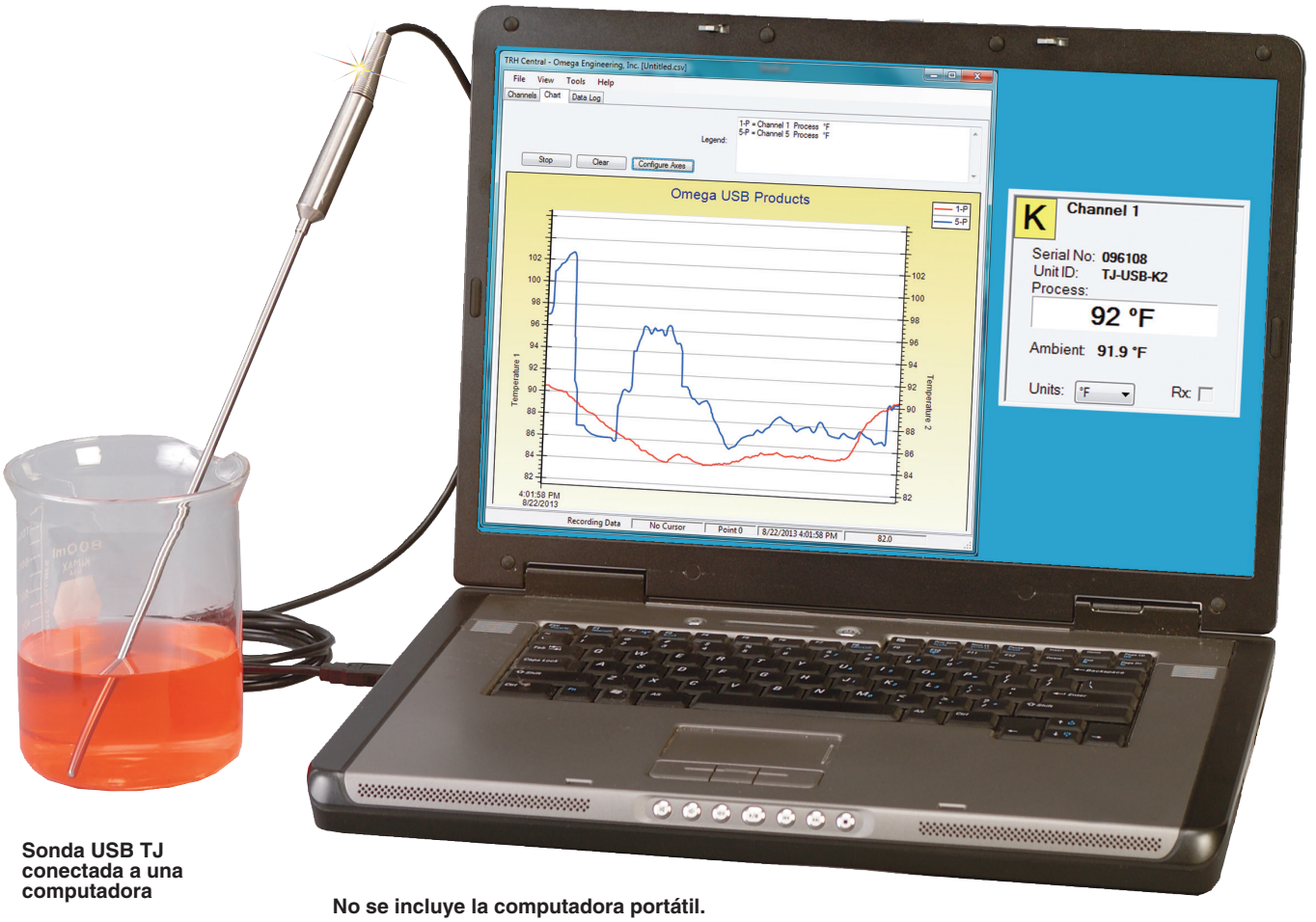
Por otro lado, si la señal de control se aplica justo antes de que ocurra el cruce del cero, el SSR empezaría a conducir casi de inmediato, con solo el muy corto retardo de encendido descrito arriba para diseños no síncronos. Obviamente, el retardo de encendido de un SSR síncrono puede tener un valor de menos de un milisegundo hasta un medio ciclo completo de la línea de potencia (cerca de 8.3 milisegundos para una línea de potencia de 60 Hz). Generalmente, para un servicio de 60 Hz, la capacidad nominal es un máximo de 8.3 milisegundos para todos los diseños de estado sólido y un máximo de 1.5 milisegundos para diseños híbridos.

La característica principal final del SSR de conmutación de CA es el comportamiento de APAGADO. Debido a que cuando se activa el tiristor, éste no dejará de conducir hasta que el flujo de la corriente de carga caiga a cero, existe un máximo retardo de apagado posible (entre la eliminación de la señal de control y el cese de la corriente de carga) de un medio ciclo. Como en el caso de encendido, el retardo mínimo de apagado es cercano al cero. Por lo tanto, la capacidad nominal de 60 Hz para una temporización de apagado es del máximo de 9 milisegundos.

Reproducido con la autorización de Crydom Corporation

Sondas termopares USB

Elimine el medidor intermedio



Sonda USB TJ conectada a una computadora

No se incluye la computadora portátil.

Los termopares han avanzado bastante desde en la época en que se preparaban uniones en carretes de alambres de termopares, colocando una de las extremidades en un baño de hielo. Los termopares modernos vienen bien empacados, con frecuencia con conectores estandarizados e incluyen una compensación de unión fría integrada. Una actualización a las anteriores uniones desnudas fue la introducción de sondas que protegen contra daños físicos y además permiten mediciones de temperatura bajo condiciones que dañarían uniones sin revestimiento. Las sondas se presentan con conectores estandarizados que facilitan la intercambiabilidad.

Aunque los sensores parecen ser el paquete ideal para la mayoría de las mediciones de temperatura de contacto, todavía necesitan conectarse a medidores, registradores, registradores de datos o impresoras para medir, rastrear y registrar los datos de temperatura. En muchas aplicaciones, es sumamente deseable introducir estos datos en la computadora, en donde se pueden analizar, imprimir, distribuir o archivar.

Como el más importante fabricante de dispositivos e instrumentación de medición de temperatura, Omega Engineering ha respondido a esta cuestión con una línea de sondas y conectores que presentan una interfaz de USB que se conecta directamente a la computadora. Un paquete de software compatible toma la lectura y registra los datos a partir de esos dispositivos.

Los productos

Este artículo analizará tres productos Omega que implementan una conexión de USB directa a una computadora. El primero es la serie TJ-USB de sondas de termopar con junta de transición, le sigue el modelo RH-USB que combina sondas de temperatura y humedad y, por último, para conversión de termopares estándar a dispositivos USB compatibles con computadoras, el conector termopar universal UTC-USB. Más abajo aparece una descripción más completa.

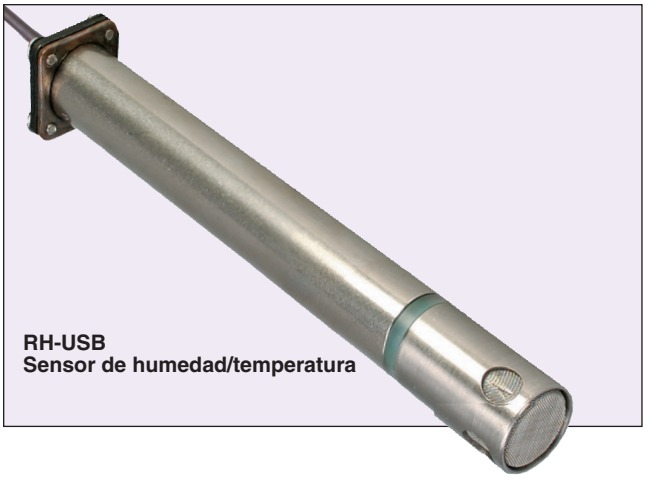
Serie TJ-USB de Sondas de Termopares.

La gama de productos TJ-USB ofrece dos diferentes rangos de temperatura y una variedad de materiales, longitudes y diámetros de sonda para ajustarse a las diferentes situaciones de medición.

El cable de la sonda es un cable blindado USB de 2 m (6') que tiene una interfaz directa con una computadora. Una unión de transición resistente entre los cables del termopar y las puntas de cobre garantizan la durabilidad. Observe la pequeña sección cilíndrica entre la sonda y el cable. Esta sección contiene el paquete electrónico que convierte la salida del termopar en un formato USB.

Sonda de humedad/temperatura RH-USB

El sensor de humedad/temperatura RH-USB fue diseñado para las aplicaciones en donde la humedad relativa es un parámetro importante, al igual que la temperatura. Esta unidad incluye un diseño tubular compacto y, con el *kit* de montaje, es ideal para montaje en pared o ducto. Un cable USB integrado de 2 metros (6') conecta la sonda directamente a la computadora. El sensor RH-USB se calibra en fábrica para garantizar una sensibilidad excelente, respuesta rápida y una operación estable.



RH-USB
Sensor de humedad/temperatura



UTC-USB Conector termopar universal

Conector de termopar universal UTC-USB

Para aplicaciones donde los sensores descritos más arriba no son apropiados o para aplicaciones de reacondicionamiento o solo para poder usar termopares que usted ya tiene disponibles, OMEGA creó el conector de termopar UTC-USB. Este dispositivo inteligente y útil acepta la señal desde cualquiera de los 9 tipos de termopares y transmite las lecturas a una computadora mediante un cable USB incluido.

El UTC-USB ofrece una compensación de unión fría automática, además incluye la conexión de entrada universal patentada única de OMEGA que se adapta tanto a conectores estándar como miniatura. El software incluido ofrece una selección de tipos de termopares y unidades y se describe en mayor detalle más abajo.

Software de medición y registro de datos TC Central

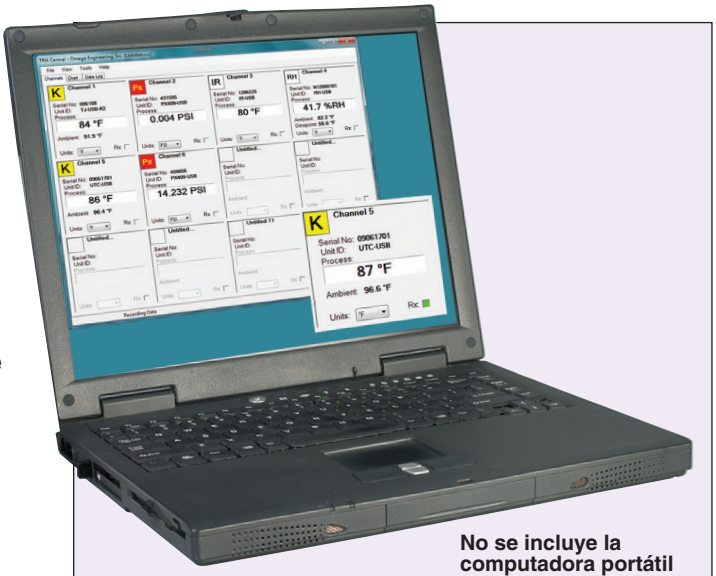
El paquete de software central TC se incluye gratuitamente con todos los productos descritos arriba. Con este programa instalado, la computadora puede ser utilizada como un medidor, registrador de gráficas o de datos para cualquier sonda o termopar compatible conectado a un puerto USB. Se pueden conectar hasta 12 dispositivos simultáneamente utilizando los *hubs* USB.

Se cuenta con una pantalla de configuración del canal para cada dispositivo. En este punto se puede asignar una descripción, nombre o identificación al sensor, se pueden seleccionar unidades en °C o °F y, en caso necesario, se puede ajustar la calibración. Al seleccionar la pestaña “Canales”, se pueden visualizar las lecturas y demás información de cada sensor.

Se pueden visualizar los datos de hasta 12 dispositivos simultáneamente, cada uno con su propio panel de visualización.

La pestaña "Gráfica" abre una pantalla donde los datos son colocados en gráficas. Un pequeño panel de control permite al usuario seleccionar qué canales aparecerán en la gráfica, el color de la línea de cada uno, el intervalo de muestreo y la escala de la gráfica. Se pueden guardar e imprimir los datos resultantes.

Por último, la pestaña de "Registro de datos" muestra los datos en formato tubular. Estos datos se pueden mostrar en vivo conforme son colectados o se pueden recuperar desde un archivo guardado. Como en el caso de la gráfica, la tabla de datos se puede salvar o imprimir. De hecho, la vista para una colección de datos puede ser alternada entre gráfica y tabla de datos. El archivo guardado es compatible con la hoja de cálculo Excel en caso de requerirse un análisis adicional.



No se incluye la computadora portátil

Software de medición y registro de datos TC Central

Resumen

Ya sea que usted esté creando un nuevo sistema desde cero, actualizando la instalación existente o capturando las mediciones de humedad y temperatura, estos productos compatibles USB de OMEGA le ofrecen una alternativa fácil y económica para alejarse de la necesidad de combinar medidores, registradores e impresoras y lo llevan hacia una configuración basada en computadora eficiente e integrada. Usted ganará tanta eficiencia, utilidad y facilidad que se preguntará por qué tardó tanto para comenzar a utilizarlos.

Selección de un registrador



EMPEZANDO CON UNA LISTA DE VERIFICACIÓN

¿Cuántas entradas se necesitan registrar?
¿Qué tipo de entradas necesitan registrarse?
Voltaje y sensibilidad
Termopares
RTD's
¿Se necesita registrar diferentes tipos de entrada en la misma unidad?
¿Qué tipo de registro se requiere?
Continuo
Escaneado multiplex (¿Cuál es el ciclo de escaneo mínimo requerido?)
¿Se requiere una interfaz de comunicación? Para transmitir datos medidos a una computadora?
Para conectar una configuración remota a un registrador Para conectarse a una impresora externa
¿El registrador tiene que ser de tipo mesa de trabajo o montado en panel?
¿Qué tipo de potencia de instrumento está disponible?
¿Es mejor la grabación del tipo registro, en vez de/además del registro de tendencias?
¿Está disponible la diferenciación de color para líneas de tendencia?
¿Se requiere impresión de mensaje?
¿El registrador realizará funciones de alarma?
¿Cuántos puntos de ajuste por canal?
¿Qué tipo de alarmas: umbral, velocidad o delta?
¿Están disponibles los contactos de relé físico para salidas externas de alarma?¿Cuántos se requieren?

ENTRADAS DE SEÑAL

Tipos de entradas disponibles
Los registradores típicos del proceso aceptan entradas análogas de voltaje de CC, termopares o entradas de temperatura de RTD o entradas de estado de contacto seco.

Procesamiento de señales
Escala lineal (conversión a unidades de ingeniería)
Caracterización del termopar
Cálculo de diferencia
Cálculo de raíz cuadrada

FUNCIONES DE MÁS ALTO NIVEL

Inteligencia
Las funciones matemáticas: +, -, x, ÷, raíz cuadrada, valor absoluto, logaritmos, funciones exponenciales, máximo, mínimo, promedio de tiempo, promedio de grupo, sumatoria, (máx.-min), desviación estándar e integración.
Método de programación
Panel frontal
Remoto (descargado)

Comunicaciones
RS232C: serial punto a punto, 50 pies de cable de máxima longitud a 9600 *bauds*; GPIB (IEEE-488): paralelo (20 metros de cable de sistema de máxima longitud, distancia de 2 metros entre dispositivos, hasta 14 dispositivos por controlador; RS422A/RS485: Balanceado/no balanceado, serial, hasta 32 dispositivos por sistema, longitud de cable puede extenderse hasta 1.2 km a 9600 *bauds*.

COPIA IMPRESA Y VISUALIZACIÓN

Método de registro
Movimiento del galvanómetro
Servo
Impulsado por pasos
Arreglo fijo

Método de grabación
Tinta capilar
Cartuchos de tinta de punta de fieltro desechables, impresión por puntos, casete de cinta de tinta o papel sensible a la presión cabezal de impresión térmica o arreglo lineal estacionario
Rueda giratoria de tinta
Los métodos más populares cuentan con cartuchos de tinta desechables para registros continuos (*drag pen*) y casete de cinta de tinta multicolor para registro multipunto de impresión de puntos. Estos métodos de escritura usan un tipo económico de papel que no es sensible al manejo rutinario y no requiere de consideraciones de almacenamiento especiales.

Tipos de gráficas
Para registradores de proceso existen básicamente dos tipos de gráficas, plegadas en Z o rollo. El plegado tipo Z se ha convertido en la opción predominante para aplicaciones de proceso debido a la facilidad de revisión de los trazos previos sin afectar el registro activo.

Velocidades de las gráficas
Fijas o programables

Anotación en gráficas
Impresión de etiquetas
Impresión digital
Impresión de lista
Impresión de alarma
Impresiones en unidades de ingeniería
Impresión de mensajes
Impresión a escala

Características	Escritura continua		Multipunto		
Método de impresión	Tinta húmeda	Térmica	Mecánica		Térmica
Elemento de marcación	Pluma capilar o con punta de fieltro	Arreglo térmico con papel sensible al calor	impresora de puntos de alta velocidad con cinta multicolor	Impresora de punto de matriz de impacto con papel sensible al calor	Matriz térmica con papel sensible al calor
Tendencia multicolor	La tendencia multicolor mejora la capacidad de leer la gráfica	La tendencia de color sencillo dificulta la capacidad de leer cuando las líneas de tendencia se cruzan o están cercanas	La tendencia multicolor mejora la capacidad de leer las gráficas	La tendencia de color sencillo dificulta la capacidad de leer cuando las líneas de la tendencia se cruzan o están cercanas	La tendencia de color sencillo dificulta la capacidad de leer cuando las líneas de la tendencia se cruzan o están cercanas
Capacidad para capturar señales de cambios rápidos	Sí	Sí	No	No	No
Se requiere papel gráfico especial	No	La naturaleza sensible del papel a la temperatura puede causar problemas en la aplicación del registrador y en el almacenamiento de las gráficas	No	La naturaleza sensible del papel a la temperatura puede causar problemas en el manejo y almacenamiento de las gráficas	La naturaleza sensible del papel a la temperatura puede causar problemas en la aplicación del registrador y en el almacenamiento de las gráficas

Identificador de canal (numérico o alfanumérico)
Fecha y hora
Velocidad de gráfica
Valores medidos digitales de instantánea

Para los registradores de escritura continua, se logra la anotación mediante una pluma separada para que no se pierda la información del trazo.

Para los registradores de impresión de puntos, la anotación se realiza mediante una impresora de puntos, con impresión de punto sencillo o carácter completo en cada cruce del cabezal de impresión, dependiendo si el instrumento produce tendencias analógicas o reportes de registros.

Anchura de gráficas
100mm
180mm
250mm

Indicadores visuales
Indicación análoga de la gráfica de barras
(% de escala la completa)
Indicación de la escala análoga
(%de la escala completa)
Número de canal digital y valor medido
Estado del alarma
Unidades de ingeniería

Configuración del registrador
Hasta el surgimiento del microprocesador, los registradores se usaban para medir solo el tipo de señal de entrada y solo el intervalo especificado al momento de la orden. Se requieren cambios de hardware para cambiar el tipo de señal de entrada y/o intervalo de medición. Actualmente los registradores cuentan con el tipo de señal de entrada, intervalo de medición, etiqueta y designadores de unidad que puede ajustar el usuario de manera conveniente. La configuración del registrador es mediante un teclado o, si el instrumento cuenta con una interfaz de comunicación, mediante un teclado de computadora o descarga de un archivo de computadora.

Modos
Normal: monitoreo a un intervalo de escaneo establecido y generación de tendencias a la velocidad de gráficos establecida o toma de registros a intervalos establecidos.

Impresión sujeta a la alarma: monitoreo a intervalo de escaneado establecido pero sin generación de tendencias o registros hasta que ocurra la condición de alarma.

Cambio en el alarma: Tendencias o registros a velocidad de gráfica o intervalo de registro base cuando no existe condición de alarma, que automáticamente cambia a la velocidad de gráfica o intervalo de registro alterno cuando existe la condición de alarma

DEFINICIONES DEL REGISTRADOR

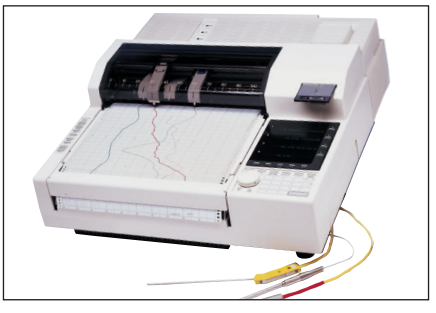
Registrador híbrido: Es un registrador que combina la impresión de la tendencia analógica y el valor digital medido en el mismo papel gráfico sin alteración de la impresión de la tendencia.

Servobalanceo: Es una forma de posicionar la pluma del registrador de drag pen. Una operación de balance nulo no tiene flujo de



corriente en la balanza, nulificando el efecto de resistencia de los conductores. Los registradores de servo balanceo tradicionales usan mecanismos de contacto en los lazos de retroalimentación y escobillas en el servo motor. La nueva tecnología permite el uso de un transductor de posicionamiento de pluma sin contacto y un servo motor de CC sin escobillas.

Registrador de escaneo: Es un registrador de multipuntos que escanea todas sus entradas para obtener nuevos datos medidos cada periodo de tiempo establecido (generalmente de 2 a 6 segundos). Con frecuencia se realiza la impresión de todos los puntos durante cada ciclo del mecanismo de impresión.



Impresión multicolor: Es un registrador que registra los trazos de las tendencias en más de un color para facilitar la diferenciación de los trazos. Los registradores de pluma tipo *drag pen* usan un color diferente para cada pluma (generalmente cuatro plumas como máximo). Los registradores de multipunto típicamente registran en seis colores.

Escala linear: Registro de una entrada de voltaje en términos de la variable de ingeniería que representa el voltaje, tal como la temperatura. La transformación es Y (variable a registrarse) = mX (señal de entrada x de la pendiente) + b (intersección Y).

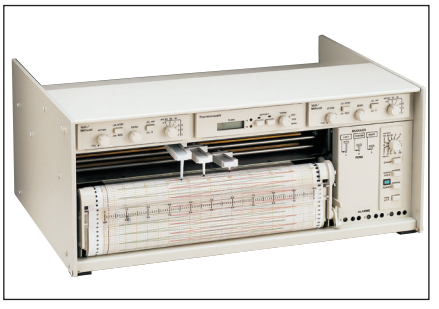
Compensación de la desviación de la pluma: En los registradores tradicionales de pluma tipo *drag pen* de entrada múltiple, cada pluma puede recorrer todo el ancho de la gráfica de registro. Para hacer esto, las plumas deben compensarse físicamente entre sí. Esto coloca los diferentes trazos de la pluma en diferentes líneas de tiempo de la gráfica. Cuando se colocan los datos medidos de la pluma ubicada más al frente en un *buffer* y al retardar su impresión, se pueden sincronizar los trazos a la misma línea, por lo tanto se compensa su desviación.

Precisión: Es la cercanía a la señal real que toma la posición de la tendencia o valor medido, indicado como porcentaje de gran escala o porcentaje de lectura. Se dispone de indicaciones de precisión separadas para funciones de medición y registro.

Identificación de Etiqueta (Tag ID): Es la forma de designar un valor de medida digital o trazo mediante un identificador alfanumérico en lugar de un identificador numérico. Típicamente tiene disponibilidad de hasta siete caracteres.

Impresión digital: Impresión de los valores numéricos medidos precisos para diversos canales, junto con sus identificadores de canal. Generalmente la impresión digital ocurre en un margen de la gráfica para no interrumpir el registro de tendencias.

Reporte de registro: Es una impresión de los valores numéricos medidos precisos para diversos canales junto con sus identificadores de canal. Típicamente imprime la altura completa del carácter en cada ciclo de impresión. Durante la generación de tendencias, imprime bajo demanda y reanuda la generación de tendencias automáticamente. Quizá incluya indicación de estado de alarma.



Reproducido con la autorización de Yokogawa Corporation of America, anteriormente conocida como Johnson Yokogama Corporation.

La norma RS232

La información que se transfiere entre equipos de procesamiento de datos y periféricos está en la forma de datos digitales que se transmiten en modo serial o paralelo. Las comunicaciones en paralelo se utilizan principalmente en las conexiones entre instrumentos de prueba o computadoras e impresoras, mientras que las del modo serial se utilizan con frecuencia entre computadoras y otros periféricos.

La transmisión serial implica en el envío de un bit de datos por vez, a través de una sola línea de comunicaciones. En contraste, las comunicaciones en paralelo requieren por lo menos tantas líneas como hay bits en una palabra que está siendo transmitida (para una palabra de 8 bits, se necesitan un mínimo de 8 líneas). La transmisión serial es beneficiosa para las comunicaciones de larga distancia, mientras que la paralela está diseñada para distancias cortas o cuando se requieren índices de transmisión muy altos.

Normas

Una de las ventajas de un sistema serial es que se presta para la transmisión por líneas telefónicas. Los datos digitales en serie pueden ser convertidos por el módem, trasmitidos por una línea telefónica de comunicación de voz estándar y convertidos en datos digitales seriales por el módem en la extremidad receptora de la línea.

Oficialmente, el estándar RS232 se define como la "interfaz entre el equipo de terminal de datos y el equipo de comunicaciones de datos mediante el intercambio de datos binarios seriales". Esta definición establece el equipo de terminal de datos (DTE) como la computadora, mientras que el equipo de comunicaciones de datos (DCE) es el módem. Un cable de módem tiene conexiones de pin a pin, y está diseñado para conectar un dispositivo DTE a un dispositivo DCE.

Interfaces

Además de las comunicaciones entre los equipos de computadora a través de líneas telefónicas, el RS232 ahora se utiliza ampliamente para conexiones entre dispositivos de adquisición de datos y sistemas de computadora. Como en la definición del RS232, la computadora es equipo de transmisión de datos (DTE). Sin embargo, muchos productos de interfaz no son equipos de comunicaciones de datos (DCE). Los cables de módem nulo están diseñados para esta situación; en lugar de tener las conexiones de pin a pin de los cables de módem, los cables de módem nulo tienen un cableado interno diferente para permitir que los dispositivos DTE se comuniquen entre sí.

Opciones de cableado

Los cables RS232 están comúnmente disponibles con cableado de 4, 9 o 25 pines. El cable de 25 pines conecta a cada pin; los cables de 9 pines no incluyen muchas de las conexiones poco utilizadas; los cables de 4 pines proporcionan las conexiones mínimas descubiertas y tienen jumpers que proporcionan "negociación" a aquellos dispositivos que lo requieren. Esos jumpers conectan pines 4, 5 y 8 y también pines 6 y 20.

El advenimiento de la IBM PC AT ha creado un nuevo surco en las comunicaciones del RS232. En lugar de tener el conector estándar de 25 pines, esta computadora y muchas tarjetas de expansión nuevas para computadora incluyen un puerto serial de 9 pines. Para conectar este puerto a un puerto estándar de 25 pines, se puede utilizar un cable adaptador de 9 a 25 pines o el usuario puede crear su propio cable específicamente para ese propósito.

Selección de cable

Las principales consideraciones al elegir un cable RS232 se basan en los dispositivos a conectar. Primero, ¿está usted conectando dos dispositivos DTE (cable de módem nulo) o un dispositivo DTE a un dispositivo DCE (cable de módem)? Segundo, ¿qué conectores se necesitan en cada extremo, macho o hembra, y de 25 o de 9 pines (estilo AT)? Por lo general se recomienda que el usuario obtenga los dos dispositivos a conectar y luego determine el cable que se necesita.

Especificaciones RS232

NIVELES DE VOLTAJE DE SEÑAL TRANSMITIDA:

Binario 0: +5 a +15 VCC (llamado "espacio" o "encendido")
Binario 1: -5 a -15 VCC (llamado "marca" o "apagado")

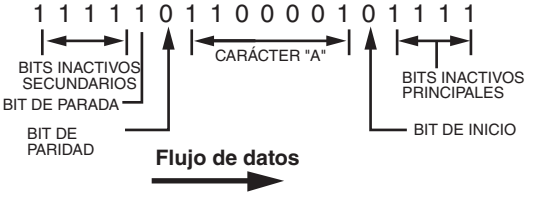
NIVELES DE VOLTAJE DE SEÑAL RECIBIDA:

Binario 0: +3 a +13 VCC
Binario 1: -3 a -13 VCC

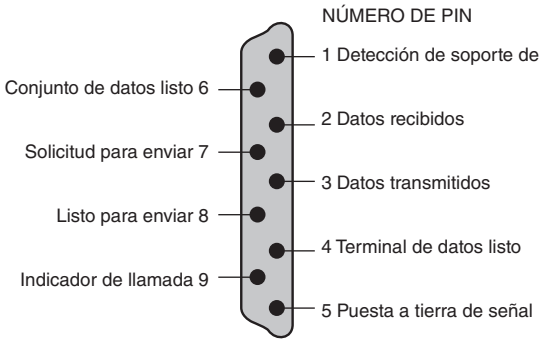
FORMATO DE DATOS:

Bit de inicio: Binario 0 Datos: 5, 6, 7 u 8 bits
Paridad: Non, par, marca o espacio (no utilizado con datos de 8 bits)
Bit de parada: Binario 1, uno o dos bits

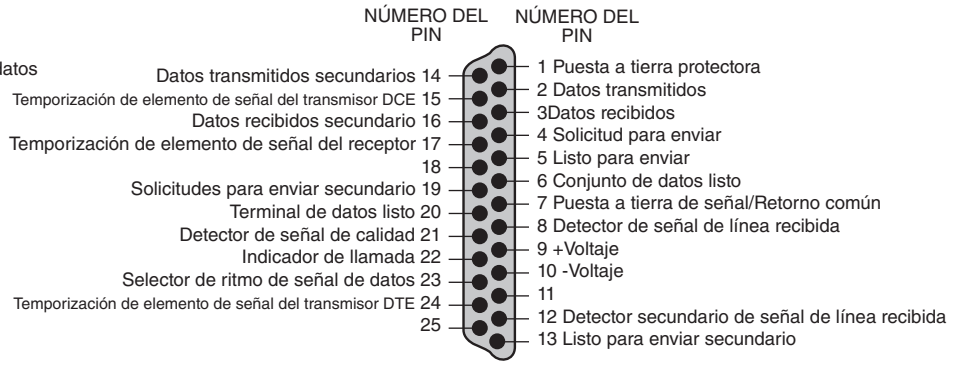
Ejemplo de transmisión



Estilo "AT" de 9 pines



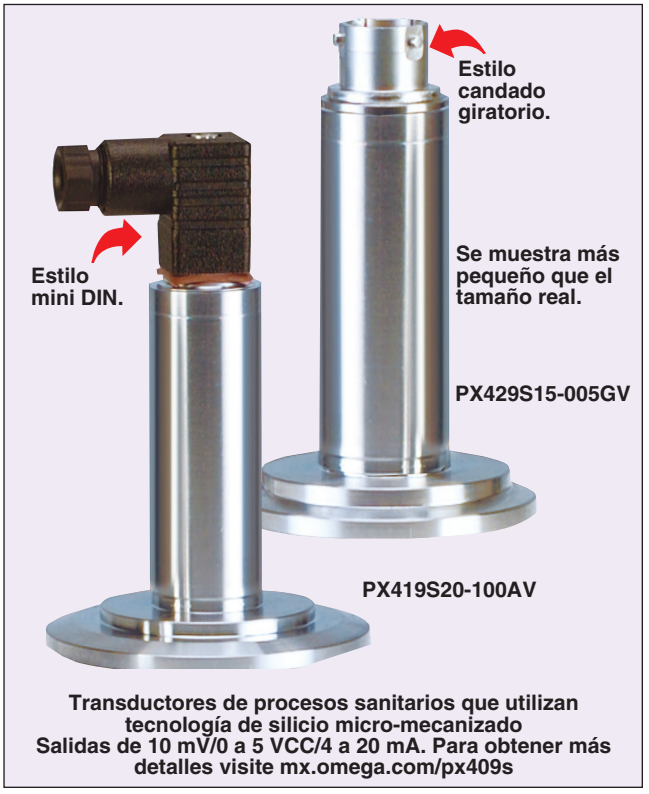
Designación de pins para modelo de 25 pins



Normas sanitarias 3-A

Un manual básico para las normas sanitarias y prácticas aceptadas 3-A

Este resumen pretende ser una introducción muy básica de las Normas Sanitarias 3-A y Prácticas Aceptadas 3-A. Esta información está dirigida a cualquiera que tenga un interés específico en las Normas Sanitarias 3-A (por ejemplo, fabricantes de equipos, compradores de equipos, directores de ingeniería, profesionales de control de calidad), así como aquellos con un interés más general en el diseño de equipo higiénico. Proporciona algo de información esencial de fondo sobre 3-A Sanitary Standards, Inc. (3-A SSI) y el Símbolo 3-A, luego una descripción de los criterios clave comunes para las Normas Sanitarias 3-A y las Prácticas Aceptadas 3-A. Más información a profundidad sobre muchos temas de este manual básico se puede encontrar en otras secciones del sitio web de 3-A Sanitary Standards, Inc. (3-A SSI).



Transductores de procesos sanitarios que utilizan tecnología de silicio micro-mecanizado
Salidas de 10 mV/0 a 5 VCC/4 a 20 mA. Para obtener más detalles visite mx.omega.com/px409s

¿Qué es “3-A” y que tiene de especial una “Norma 3-A”?

Mucha gente se pregunta, ¿qué es exactamente una ‘Norma 3-A’ y qué distingue a estas normas de todos los otros tipos de normas para equipos o materiales? Las primeras normas, conocidas comúnmente como ‘Normas 3-A’, se introdujeron en la década de 1920 para accesorios de tuberías de leche. La designación de ‘3-A’ se deriva de la cooperación de los tres grupos de interés que cooperaron para desarrollar estas normas – sanitarios profesionales, fabricantes de equipos y procesadores. Estos grupos incluían a los precursores de las asociaciones actuales que representan esos grupos de interés, incluyendo la Asociación Internacional para la Protección de Alimentos, la Asociación de Proveedores de Procesamiento de Alimentos, la Asociación Internacional de Alimentos Lácteos y el Instituto Estadounidense de Productos Lácteos. Hoy en día, estas asociaciones, junto con el Consejo del Símbolo Administrativo 3-A, un representante de la USDA y la FDA, son miembros fundadores de la organización actual, 3-A Sanitary Standards, Inc. (3-A SSI).

A diferencia de otros tipos de normas de equipos que pertenecen a las propiedades mecánicas o a la seguridad eléctrica o de personal, las Normas Sanitarias 3-A actuales especifican los criterios para el diseño y la fabricación de equipos que entran en contacto con los alimentos. El propósito rector de las Normas Sanitarias 3-A es proteger la salud pública utilizando equipo sanitario. Específicamente, el objetivo de las Normas Sanitarias 3-A es:

- **Proteger los alimentos de la contaminación**
- **Asegurar que todas las superficies de contacto con el producto se puedan limpiar mecánicamente y desmantelarse fácilmente para hacer limpieza o inspección manual.**

3-A SSI en la actualidad mantiene 70 diferentes Normas Sanitarias 3-A en las siguientes categorías generales de equipos:

- **Recipientes**
- **Rellenos**
- **Válvulas y accesorios**
- **Bombas y mezcladoras**
- **Intercambiadores de calor**
- **Cintas transportadoras y alimentadores**
- **Instrumentos**
- **Equipo de concentración**
- **Leche de granja/fresca**
- **Equipo para quesos y mantequilla**

3-A SSI también mantiene una serie de Prácticas Aceptadas 3-A para el diseño e instalación de sistemas de procesamiento. Las Prácticas Aceptadas 3-A abarcan Sistemas de Procesos y Limpieza y Sistemas de Apoyo a la Planta. Siga el enlace en la página de inicio del sitio web de 3-A SSI para descargar un índice de documentos actual y completo.

¿Cómo se desarrollan y mantienen las normas sanitarias y prácticas aceptadas 3-A?

La responsabilidad de mantener los documentos existentes y crear nuevas normas o prácticas recae sobre los comités compuestos por fabricantes de equipos, procesadores, sanitarios reguladores, entre otros. 3-A SSI sigue un moderno proceso de desarrollo en consenso, consistente con los requerimientos esenciales del American National Standards Institute (ANSI) para el desarrollo de normas y el mantenimiento de documentos. Para obtener detalles sobre la administración de los comités y procedimientos de 3-A SSI, visite este sitio web bajo Normas Sanitarias y Comités 3-A.

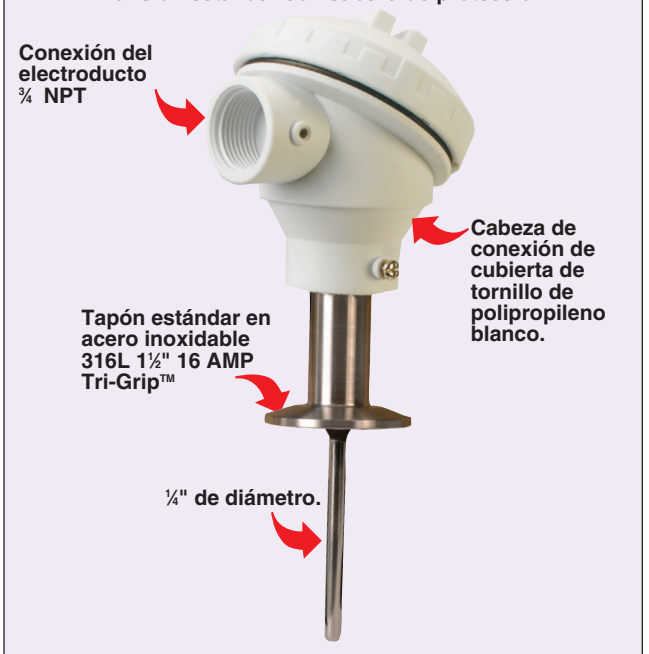
¿Cuál es la importancia de las Normas Sanitarias 3-A en los requerimientos de inspección regulatoria?

Los equipos de alimentos están sujetos a la inspección de diseño e instalación sanitarios generales. Las inspecciones se realizan de forma rutinaria bajo la jurisdicción de agencias reguladoras federales, estatales y locales. Las Normas Sanitarias 3-A y Prácticas Aceptadas 3-A se aplican voluntariamente como criterios sanitarios adecuados para equipos de procesamiento de alimentos y productos lácteos. Sin embargo, las Normas Sanitarias 3-A y Prácticas Aceptadas 3-A gozan de una larga historia de servir como importantes referencias para las autoridades reguladoras estatales y federales. Además, las normas 3-A se han adoptado en algunos códigos reguladores estatales.

El papel del Servicio de Salud Pública de E.U. (USPHS)/Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) en la evaluación de equipo para productos lácteos es proporcionar asistencia técnica a los funcionarios reguladores estatales de lácteos. Los requerimientos generales para los aspectos sanitarios de los equipos y sistemas de lácteos se mantienen en la Ordenanza de Leche Pasteurizada (PMO) grado A, el documento oficial para la Conferencia Nacional de Envíos Interestatales de Leche (NCIMS) (www.fda.gov). Si bien las Normas Sanitarias y Prácticas 3-A no son obligatorias bajo el programa de seguridad de lácteos Grado A, el equipo que cumpla una Norma Sanitaria 3-A o Práctica Aceptada 3-A actual cumple con las normas sanitarias de diseño y construcción de la PMO. El equipo que no está cubierto por una Norma Sanitaria 3-A o Práctica Aceptada 3-A establecida se revisará utilizando las normas sanitarias de diseño y construcción de la PMO.

Para otros sistemas de alimentos no cubiertos por la PMO, seguir las Normas Sanitarias y Prácticas 3-A

Conjuntos de RTDs sanitarios
Función estándar con cabeza de protección

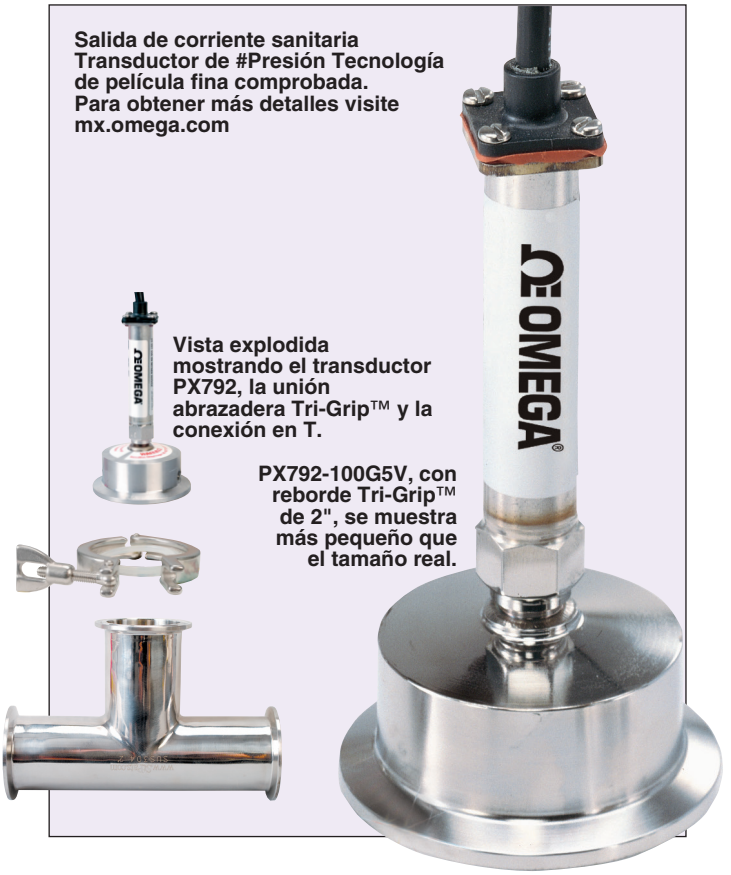


PRS-3-100-A-S-0300-D1-NB9W se muestra más pequeño que el tamaño real. Para obtener más detalles visite mx.omega.com

también puede ofrecer una garantía de cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura actuales (cGMPs) utilizadas en las inspecciones de la FDA, así como los requerimientos de las regulaciones del Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (HACCP).

El Departamento de Agricultura de E.U. (USDA)/ Servicio de Mercadotecnia Agrícola (AMS) División de Lácteos tiene un proceso de aprobación para el equipo utilizado en instalaciones de lácteos sujetas a su inspección. Bajo este proceso, el equipo que se ajuste plenamente a los criterios establecidos en la Norma Sanitaria 3-A o Práctica Aceptada 3-A aplicable es aceptado como un equipo que cumple los requerimientos de las Especificaciones Generales de la USDA. El equipo que no está cubierto por las Normas Sanitarias 3-A o Prácticas Aceptadas 3-A establecidas será revisado por la División de Clasificación de Lácteos utilizando requerimientos de la Sección 58.128 de las Especificaciones Generales de la USDA y los Lineamientos de la USDA para el Diseño y Fabricación Sanitarios de Equipos de Procesamiento de Lácteos.

Salida de corriente sanitaria Transductor de #Presión Tecnología de película fina comprobada. Para obtener más detalles visite mx.omega.com



Vista explodida mostrando el transductor PX792, la unión abrazadera Tri-Grip™ y la conexión en T.

PX792-100G5V, con reborde Tri-Grip™ de 2", se muestra más pequeño que el tamaño real.

¿Qué es el Símbolo 3-A y cómo se relaciona con el equipo construido en una Norma Sanitaria 3-A?

Introducido en 1956, el Símbolo 3-A es una marca registrada utilizada para identificar el equipo que cumple con las Normas Sanitarias 3-A de diseño y fabricación. El uso del Símbolo 3-A es estrictamente voluntario y está sujeto a los requerimientos de licencia establecidos por 3-A SSI. Un fabricante puede recibir autorización de 3-A SSI para utilizar el Símbolo 3-A.

En el 2003, 3-A SSI implementó un programa de inspección y evaluación de Verificación por Terceros (TPV) para todos los titulares de Símbolos 3-A. Este requerimiento para la verificación independiente de conformidad con una Norma 3-A ha mejorado sustancialmente la integridad del Símbolo 3-A. Los detalles completos sobre el requisito de inspección TPV están disponibles en este sitio web bajo el 'Símbolo 3-A y Programa de Verificación por Terceros'.

Normas sanitarias 3-A (continuación)

Entonces, ¿cuál es el valor real del Símbolo 3-A y las Normas Sanitarias 3-A?

El uso voluntario del Símbolo 3-A en equipo de alimentos y lácteos tiene tres propósitos importantes:

Asegura a los procesadores que el equipo cumple con las normas sanitarias;

- **Proporciona los criterios aceptados de diseño sanitario para los fabricantes de equipos**
- **Establece lineamientos para la evaluación uniforme y el cumplimiento de sanitarios**



¿Cuáles son los criterios clave comunes para las Normas Sanitarias 3-A y Prácticas Aceptadas 3-A?

El propósito de este 'manual básico' es presentar y describir algunos de los criterios específicos que son comunes en las Normas Sanitarias 3-A y Prácticas Aceptadas 3-A. Las siguientes descripciones pretenden servir como punto de partida para los lectores interesados en conocer y comprender mejor. Esta información introductoria no pretende ofrecer una guía autoritaria sobre asuntos de diseño/mantenimiento de equipos o inspección regulatoria. Cualquiera que busque diseñar, utilizar o evaluar equipo en una Norma Sanitaria 3-A debe recurrir a profesionales con experiencia directa y conocimiento probado.

Una de las referencias clave para los comités de 3-A SSI que redactan y desarrollan Normas Sanitarias 3- A y Prácticas Aceptadas 3-A es el Manual de Formato y Estilo para Normas Sanitarias 3- A y Prácticas Aceptadas 3-A (El Manual de Formato y Estilo). Una copia del Manual de Formato y Estilo está disponible en 3-A SSI bajo petición. Una advertencia a los lectores casuales de este documento: El Manual de Formato y Estilo pretende ser una ‘plantilla’ para aquellos que redacten o revisen documentos de 3-A SSI.

Incluye información sustancial sobre las convenciones establecidas de formato y estilo para elaborar estos documentos y la forma generalmente aceptada para organizar y armar los documentos. Pero no espere explicaciones largas y detalladas o un ‘curso corto’ sobre diversos temas en los documentos 3-A SSI. Sin embargo, el Manual de Formato y Estilo sirve como una valiosa recopilación de criterios que son comunes en diversos documentos de 3-A SSI. Los lectores que tengan la intención de diseñar, utilizar o inspeccionar equipo construido según una Norma Sanitaria 3-A deben familiarizarse con estos criterios, como mínimo. Un conocimiento integral de los requerimientos regulatorios específicos y el cuerpo sustancial de la ingeniería y seguridad alimentaria que sirven como base para estos criterios es esencial.

El Manual de Formato y Estilo está bajo ‘mantenimiento continuo' y refleja términos y otras referencias que pueden diferir de los documentos 3-A SSI publicados anteriormente. Conforme se hacen revisiones generales a los documentos, 3-A SSI busca incorporar elementos del Manual de Formato y Estilo más actual.

Con estas advertencias, ¿cuáles son algunas de las características clave de las Normas Sanitarias 3-A y Prácticas Aceptadas 3-A?

Alcance

Cada Norma Sanitaria 3-A y Práctica Aceptada 3-A pertenece a los aspectos sanitarios de un tipo específico de equipo o sistema. Para las Normas Sanitarias 3-A, el alcance establece la función y los límites del equipo y distingue la aplicabilidad del documento de los encontrados en otras normas. Para las Prácticas Aceptadas 3-A, identifica la naturaleza del sistema, el objeto o aplicación y características que se distinguen de las encontradas en otras Prácticas Aceptadas. En ambos casos, el alcance es (o debería ser) conciso, pero lo suficientemente completo para definir los límites del equipo o sistema. En pocas palabras, el alcance es la declaración de intenciones.

En algunos casos, el alcance puede proporcionar restricciones de las Normas Sanitarias 3-A o Prácticas Aceptadas 3-A. Sin embargo, no se puede poner demasiado énfasis en los límites y funciones del equipo o sistema, ya que el alcance define los criterios necesarios para el resto del documento.

Referencias normativas

Una serie de Referencias Normativas por lo general se mencionan en el documento. Disposiciones de otras Normas Sanitarias 3-A aparecen con frecuencia en una típica Norma Sanitaria 3-A o Práctica Aceptada 3-A, como requerimientos de materiales o requerimientos para tipos específicos de equipos (por ejemplo, válvulas, accesorios). Otras normas y referencias también se mencionan en un documento 3-A SSI. Éstas pueden incluir especificaciones de materiales, requisitos reglamentarios, lineamientos y otras especificaciones públicamente disponibles.

Definiciones

El Manual de Formato y Estilo es un compendio de definiciones de términos utilizados en diversas Normas Sanitarias 3-A y Prácticas Aceptadas 3-A. Estas definiciones han sido meticulosamente desarrolladas mediante un consenso. ¿Por qué son tan significativos estas definiciones y términos? Estas definiciones proporcionan una referencia constante y uniforme para varios documentos 3-A SSI. Aún más importante, estas definiciones son el resultado de un cuidadoso proceso de desarrollo de consenso y los términos reflejan un historial sustancial de uso e interpretación entre las autoridades reguladoras.

En casos raros, una definición utilizada en un documento en particular puede variar del Modelo, pero la excepción y el motivo de la varianza se detallarán y limitarán al documento en particular.

Una Norma Sanitaria 3-A o Práctica Aceptada 3-A específica mostrará la terminología y definiciones específicamente utilizadas en el documento. El número de definiciones depende del equipo que se está cubriendo. Por ejemplo, ¡el estándar para módulos de membrana contiene más de 80 definiciones! Todas estas definiciones fueron críticamente necesarias para cubrir toda la terminología especial. Muchas normas sólo necesitan de 10 a 20 definiciones. Solo algunas de las definiciones clave incluyen tipos de limpieza, accesorios, inspeccionable, fácilmente removible, sanitización, superficies (contacto con producto, contacto con no producto, contacto con salpicaduras, contacto con aire de procesamiento y contacto con aire de escape) y modificaciones de superficie, incluyendo diversos tratamientos y recubrimientos. Sumándose a más de 40 definiciones más o menos “estándar” encontradas en el Manual de Formato y Estilo, otras definiciones pueden ser específicamente necesarias en ciertas normas. Por ejemplo, también se puede incluir la terminología necesaria para describir equipos o sistemas específicos, sobre todo si no son terminología estándar. Otros términos, de ser necesario, se basan en referencias de diccionarios estándar. Todas las definiciones adicionales, cuando se utilizan, se desarrollan mediante consenso.

Materiales

Muchos tipos de materiales diferentes se utilizan en el diseño de equipo 3-A para diferentes aplicaciones. Cada Norma Sanitaria 3-A incluye una sección de materiales, que describe los materiales aceptables para el contacto con producto y para contacto con no productos. Las especificaciones sanitarias dictan los materiales permitidos, con los criterios más recientes basados en el entorno de su uso previsto.

Los materiales aceptados deben ser adecuados para la aplicación sanitaria, duraderos y no tóxicos [como lo define la Ley de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos (FD&C)]; también pueden ser un aditivo alimentario indirecto regulado o demostrar no ser un aditivo alimentario o encontrarse en la Lista de Notificación Previa a la Comercialización de la FDA (consulte www.fda.gov).

El punto de referencia para materiales es el AISI 300, excluyendo el 301, Serie Acero Inoxidable o el Instituto de Aleación Fundida (ACI) para equivalentes fundidos. Los metales que puedan demostrar ser al menos tan resistentes a la corrosión como el AISI 300 Serie Acero Inoxidable y sean no tóxicos y no absorbentes también son aceptables. Las excepciones al AISI 300 Serie Acero Inoxidable por lo general se permiten para materiales específicos revisados por los Grupos de Trabajo 3-A cuando la función requerida no permita el uso del AISI 300 Serie Acero Inoxidable. El caucho, los materiales similares al caucho y los plásticos son las excepciones de material más comunes al acero inoxidable. Se han desarrollado Normas Sanitarias 3-A específicas para el caucho, materiales similares al caucho y plásticos. Así, cada vez que se utilizan estos materiales en áreas de contacto con producto, deben apegarse a estas normas de materiales. Los requisitos específicos para materiales similares al caucho y plástico se describen a detalle en otras monografías en esta sección.

Otros materiales permitidos incluyen el AISI 400 Serie Acero Inoxidable, la cerámica, el carbono y materiales enchapados como el cromo o el níquel y otros materiales y técnicas modificadores de superficies. Las excepciones al AISI 300 Serie Acero Inoxidable deben especificar ciertas piezas o funciones cuando sea necesario y su uso se limitará entonces a las piezas o funciones identificadas.



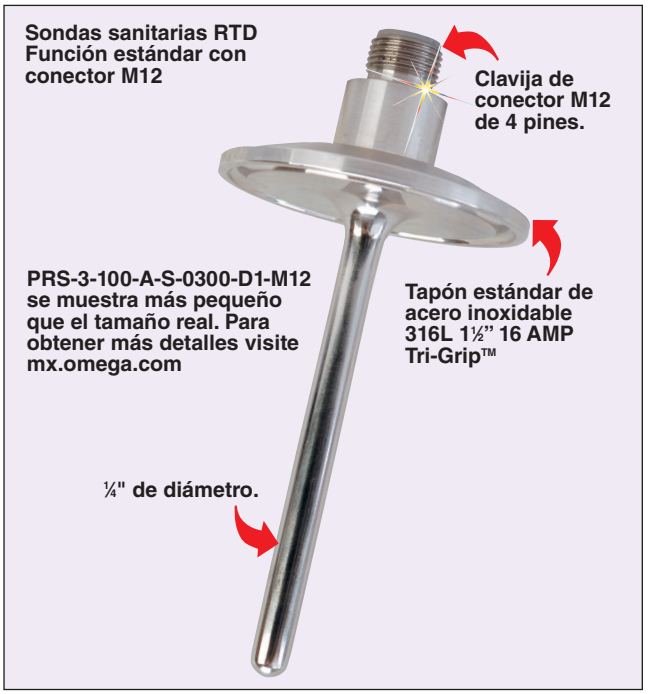
Fabricación

Los criterios para la construcción y fabricación de Equipos 3-A son de gran importancia. Todas las Normas Sanitarias 3-A especifican criterios de fabricación para que los equipos sean fáciles de limpiar y eviten la contaminación del producto. Los criterios sanitarios siempre incluyen requisitos de acabado de superficies (generalmente equivalentes o más lisos de 32 µin. (0.8 µm) Ra) que estén libres de imperfecciones como pozos, pliegues y grietas, limitaciones de radios, requerimientos de drenado, accesibilidad para limpieza e inspección y requerimientos de diseño para el método propuesto de limpieza incluyendo Limpieza In Situ (CIP), Limpieza Ex Situ, (COP), o Limpieza Manual (cepillado húmedo o en seco). La integridad del contacto con producto sellado y superficies de contacto con no producto no debe verse comprometida.

Normas sanitarias 3-A (continuación)

En la elaboración de normas 3-A, el procedimiento habitual es incluir información en el Apéndice de que la uniformidad de 32 µin. (0.8 µm) Ra por lo general se consigue mediante la provisión de un acabado No. 4 y también que las hojas de acero inoxidable laminadas en frío 2B libres de defectos se consideran satisfactorias, en su caso. Esto significa que tales hojas 2B inspeccionadas pueden utilizarse para ciertas aplicaciones (por ejemplo, para construir tanques, secadores de atomizador) con posterior pulido mecánico No. 4 sólo de las soldaduras de unión. Por diferencias de reflectancia de luz, las zonas pulidas se resaltarán y se verán diferentes. Sin embargo, la fabricación se ajustaría.

El Manual de Formato y Estilo detalla los requerimientos mínimos de los radios para las superficies de contacto con el producto. Para algunos



equipos, ¼ pulg. puede especificarse como el radio mínimo normativo, pero por lo general con ciertas excepciones de menos radios especificados. Para otros equipos, el radio normativo apropiado podría ser de 1⁄8 pulg., de nuevo con algunas excepciones. Cualquiera que haya limpiado manualmente equipos de procesamiento de alimentos o lácteos entiende que los afilados ángulos internos son difíciles de limpiar; las esquinas suavemente curveadas hacen el trabajo mucho más fácil.

La adherencia a los criterios 3-A no implica automáticamente la compatibilidad con la limpieza CIP, ya que la mayoría de las Normas mantienen tanto la limpieza manual como la limpieza CIP. La limpieza CIP no excluye averías regulares del equipo para inspección. La función no se incluye a menos que sea necesario por razones de salud pública como la adición de ingredientes, retirada del producto, o en el caso de equipo aséptico, apagado automático.

Reproducido con la autorización de 3-A Sanitary Standards, Incorporated, (www.3-a.org)

Secciones opcionales

Una Norma Sanitaria 3-A puede incluir otras secciones, cuando sea necesario. Estas secciones opcionales incluyen:

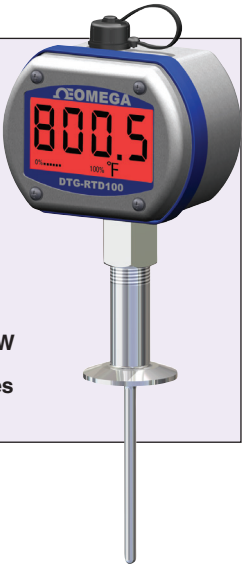
Consideraciones especiales—Esta sección se utiliza cuando se necesitan requerimientos únicos de fabricación o instalación, como cuando los sistemas de pasteurización HTST incluyen sistemas de secado por atomizador o evaporadores.

Instalación—Esta sección es opcional para las normas, pero necesaria para la mayoría de las prácticas. Los criterios de instalación, cuando sea necesario, pueden incluir, pero no se limitan a la PMO Grado A u otros requisitos reglamentarios; la adecuada yuxtaposición del equipo, la limpieza de piso, pared o techo; y las interconexiones y cableado para los controles regulatorios requeridos. En las Prácticas Aceptadas 3-A, esta sección está en el cuerpo del documento; en las Normas Sanitarias 3-A, si se utilizan, puede estar ya sea en el cuerpo o en el Apéndice.

Apéndice—El Apéndice es una sección consultiva o informativa de las Normas Sanitarias 3-A o Prácticas Aceptadas 3-A a menos que se mencione específicamente en la sección de Fabricación como obligatorio. Aunque generalmente es opcional, esta sección se encuentra por lo general en los documentos 3-A. El Apéndice por lo general incluye referencias a materiales de acero inoxidable y proporciona métodos para lograr y medir el acabado de la superficie de contacto con producto requerido. También puede incluir otra información consultiva útil para la correcta construcción, especificaciones de materiales, instalación, limpieza y diagramas del equipo o sistema que cubre la Norma Sanitaria 3-A o Práctica Aceptada 3-A.

Incluso cuando no se considera normativo por referencia, las agencias reguladoras bajo sus procedimientos y autoridad pueden utilizar la información no normativa del Apéndice durante las inspecciones si no hay otra guía disponible sobre los elementos del Apéndice por parte del fabricante o procesador. El Apéndice también puede contener diagramas representativos de los equipos o sistemas y un formato sugerido para el Archivo de Diseño de Ingeniería y Construcción Técnica (EDTCF). El fabricante debe conservar el EDTCF para todos los productos, conjuntos y subconjuntos como evidencia de su apego a las Normas Sanitarias 3-A o Prácticas Aceptadas 3-A. El mantenimiento de este archivo es necesario para autorizar la exhibición del Símbolo 3-A.

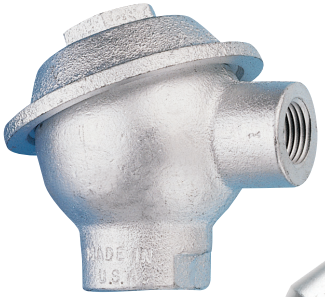
Termómetro RTD digital Cubierta de acero inoxidable 316 para aplicaciones sanitarias, de limpieza, y marinas (inalámbrico)



DTG-RTD100-PRS-3-100-AS-0300-D1-W se muestra más pequeño que el tamaño real. Para obtener más detalles visite mx.omega.com

Espacio para transmisores en cabezas de conjunto de sonda

CABEZA Código del producto	ESPACIO DE TRANSMISORES Diámetro, mm (pulg)	 Altura, mm (pulg)	SONDAS Típicas
NB1	47.6 (1 ⅞)	19.0 (¾)	NB1-ICSS-14G-12 PR-12-2-100-1/8-6-E
NB2	31.7 (1 ¼)	19.0 (¾)	NB2-ICSS-14G-24 PR-14-2-100-1/8-6-E
NB3	57.1 (2 ¼)	25.4 (1)	NB1-ICSS-14G-12 PR-18-2-100-1/8-6-E
NB4	22.2 (⅞)	9.5 (⅜)	NB4-ICSS-14G-12 PR-19-2-100-1/8-6-E
NEPA, NEPB	69.8 (2 ¾)	38.1 (1 ½)	NEPB-ICSS-14G-12 NEPB-2-100-1/8-6-E
NBS	50.8 (2)	31.7 (1 ¼)	NBS-ICSS-14G-12 NBS-2-100-1/8-6-E
NSA, NSB, NSC	50.8 (2)	31.7 (1 ¼)	NSB-ICSS-14G-12 NSB-2-100-1/8-6-E
NBB	47.6 (1 ⅞)	19.0 (¾)	NBB-ICSS-14G-12 NBB-2-100-1/8-6-E
NBN	50.8 (2)	19.0 (¾)	NBN-ICSS-14G-12 NBN-2-100-1/8-6-E
NBG	44.4 (1 ¾)	19.0 (¾)	NBG-ICSS-14G-12 NBG-2-100-1/8-6-E
NXT	47.6 (1 ⅞)	50.8 (2)	NXT-ICSS-14G-12 NXT-2-100-1/8-6-E
HEP-TX	76.2 (3)	50.8 (2)	HEP-TX-100-J1 HEP-TX-110-PT1
HEP-TX70	76.2 (3)	50.8 (2)	HEP-TX71-J-50-350C HEP-TX75-50-350C



NB1 Hierro fundido



NB4
Aluminio



NB2
Aluminio
bruñido fundido
a presión

NB3 Aluminio





NB5 Hierro fundido



NB6 Base profunda

Cabezas de termopar, visite mx.omega.com

Escala Internacional de Temperatura de 1990

metrologia ©Springer-Verlag 1990

Esta copia incluye correcciones textuales detalladas en Metrologia 27, 107 (1990)

Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90)

H. Preston-Thomas

Presidente del Comité Consultatif de Thermométrie y Vicepresidente del Comité International des Poids et Mesures Division of Physics, National Research Council of Canada, Ottawa, K1A OS1 Canadá

Recibido: 24 de octubre, 1989

Nota introductoria

El texto oficial en francés de la ITS-90 lo publica el BIPM como parte del Prochès-verbaux del Comité International des Poids et Mesures (CIPM).

Sin embargo, la versión en inglés del texto reproducido aquí ha sido autorizada por el Comité Consultatif de Thermométrie (CCT) y aprobado por el CIPM.

La Escala Internacional de Temperatura de 1990

La Escala Internacional de Temperatura de 1990 fue adoptada por el Comité Internacional de Pesos y Medidas en su reunión de 1989, de acuerdo con la petición plasmada en la Resolución 7 de la 18ª Conferencia General de Pesos y Medidas de 1987. Esta escala reemplaza a la Escala Internacional Práctica de Temperaturas de 1968 (edición corregida de 1975) y la Escala Provisional de Temperatura de 0.5 K y 30 K de 1976.

1. Unidades de temperatura

La unidad de la cantidad física fundamental conocida como temperatura termodinámica, símbolo T, es el símbolo kelvin K, definido como la fracción 1/273.16 de la temperatura termodinámica del punto triple de agua[1].

Debido a la forma en que se definían las primeras escalas de temperatura, sigue siendo una práctica común expresar una temperatura en términos de su diferencia de 273.15K, el punto de hielo. Una temperatura termodinámica, T, expresada de esta forma se conoce como una temperatura Celsius, símbolo t, definido por:

$$t/°C = T/K - 273.15 \quad (1)$$

La unidad de la temperatura Celsius es el grado Celsius, símbolo °C, que es, por definición, igual en magnitud al kelvin. Una diferencia de temperatura se puede expresar en kelvins o grados Celsius.

La Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90) define tanto las Temperaturas Internacionales Kelvin, símbolo T_{90} como las Temperaturas Internacionales Celsius, símbolo t_{90}. La relación entre T_{90} y t_{90} es la misma que entre T y t, es decir:

$$t_{90}/°C = T_{90}/K - 273.15 \quad (2)$$

La unidad de la cantidad física T_{90} es el kelvin, símbolo K y la unidad de la cantidad física t_{90} es el grado Celsius, símbolo °C, como es el caso para la temperatura termodinámica T y la temperatura Celsius t.

2. Principios de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90)

La ITS-90 se extiende hacia arriba desde 0.65 K a la temperatura más alta prácticamente medible en términos de la ley de radiación Planck, utilizando la radiación monocromática. la ITS-90 comprende un número de rangos y sub-rangos a lo largo de cada uno de los cuales se definen las temperaturas T_{90}. Varios de estos rangos o sub-rangos se superponen, y donde ocurre dicha superposición, existen diferentes definiciones de T_{90}: estas definiciones diferentes tienen el mismo estatus. Para mediciones de la más alta precisión, puede haber diferencias numéricas detectables entre las mediciones hechas a la misma temperatura pero de acuerdo con diferentes definiciones. Del mismo modo, incluso utilizando una definición, a una temperatura entre puntos fijos de definición, dos instrumentos de interpolación aceptable (p. ej., termómetros de resistencia) pueden dar valores numéricos de T_{90} detectablemente diferentes. En casi todos los casos estas diferencias son de una importancia práctica insignificante y están al nivel mínimo consistente con una escala de complejidad no mayor a la razonable; para más información sobre este punto vea “Información complementaria para la ITS-90” (BIPM-1990).

La ITS-90 se ha construido de tal manera que, a lo largo de su rango, para cualquier temperatura dada, el valor numérico de T_{90} es una aproximación cercana al valor numérico de T de acuerdo con los mejores cálculos en el momento en que se adoptó la escala. En comparación con las mediciones directas de temperaturas termodinámicas, las mediciones de T_{90} se realizan más fácilmente, son más precisas y son altamente reproducibles.

Hay diferencias numéricas significativas entre los valores de T_{90} y los valores correspondientes de T_{90} medidos en la Escala Internacional de Temperatura Práctica de 1968 (IPTS-68), ver Fig. 1 y Tabla 6. Del mismo modo hubo diferencias entre la IPTS-68 y la Escala Internacional de Temperatura Práctica de 1948 (IPTS-48), y entre la Escala Internacional de Temperatura de 1948 (ITS-48) y la Escala Internacional de Temperatura de 1927 (ITS -27). Vea el Apéndice y, para información más detallada, “Información complementaria para la ITS-90”.

[1] **Comptes Rendux des Séances de la Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures (1967-1968). Resoluciones 3 y 4, p. 104**

Reimpreso con autorización del Bureau International des Poids et Mesures

La Escala Internacional de Temperatura de 1990

Continuación

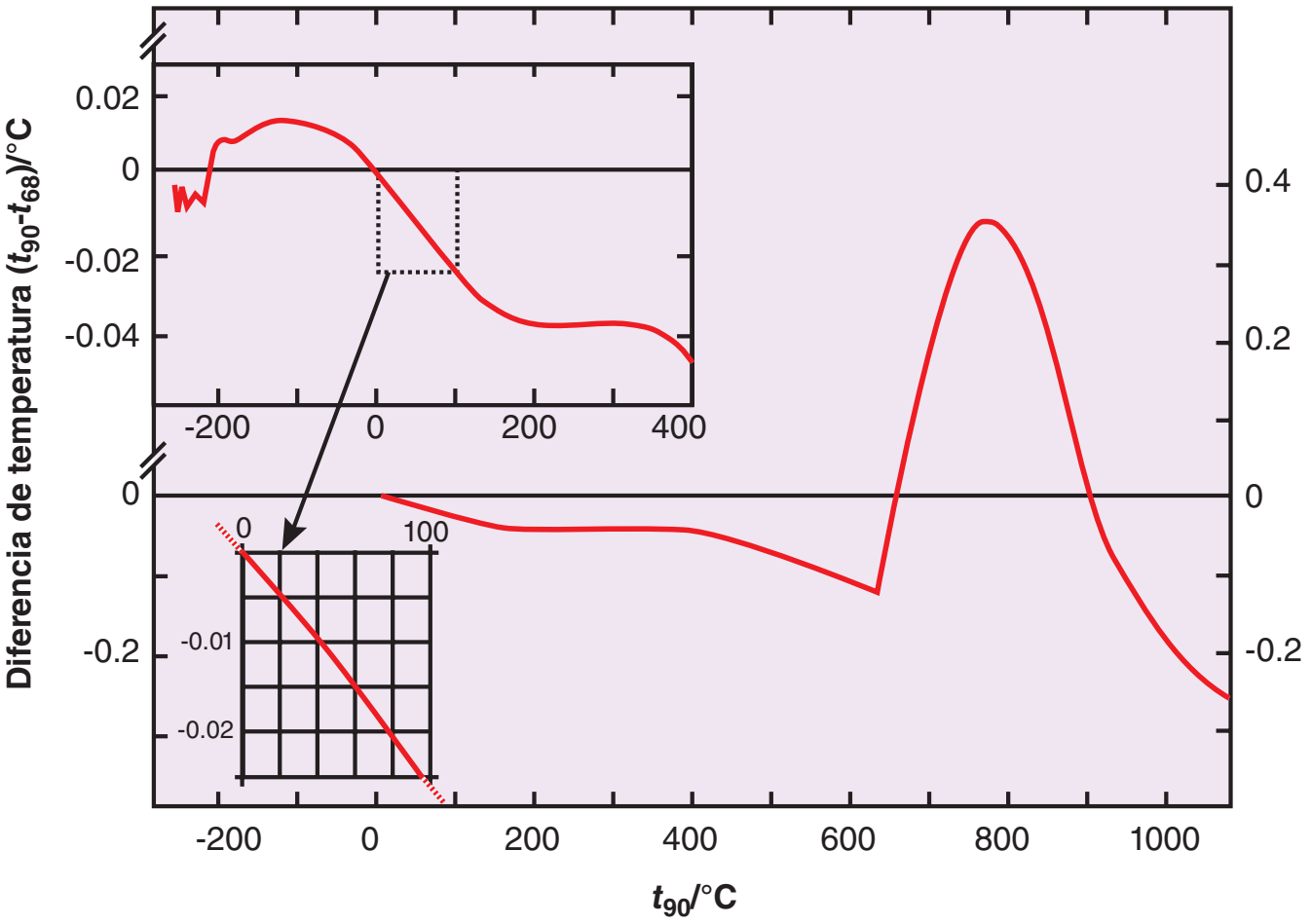


FIG. 1. Las diferencias (t_{90} — t_{68}) como una función de temperatura Celsius t_{90}

3. Definición de la Escala Internacional de Temperatura de 1990

Entre 0.65 K y 5.0 K, T_{90} se define en términos de las relaciones de temperatura de vapor- presión ^{3}He y ^{4}He.

Entre 3.0 K y el punto triple de neón (24.5561 K) T_{90} se define por medio de un termómetro de gas helio calibrado a tres temperaturas experimentalmente realizables habiendo asignado valores numéricos (puntos fijos de definición) y utilizando procedimientos de interpolación especificados.

Entre el punto triple de hidrógeno de equilibrio (13.8033 K) y el punto de congelación de la plata (961.78 °C) T_{90} se define por medio de termómetros de resistencia de platino calibrados en conjuntos especificados de puntos fijos de definición y utilizando procedimientos de interpolación especificados.

Por encima del punto de congelación de la plata (961.78 °C) T_{90} se define en términos de un punto fijo de definición y la ley de radiación de Planck.

Los puntos fijos de definición de la ITS-90 se enumeran en la Tabla 1. Los efectos de la presión que surge de las profundidades significativas de inmersión del sensor o de otras causas, sobre la temperatura de la mayoría de estos puntos, se dan en la Tabla 2.

3.1. De 0.65 K: Ecuaciones de temperatura de vapor-presión de helio

En este rango, T_{90} se define en términos de la presión de vapor p de ^{3}He y ^{4}He utilizando ecuaciones de la forma:

$$T_{90}/\mathrm{K} = A_0 + \sum_{i=1}^{9} A_i \left[(\ln (p/\mathrm{Pa}) - B)/C\right]^i . \qquad (3)$$

Los valores de las constantes A_0, A_i, B y C se dan en la Tabla 3 para ^{3}He en el rango de 0.65 K a 3.2 K, y para ^{4}He en los rangos 1.25 K a 2.1768 K (el punto λ) y 2.1768 K a 5.0 K.

3.2 De 3.0 K al Punto Triple de Neón (24.5561 K): Termómetro de gas

En este rango, T_{90} se define en términos de un termómetro de gas 3He o 4He del tipo de constante-volumen que se ha calibrado a tres temperaturas. Estos son el punto triple de neón (24.5561 K), el punto triple de hidrógeno de equilibrio (13.8033 K), y una temperatura entre 3.0 K y 5.0 K. Esta última temperatura se determina usando un termómetro de presión de vapor ^{3}He o ^{4}He como se especifica en la Sección 3.1.

Tabla 1. Puntos fijos de definición de la ITS-90

Número	Temperatura		Sustancia[a]	Estado[b]	$W_r(T_{90})$
	T_{90}/K	t_{90}/°C			
1	3 a 5	— 270.15 to — 268.15	He	V	
2	13.8033	— 259.3467	e-H_2	T	0.0001 19007
3	≈ 17	≈ — 256.15	e-H_2 (o He)	V (o G)	
4	≈ 20.3	≈ — 252.85	e-H_2 (o He)	V (o G)	
5	24.5561	— 248.5939	Ne	T	0.008 449 74
6	54.3584	— 218.7916	O_2	T	0.091 718 04
7	83.8058	— 189.3442	Ar	T	0.215 859 75
8	234.3156	— 38.8344	Hg	T	0.844 142 11
9	273.16	0.01	H_2O	T	1.000 000 00
10	302.9146	29.7646	Ga	M	1.118 138 89
11	429.7485	156.5985	In	F	1.609 801 85
12	505.078	231.928	Sn	F	1.892 797 68
13	692.677	419.527	Zn	F	2.568 917 30
14	933.473	660.323	Al	F	3.376 008 60
15	1234.93	961.78	Ag	F	4.286 420 53
16	1337.33	1064.18	Au	F	
17	1357.77	1084.62	Cu	F	

[a] Todas las sustancias excepto ^{3}He son de composición isotópica natural. e-H_2 es hidrógeno en la concentración de equilibrio de las formas orto- y para-moleculares

[b] Para definiciones completas y asesoría sobre la realización de estos diversos estados, vea "Información complementaria para la ITS-90". Los símbolos tienen los siguientes significados: V: punto de presión de vapor; T: punto triple (temperatura a la que las fases sólida líquida y vapor están en equilibrio); G: punto de termómetro de gas; M, F: punto de fusión, punto de congelación (temperatura, a una presión de 101 325 Pa, en el que las fases sólida y líquida están en equilibrio)

Tabla 2. Efecto de la presión sobre la temperatura de algunos puntos fijos de definición ‡

Substancia	Valor de degustación temperatura de equilibrio T_{90}/K	Temperatura con presión, p (dT/dp)/(10^{-8} K · Pa^{-1})*	Variación con profundidad, λ ($dT/d\lambda$)/(10^{-3} K · m^{-1})**
e-Hidrógeno (T)	13.8033	34	0.25
Neón (T)	24.5561	16	1.9
Oxígeno (T)	54.3584	12	1.5
Argón (T)	83.8058	25	3.3
Mercurio (T)	234.3156	5.4	7.1
Agua (T)	273.16	— 7.5	— 0.73
Galio	302.9146	— 2.0	— 1.2
Indio	429.7485	4.9	3.3
Estaño	505.078	3.3	2.2
Zinc	692.677	4.3	2.7
Aluminio	933.473	7.0	1.6
Plata	1234.93	6.0	5.4
Oro	1337.33	6.1	10
Cobre	1357.77	3.3	2.6

* Equivalente a milikelvins por atmósfera estándar
** Equivalente a milikelvins por metro de líquido
‡ La presión de referencia para los puntos de fusión y congelación es la atmósfera estándar (p_0=101 325 Pa). Para puntos triples (T) el efecto de la presión es una consecuencia solo de la cabeza hidrostática de líquido en la célula

Tabla 3. Valores de las constantes para las ecuaciones de presión de vapor de helio (3), y el rango de temperatura para el cual cada ecuación, identificada por su conjunto de constantes, es válida

	^{3}He 0,65 K a 3,2 K	^{4}He 1,25 K a 2,1768 K	^{4}He 2,1768 K a 5,0 K
A_0	1.053 447	1.392 408	3.146 631
A_1	0.980 106	0.527 153	1.357 655
A_2	0.676 380	0.166 756	0.413 923
A_3	0.372 692	0.050 988	0.091 159
A_4	0.151 656	0.026 514	0.016 349
A_5	— 0.002 263	0.001 975	0.001 826
A_6	0.006 596	— 0.017 976	— 0.00 4325
A_7	0.088 966	0.005 409	— 0.00 4973
A_8	— 0.004 770	0.013 259	0
A_9	— 0.054 943	0	0
B	7.3	5.6	10.3
C	4.3	2.9	1.9

3.2.1. De 4.2 K al Punto Triple de Neón (24.5561 K) con ^{4}He como el Gas Termométrico. En este rango T_{90} se define por la relación:

$$T_{90} = a + bp + cp^2, \quad (4)$$

donde p es la presión en el termómetro de gas y *a, b y c* son coeficientes cuyos valores numéricos se obtienen de mediciones realizadas en los tres puntos fijos de definición dados en la Sección. 3.2. pero con la restricción adicional de que el más bajo de estos puntos se encuentra entre 4.2 K y 5.0 K.

3.2.2. De 3.0 K al Punto Triple de Neón (24.5561 K) con ^{3}He o ^{4}He como el Gas Termométrico. Para un termómetro de gas ^{3}He y para un termómetro de gas ^{4}He utilizado por debajo de 4.2 K, la no idealidad del gas debe tomarse en cuenta explícitamente, utilizando el segundo coeficiente virial adecuado B_3 (T_{90}) o B_4 (T_{90}). En este rango T_{90} se define por la relación:

$$T_{90} = \frac{a + bp + cp^2}{1 + B_X(T_{90})\, N/V}, \quad (5)$$

donde p es la presión en el termómetro de gas, a, b y c son coeficientes cuyos valores numéricos se obtienen de mediciones en tres temperaturas de definición como se dan en la Sección 3.2, N/V es la densidad del gas, siendo N la cantidad de gas y V el volumen de la bombilla, X es 3 o 4 de acuerdo con el isótopo utilizado, y los valores de los segundos coeficientes viriales están dados por las relaciones:

Para ^{3}He,

$$B(T_{90})/\text{m}^3\,\text{mol}^{-1} = \{16.69 - 336.98\,(T_{90}/\text{K})^{-1} + 91.04\,(T_{90}/\text{K})^{-2} - 13.82\,(T_{90}/\text{K})^{-3}\}\,10^{-6}. \quad (6a)$$

Para ^{4}He,

$$B_4(T_{90})/\text{m}^3\,\text{mol}^{-1} = \{16.708 - 374.05\,(T_{90}/\text{K})^{-1} - 383.53\,(T_{90}/\text{K})^{-2} + 1799.2\,(T_{90}/\text{K})^{-3} - 4033.2\,(T_{90}/\text{K})^{-4} + 3252.8\,(T_{90}/\text{K})^{-3}\}\,10^{-6}. \quad (6b)$$

La Escala Internacional de Temperatura de 1990

Continuación

Tabla 4. Las constantes A_0, A_i; B_o, B_i; C_0, C_i; D_0 y D_i en las funciones de referencia de las ecuaciones (9a); (9b); (10a) y (10b), respectivamente

A_0	— 2.135 347 29	B_0	0.183 324 722	B_{13}	— 0.091 173 542
A_1	3.183 247 20	B_1	0.240 975 303	B_{14}	0.001 317 696
A_2	— 1.801 435 97	B_2	0.209 108 771	B_{15}	0.026 025 526
A_3	0.717 272 04	B_3	0.190 439 972		
A_4	0.503 440 27	B_4	0.142 648 498		
A_5	— 0.618 993 95	B_5	0.077 993 465		
A_6	— 0.053 323 22	B_6	0.012 475 611		
A_7	0.280 213 62	B_7	— 0.032 267 127		
A_8	0.107 152 24	B_8	— 0.075 291 522		
A_9	— 0.293 028 65	B_9	— 0.056 470 670		
A_{10}	0.044 598 72	B_{10}	0.076 201 285		
A_{11}	0.118 686 32	B_{11}	0.123 893 204		
A_{12}	— 0.052 481 34	B_{12}	— 0.029 201 193		
C_0	2.781 572 54	D_0	439.932 854		
C_1	1.646 509 16	D_1	472.418 020		
C_2	— 0.137 143 90	D_2	37.684 494		
C_3	— 0.006 497 67	D_3	7.472 018		
C_4	— 0.002 344 44	D_4	2.920 828		
C_5	0.005 118 68	D_5	0.005 184		
C_6	0.001 879 82	D_6	— 0.963 864		
C_7	— 0.002 044 72	D_7	— 0.188 732		
C_8	— 0.000 461 22	D_8	0.191 203		
C_9	0.000 457 24	D_9	0.049 025		

La precisión con que T_{90} puede ser alcanzada usando las ecuaciones (4) y (5) varía de acuerdo con el diseño del termómetro a gas y la densidad del gas utilizado. Los criterios de diseño y las mejores prácticas actuales necesarios para alcanzar una precisión seleccionada son encontrados en las "Informaciones Complementarias para la ITS-90".

3.3. El Punto Triple de Equilibrio del Hidrógeno (13.8033 K) al Punto de Congelación de la Plata (961.78 ºC): Termómetro de Resistencia de Platino.

En este rango, T_{90} es definida por medio de un termómetro de resistencia de platino calibrado en conjuntos específicos de puntos fijos de definición, con la utilización de referencias y funciones de desvío específicas para la interpolación en temperaturas de interferencia.

Ningún termómetro de resistencia de platino puede ofrecer una precisión alta o siquiera puede ser utilizado en todo el rango de temperatura 13.8033 K y 961.78 ºC. Normalmente, escoger entre los rangos de temperatura de la lista a seguir para los cuales un termómetro específico pueda ser utilizado queda limitada en virtud de su estructura.

Para obtener detalles prácticos y las mejores prácticas actuales, especialmente los referentes a los tipos de termómetros disponibles, sus rangos de operación aceptables, precisiones probables, resistencia de fuga permitida, valores de resistencia y tratamiento térmico, consulte "Informaciones Complementarias para la ITS-90". Es de extrema importancia tomar en cuenta los tratamientos térmicos adecuados que deben ser seguidos cada vez que un termómetro de resistencia de platino sea sometido a una temperatura superior de, aproximadamente 420 ºC.

Las temperaturas son determinadas en función de la relación de la resistencia R (T_{90}) a una temperatura de T_{90} y la resistencia R (273.16 K) en el punto triple del agua.
Esta relación, W (T_{90}), es [2]:

$$W(T_{90}) = R(T_{90})/R(273.16\ \text{K}) \quad . (7)$$

Un termómetro de resistencia de platino aceptable debe ser hecho de platino puro, sin tensión y debe atender a, por lo menos, una de las siguientes relaciones:

$$W(29.7646\ ^\circ\text{C}) \geq 1.118\ 07 \quad , (8a)$$

$$W(-38.8344\ ^\circ\text{C}) \leq 0.844\ 235 \quad . (8b)$$

Un termómetro de resistencia de platino aceptable, que debe ser utilizado hasta el punto de congelación de la plata, también debe atender a la relación:

$$W(961.78\ ^\circ\text{C}) \geq 4.2844 \quad . (8c)$$

En cada uno de los rangos del termómetro de resistencia, T_{90} es obtenida a partir de W (T_{90}), conforme determinado por la función adecuada de referencia {Ecuaciones (9b) o (10b)} y el desvío $W\ T_{90} - W_r\ T_{90}$. En los puntos fijos de definición este desvío es obtenido directamente a partir de la calibración del termómetro: en temperaturas intermedias, es obtenido por medio de la función adecuada de desvío {Ecuaciones (12), (13) y (14)}.

(i) — Para el rango 13.8033 a 273.16 K, se define la siguiente función de referencia:

$$\ln[W_r(T_{90})] = A_0 + \sum_{i=1}^{12} A_i \left[\frac{\ln(T_{90}/273.16\ \text{K}) + 1.5}{1.5} \right]^i . (9a)$$

Una función invertida, equivalente a la Ecuación (9a) para una precisión de 0.1 mK, es:

$$T_{90}/273.16\ \text{K} = B_0 + \sum_{i=1}^{15} B_i \left[\frac{W_r(T_{90})^{1/6} - 0.65}{0.35} \right]^i . (9b)$$

Los valores de las constantes A_0, A_i, B_0 y B_i son dados en la Tabla 4.

Un termómetro puede ser calibrado para ser usado en todo este rango o, utilizando un número gradualmente menor de puntos de calibración, para rangos con límites bajos de temperatura de 24.5561 K, 54.3584 K y 83.8058 K, todos con un límite superior de 273.16 K.

(ii) — Para el rango de 0 a 961.78 ºC, se define la siguiente función de referencia:

$$W_r(T_{90}) = C_0 + \sum_{i=1}^{9} C_i \left[\frac{T_{90}/\text{K} - 754.15}{481} \right]^i . (10a)$$

Una función invertida, equivalente a la Ecuación (10a) para l precisión de 0.13 m K, es:

$$T_{90}/\text{K} - 273.15 = D_0 + \sum_{i=1}^{9} D_i \left[\frac{W_r(T_{90}) - 2.64}{1.64} \right]^i . (10b)$$

Los valores de las constantes C_0, C_i, D_0 y D_i son dados en la Tabla 4.

---

[2] Observe que esta definición de W (T_{90}) es diferente de la definición correspondiente utilizada en ITS-27, ITS-48 e IPTS-68: para todas esas escalas anteriores, W (T) fue definido en función de la temperatura de referencia de 0 ºC, que, desde 1954, es definida como 273.15 K

Un termómetro puede ser calibrado para ser usado en todo este rango o, utilizando un número gradualmente menor de puntos de calibración, para rangos con límites superiores a 660.323 ºC, 419.527 ºC, 231.928 ºC, 156,5985 °C o 29.7646 ºC, todos con un límite inferior de 0 ºC.

(iii) – Un termómetro puede ser calibrado para uso en el rango de 234.3156 K (-38.8344 ºC) a 29.7646 ºC, con la calibración siendo realizada en estas temperaturas y en el punto triple del agua. Ambas funciones de referencia {Ecuaciones (9) y (10)} son necesarias para abarcar este rango:

Los puntos fijos de definición y las funciones de desvío para los diversos rangos son dados abajo y resumidos en la Tabla 5.

3.3.1. El Punto Triple de Equilibrio del Hidrógeno (13.8033 K) al Punto deTriple del Agua (273.16 K): El termómetro es calibrado en puntos triples de equilibrio del hidrógeno (13.8033 K), de neón (24.5561 K), de oxígeno (54.3584 K), de argón (83.8058 K), de mercurio (234.3156 K) y del agua (273.16 K) y en dos temperaturas adicionales próximas a 17.0 y 20.3 K. Esas dos últimas pueden ser determinadas: con la utilización de un termómetro de gas, conforme descrito en la Sección 3.2, en el cual las dos temperaturas deben estar dentro de los rangos de 16.9 a 17.1 K y de 20.2 a 20.4 K, respectivamente o con el uso de la relación presión de vapor-temperatura del hidrógeno en equilibrio, en que las dos temperaturas deben estar dentro de los rangos de 17.025 a 17.045 K y de 20.26 a 20.28 K, respectivamente, con los valores exactos a ser determinados a partir de las Ecuaciones (11a) y (11b), respectivamente:

$$T_{90}/\mathrm{K} - 17.035 = (p/\mathrm{kPa} - 33.3213)/13.32 \quad (11a)$$

$$T_{90}/\mathrm{K} - 20.27 = (p/\mathrm{kPa} - 101.292)/30 \quad . (11b)$$

La función de desvío es [3]:

$$W(T_{90}) - W_r(T_{90}) = a\,[W(T_{90}) - 1] + b\,[W(T_{90}) - 1]^2 + \sum_{i=1}^{5} c_i\,[\ln W(T_{90})]^{i+n} \quad (12)$$

con los valores para los coeficientes a, b y c_i obtenidos a partir de las mediciones de los puntos fijos de definición, con $n = 2$.

Para este rango y para los sub-rangos 3.3.1.1 a 3.3.1.3 los valores necesarios de $W_r(T_{90})$ son obtenidos a partir de la Ecuación (9a) o de la Tabla 1.

3.3.1.1. El Punto Triple del Neón (24.5561 K) al Punto de Triple del Agua (273.16 K): el termómetro es calibrado en los puntos triples de equilibrio del hidrógeno (13.8033 K), del neón (24.5561 K), del oxígeno (54.3584 K), del argón (83.8058 K), del mercurio (234.3156 K) y del agua (273.16 K).

La función de desvío es dada por la Ecuación (12), con valores para los coeficientes a, b, c_1, c_2 and c_3 obtenidos a partir de las mediciones de los puntos fijos de definición, con $c_4 = c_5 = n = 0$.

3.3.1.2 El Punto Triple del Oxígeno (54.3584 K) al Punto Triple del Agua (273.16 K). El termómetro es calibrado en puntos triples del oxígeno (54.3584 K), del argón (83.8058 K), del mercurio (234.3156 K) y del agua (273.16 K).

La función de desvío es dada por la Ecuación (12) con valores para los coeficientes a, b y c_1 obtenidos a partir de las mediciones de los puntos fijos de definición, con $c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = 0$ y con $n = 1$.

3.3.1.3. El Punto Triple del Argón (83.8058 K) al Punto Triple del Agua (273.16 K). El termómetro es calibrado en puntos triples del argón (83.8058 K), del mercurio (234.3156 K) y del agua (273.16 K).

La función de desvío es:

$$W(T_{90}) - W_r(T_{90}) = a\,[W(T_{90}) - 1] + b\,[W(T_{90}) - 1] \ln W(T_{90}) \quad (13)$$

con los valores de a y b obtenidos a partir de las mediciones de los puntos fijos de definición.

3.3.2. De 0 ºC al Punto de Congelación de la Plata (961.78 ºC). El termómetro es calibrado en el punto

Tabla 5. Funciones de desvío y puntos de calibración para termómetros de resistencia de platino en los varios rangos en que ellos se definen T_{90}

Sección	Límite inferior de temperatura *T*/K	Funciones de desvío	Puntos de calibración (consulte la Tabla 1)
a Rangos con limite superior a 273.16 K			
3.3.1	13.8033	$a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1]^2 + \sum_{i=1}^{5} c_i\,[\ln W(T_{90})]^{i+n},\ n = 2$	2-9
3.3.1.1	24.5561	Cuanto a 3.3.1 con $c_4 = c_5 = n = 0$	2, 5-9
3.3.1.2	54.3584	Cuanto a 3.3.1 con $c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = 0,\ n = 1$	6-9
3.3.1.3	83.8058	$a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1] \ln W(T_{90})$	7-9
b Rangos con límite inferior a 0 °C			
Sección		**Funciones de desvío**	**Puntos de calibración (consulte la Tabla 1)**
3.3.2*	961.78	$a[W(T_{90}) - 1] + b[W(T_{90}) - 1]^2 + c\,[W(T_{90}) - 1]^3, + d\,[W(T_{90}) - W(660.323\ °C)]^2$	9, 12-15
3.3.2.1	660.323	Cuanto a 3.3.2 con $d = 0$	9, 12 - 14
3.3.2.2	419.527	Cuanto a 3.3.2 con $c = d = 0$	9, 12, 13
3.3.2.3	231.928	Cuanto a 3.3.2 con $c = d = 0$	9, 11, 12
3.3.2.4	156.5982	Cuanto a 3.3.2 con $b = c = d = 0$	9, 11
3.3.2.5	29.7646	Cuanto a 3.3.2 con $b = c = d = 0$	9, 10
c Rangos de 234.3156 K (-38.8344 °C) a 29.7646°C			
3.3.3		Cuanto a 3.3.2 con $c = d = 0$	8-10

* Los puntos de calibración 9, 12-14 son utilizados con $d = 0$ para $t_{90} \leq 660.323$°C; los valores de a, b y c así obtenidos son retenidos para $t_{90} > 660.323$ °C con d a ser determinado a partir del punto de calibración 15

[3] Esa función de desvío {así como las de las Ecuaciones (13) y (14)} pueden ser expresadas en términos de W_r en vez de W; para este procedimiento, consulte "Informaciones Complementarias para la ITS-90"

La Escala Internacional de Temperatura de 1990

Continuación

triple del agua (0.01 ºC) y en los puntos de congelación del estaño (231.928 ºC), del zinc (419.527), del aluminio (660.323 ºC) y de la plata (961.78 ºC).

La función de desvío es:

$$W(T_{90}) - W_r(T_{90}) = a[W(T_{90})-1] + b[W(T_{90})-1]^2 + c[W(T_{90})-1]^3 + d[W(T_{90})-W(660.323\ ^\circ C)]^2 . \quad (14)$$

Para temperaturas abajo del punto de congelación del aluminio $d = 0$, con valores de a, b y c determinados a partir de los desvíos medidos de $W_r(T_{90})$ en los puntos de congelación del estaño, del zinc y del aluminio. Del punto de congelación del aluminio al punto de congelación de la plata, los valores superiores de a, b y c son retenidos y el valor de d es determinado a partir del desvío medido de $W_r(T_{90})$ en el punto de congelación de la plata.

Para este rango y para los subrangos 3.3.2.1 a 3.3.2.5, los valores necesarios de $W_r(T_{90})$ son obtenidos a partir de la Ecuación (10a) o de la Tabla 1.

3.3.2.1. De 0 ºC al Punto de Congelación del aluminio (660.323 ºC). El termómetro es calibrado en el punto triple del agua (0.01 ºC) y en los puntos de congelación del estaño (231.928 ºC), del zinc (419.527 ºC) y del aluminio (660.323 ºC).

La función de desvío es dada por la Ecuación (14) con los valores de a, b y c determinados a partir de las mediciones de los puntos fijos de definición, con $d = 0$.

3.3.2.2. De 0 ºC al Punto de Congelación del Zinc (419.527 ºC). El termómetro es calibrado en el punto triple del agua (0.01 ºC) y en los puntos de congelación del estaño (231.928 ºC) y del zinc (419.527 ºC).

La función de desvío es dada por la Ecuación (14) con los valores de a y b obtenidos a partir de las mediciones de los puntos fijos de definición, con $c = d = 0$.

3.3.2.3. De 0 ºC al Punto de Congelación del Estaño (231.928 ºC). El termómetro es calibrado en el punto triple del agua (0.01 ºC) y en los puntos de congelación del indio (156.5985 ºC), del estaño (231.928 ºC).

La función de desvío es dada por la Ecuación (14) con los valores de a y b obtenidos a partir de las mediciones de los puntos fijos de definición, con $c = d = 0$.

3.3.2.4.De 0 ºC al Punto de Congelación del Indio (156.5985 ºC). El termómetro es calibrado en el punto triple del agua (0.01 ºC) y en el punto del (156.5985 ºC).

La función de desvío es dada por la Ecuación (14) con el valor de a obtenido a partir de las mediciones de los puntos fijos de definición, con $b = c = d = 0$.

3.3.2.5. De 0 ºC al Punto de Fusión del Galio (29.7646 ºC). El termómetro es calibrado en el punto triple del agua (0.01 ºC) y en el punto de fusión del galio (29.7646 ºC).

La función de desvío es dada por la Ecuación (14) con los valores de a y b obtenidos a partir de las mediciones de los puntos fijos de definición, con $b = c = d = 0$.

3.3.3. El Punto Triple del Mercurio (-38.8344 ºC) al Punto de Fusión del Galio (29.7646 ºC). El termómetro es calibrado en los puntos triples del mercurio (-38.8344 ºC) y del agua (0.01 ºC) y en el punto de fusión del galio (29.7646 ºC).

La función de desvío es dada por la Ecuación (14) con los valores de a y b obtenidos a partir de las mediciones de los puntos fijos de definición, con $c = d = 0$.

Los valores de $W_r(T_{90})$ son obtenidos a partir de las Ecuaciones (9a) y (10a) para mediciones abajo y arriba de 273.16 K, respectivamente, o de la Tabla 1.

3.4. El rango arriba del Punto de Congelación de la Plata (961.78 ºC). Ley de la Radiación de Planck

Arriba del punto de congelación de la plata, la temperatura T_{90} es definida por la ecuación:

$$\frac{L_\lambda(T_{90})}{L_\lambda[(T_{90}(X)]} = \frac{\exp(c_2[\lambda T_{90}(X)]^{-1}) - 1}{\exp(c_2[\lambda T_{90}]^{-1}) - 1} . \quad (15)$$

donde $T_{90}(X)$ se refiere a cualquier uno de los puntos de congelación de la plata {T_{90}(Ag) = 1234.93 K}, del oro {T_{90}(Au) = 1337.33 K} o del cobre {T_{90}(Cu) = 1357.77 K}[4] y en los cuales $L_\lambda(T_{90})$ y $L_\lambda[T_{90}(X)]$ e las concentraciones espectrales de radiancia de un cuerpo negro en la longitud de onda (en el vacío) λ e en T_{90} and at $T_{90}(X)$, respectivamente y $c_2 = 0.014388$ m · K.

Para obtener detalles prácticos y conocer las mejores prácticas actuales de la pirometría óptica, consulte "Informaciones Complementarias para la ITS-90" (BIPM-1990).

4. Informaciones Complementarias y Diferencias de las Escalas Anteriores

Los aparatos, métodos y procedimientos que servirán para implementar la ITS-90 son presentados en "Informaciones Complementarias para la ITS-90". Este documento también informa sobre las Escalas Internacionales de Temperaturas anteriores y las diferencias numéricas entre las escalas sucesivas que incluyen, siempre que posible, funciones matemáticas para las diferencias de $T_{90} - T_{68}$. Un número de aproximaciones útiles para la ITS-90 es provisto en "Técnicas para la Aproximación de la ITS-90".

Esos dos documentos fueron elaborados por el *Comité Consultatif de Thermométrie* y son publicados y revisados y actualizados periódicamente por el BIPM.

Las diferencias de $T_{90} - T_{68}$ son mostradas en la Figura 1 y en la Tabla 6. El número de dígitos significativos, suministrado en la Tabla 6, permite la realización de interpolaciones livianas. Sin embargo, en diversas áreas la reproductibilidad de la IPTS-68 es substancialmente peor que lo que es supuesto por ese valor.

[4] Los valores de T_{90} de los puntos de congelación de la plata, del oro y del cobre son supuestos como siendo consistentes de tal forma que la sustitución de cualquiera de ellos por el otro como la temperatura de referencia $T_{90}(X)$ no resultará en diferencias significativas en los valores de T_{90}.

Tabla 6. Diferencias entre la ITS-90 y el EPT-76 y entre la ITS-90 y la IPTS-68 para valores especificados de $T_{90} - t_{90}$

					$(T_{90} - T_{76})$/mK					
T_{90}/K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0						— 0.1	—0.2	— 0.3	— 0.4	— 0.5
10	— 0.6	— 0.7	— 0.8	— 1.0	—1.1	—1.3	— 1.4	— 1.6	— 1.8	— 2.0
20	— 2.2	— 2.5	— 2.7	— 3.0	— 3.2	— 3.5	— 3.8	— 4.1		

					$(T_{90} - T_{68})$/K					
T_{90}/K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10					— 0.006	— 0.003	—0.004	— 0.006	— 0.008	— 0.009
20	— 0.009	— 0.008	—0.007	— 0.007	— 0.006	— 0.005	—0.004	— 0.004	— 0.005	— 0.006
30	— 0.006	— 0.007	—0.008	— 0.008	— 0.008	— 0.007	—0.007	— 0.007	— 0.006	— 0.006
40	— 0.006	— 0.006	—0.006	— 0.006	— 0.006	— 0.007	—0.007	— 0.007	— 0.006	— 0.006
50	— 0.006	— 0.005	—0.004	— 0.004	— 0.003	— 0.002	—0.001	0.000	0.001	0.002
60	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	0.007
70	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
80	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
90	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.009	0.009
T_{90}/K	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	0.009	0.011	0.013	0.014	0.014	0.014	0.014	0.013	0.012	0.012
200	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.005	0.003	0.001		

					$(t_{90} - t_{68})$/°C					
t_{90}/°C	0	— 10	— 20	— 30	— 40	— 50	— 60	— 70	— 80	— 90
— 100	0.013	0.013	0.014	0.014	0.014	0.013	0.012	0.010	0.008	0.008
0	0.000	0.002	0.004	0.006	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.012
t_{90}/°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0.000	— 0.002	— 0.005	— 0.007	— 0.010	— 0.013	— 0.016	— 0.018	— 0.021	— 0.024
100	— 0.026	— 0.028	— 0.030	— 0.032	— 0.034	— 0.036	— 0.037	— 0.038	— 0.039	— 0.039
200	— 0.040	— 0.040	— 0.040	— 0.040	— 0.040	— 0.040	— 0.040	— 0.039	— 0.039	— 0.039
300	— 0.039	— 0.039	— 0.039	— 0.040	— 0.040	— 0.041	— 0.042	— 0.043	— 0.045	— 0.046
400	— 0.048	— 0.051	— 0.053	— 0.056	— 0.059	— 0.062	— 0.065	— 0.068	— 0.072	— 0.075
500	— 0.079	— 0.083	— 0.087	— 0.090	— 0.094	— 0.098	— 0.101	— 0.105	— 0.108	— 0.112
600	— 0.115	— 0.118	— 0.122	— 0.125*	— 0.08	— 0.03	0.02	0.06	0.11	0.16
700	0.20	0.24	0.28	0.31	0.33	0.35	0.36	0.36	0.36	0.35
800	0.34	0.32	0.29	0.25	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.03
900	— 0.01	— 0.03	— 0.06	— 0.08	— 0.10	— 0.12	— 0.14	— 0.16	— 0.17	— 0.18
1000	— 0.19	— 0.20	— 0.21	— 0.22	— 0.23	— 0.24	— 0.25	— 0.25	— 0.26	— 0.26
t_{90}/°C	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1000		— 0.26	— 0.30	— 0.35	— 0.39	— 0.44	— 0.49	— 0.54	— 0.60	— 0.66
2000	— 0.72	— 0.79	— 0.85	— 0.93	— 1.00	— 1.07	— 1.15	— 1.24	— 1.32	— 1.41
3000	— 1.50	— 1.59	— 1.69	— 1.78	— 1.89	— 1.99	— 2.10	— 2.21	— 2.32	— 2.43

* Una discontinuidad en la primera derivativa de $(t_{90} - t_{68})$ ocurre a una temperatura de t_{90} = 630.6 °C, en la cual $(t_{90} - t_{68})$ = — 0.125 °C

Anexo

Escala Internacional de Temperatura de 1927 (ITS-27)

La Escala Internacional de Temperatura de 1927 fue adoptada por la VII Conferencia General de Pesos y Medidas para superar las dificultades prácticas de la realización directa de temperaturas termodinámicas por la termometría a gas y como un sustituto universalmente aceptado para las diferentes escalas nacionales de temperatura existentes. La ITS-27 fue formulada para permitir mediciones de temperatura exactas y reproducibles, con una aproximación de las temperaturas termodinámicas que podría ser determinadas en el momento. Entre el punto de ebullición del oxígeno y el punto de congelación del oro, ella se basaba en un número de temperaturas reproducibles, o puntos fijos, a los cuales fueron atribuidos valores numéricos y dos instrumentos de interpolación estándar. Cada uno de esos instrumentos de interpolación fue calibrado en varios puntos fijos, suministrando las constantes para la fórmula de interpolación en el rango de temperatura adecuado. Un termómetro de resistencia de platino fue utilizado para el rango anterior y un termopar de rodio de platino/platino para las temperaturas superiores a 660 ºC. Para la región superior al punto de congelación del oro, las temperaturas fueron definidas en términos de la ley de la radiación de Wien: en la práctica, eso invariablemente resultó en la selección de un pirómetro óptico como el instrumento de operación.

La Escala Internacional de Temperatura de 1990

Continuación

Escala Internacional de Temperatura de 1948 (ITS-48)

La Escala Internacional de Temperatura de 1948 fue adoptada por la IX Conferencia General. Los cambios en la ITS-27 fueron los siguientes: el límite inferior del rango del termómetro de resistencia de platino fue alterado de – 190 ºC para el punto de ebullición del oxígeno definido – 182.97 ºC y la unión del rango del termómetro de resistencia de platino y el rango del termopar fue definido como el punto de congelación del antimonio medido (cerca de 630 ºC) en vez de 660 ºC; el punto de congelación de la plata fue definido en 960.8 ºC, en vez de 960.5 ºC; el punto de congelación del oro sustituyó el punto de fusión del oro (1063 ºC); la ley de radiación de Planck sustituyó la ley de Wien; el valor atribuido a la segunda constante de radiación pasó a ser 1.438×10^{-2} m · K, en vez de 1.432×10^{-2} m · K, los rangos permitidos para las constantes de la fórmula de interpolación para los termopares y termómetros de resistencia estándar fueron cambiados; la limitación en IT para la pirometría óptica ($\lambda T < 3 \times 10^{-3}$ m · K) fue cambiada en el requisito que requiere una radiación "visible".

Escala Internacional Práctica de Temperatura de 1948 (Edición Alterada de 1960) (IPTS-48)

La Escala Internacional Práctica de Temperatura de 1948, edición alterada de 1960, fue adoptada por la XI Conferencia General: la X Conferencia General ya había adoptado el punto triple del agua como la única definición del punto de Kelvin, la unidad de temperatura termodinámica. Además de la introducción de la palabra "Práctica", los cambios en la ITS-48 fueron los siguientes: el punto triple del agua, definido en 0.01 ºC, sustituyó el punto de congelación del zinc, definido en 419.505 ºC y se convirtió en una alternativa preferencial para el punto de ebullición del azufre (444.6 ºC) como un punto de calibración; los rangos permitidos para las constantes de las fórmulas de interpolación para los termopares y los termómetros de resistencia estándar fueron modificados; la restricción a la radiación "visible" para la pirometría óptica fue removida.

Visto que los valores numéricos de la temperatura en IPTS-48 eran los mismos que en ITS-48, esa no era una revisión de la escala de 1948, pero, simplemente, una versión alterada de la misma.

Escala Internacional Práctica de Temperatura de 1968 (IPTS-68)

En 1968, el Comité Internacional de Pesos y Medidas promulgó la Escala Internacional Práctica de Temperatura de 1968, después de autorización concedida en la XIII Conferencia General de 1967-1968. La IPTS-68 incorporó cambios muy extensos de la IPTS-48. Ellos incluían alteraciones numéricas, concebidas para aproximarse de las temperaturas termodinámicas, que eran suficientemente grandes de modo que fueran aparentes para muchos usuarios. Otras alteraciones incluyeron: el límite inferior de la escala se extendió hasta 13.81 K; en temperaturas todavía más bajas (0.5 a 5.2 K), fue recomendado el uso de dos escalas de presión de vapor del helio; seis nuevos puntos fijos de definición fueron introducidos – el punto triple de equilibrio del hidrógeno (13.81 K), un punto intermedio de equilibrio del hidrógeno (17.042 K), el punto de ebullición normal de equilibrio del hidrógeno (20.28 K), el punto de ebullición del neón (27.102 K), el punto triple del oxígeno (54.361 K), y el punto de congelación del estaño (231.9681 ºC), que se hizo una alternativa permitida para el punto de ebullición del agua; el punto de ebullición del azufre fue excluido; fueron alterados los valores atribuidos a cuatro puntos fijos – el punto de ebullición del oxígeno (90.188 K), el punto de congelación del zinc (419.58 ºC), el punto de congelación de la plata (961.93 ºC) y el punto de congelación del oro (1064.43 ºC): las fórmulas de interpolación para el rango del termómetro de resistencia se volvieron mucho más complejas; el valor atribuido a la segunda constante de radiación c_2 pasó a ser 1.4388×10^{-2} m · K; los rangos permitidos de las constantes para las fórmulas de interpolación para el termopar y el termómetro de resistencia fueron nuevamente cambiados.

Escala Internacional Práctica de Temperatura de 1968 (edición alterada de 1975) (IPTS-68)

La Escala Internacional Práctica de Temperatura de 1968, edición alterada de 1975, fue adoptada por la XV Conferencia General en 1975. Tal como en la IPTS-48 en lo que respecta a la ITS-48, la IPTS-68 (75) no introdujo ninguna alteración numérica. La mayoría de las amplias alteraciones estructurales fueron las siguientes: el punto del oxígeno fue definido como el punto de condensación y no como el punto de ebullición; el punto triple del argón (83.798 K) fue introducido como una alternativa permitida al punto de condensación del oxígeno; nuevos valores de la composición isotópica del neón de ocurrencia natural fueron aprobados; la recomendación para usar valores de *T* encontrados en las escalas de presión de vapor de 1958 ^{4}He de 1958 y de ^{3}He de 1962 fue anulada.

Escala Provisoria de las temperaturas de 0.5 K a 30 K de 1976 (EPT-76)

Escala Provisoria de Temperatura de 0.5 a 30 K de 1976 fue introducida para atender a dos importantes requisitos: estos sirvieron para proveer medio de reducir sustancialmente los errores (en relación a valores termodinámicos correspondientes) debajo de 27 K, que solo fueron conocidos en al IPTS-68 y en todos los rangos de temperatura de las escalas de presión de vapor de ^{4}He y de ^{3}He de 1958 y 1962, respectivamente y para resolver el problema entre 5.2 y 13.81 K, en el sentido de que ellas no eran anteriormente una escala internacional. Otros objetivos de la elaboración de la ETP-76 eran "que ella debería ser termodinámicamente liviana, que debería ser una extensión de la IPTS-68 a 27.1 K y que debería concordar con la temperatura termodinámica T tan estrechamente como lo permitan estas dos condiciones". En contraste con la IPTS-68 y para garantizar una rápida adopción, varios métodos de implementación de la ETP-76 fueron aprobados, incluyendo el uso de instrumento de interpolación termodinámica y uno o más de los once puntos de referencia atribuidos; retirada de las diferencias de la IPTS-68 superior a 13.81 K; retirada de las diferencias de determinadas escalas de laboratorio reconocidas. Debido a una cierta "falta de conciencia interna", fue admitido que "algunas ambigüedades entre las implementaciones" pueden ser introducidas. Sin embargo, las ventajas obtenidas con la adopción de la EPT-76 como una escala de trabajo mientras que la IPTS-68 fue revisada y ampliada fueron consideradas para superar las desventajas.

Reproducido con la autorización del Bureau Internacional des Poids et mesures

Preguntas frecuentes

P. ¿Cuántos pies de cable de termopar puedo utilizar?

R. Para un instrumento específico, revise sus especificaciones para ver si hay algún límite para la impedancia de entrada. Sin embargo, como regla general, limite la resistencia a máximo 100 Ω de resistencia y esto depende del calibre del cable; entre mayor sea el diámetro, menor la resistencia/pie, más larga podrá ser la ejecución. Sin embargo, si el ambiente es eléctricamente ruidoso, puede necesitarse un transmisor que transmita una señal de 4 a 20 mA que pueda ejecutarse a distancias más largas y sea más resistente al ruido.

P. ¿Debo usar una sonda con o sin conexión a tierra?

R. Depende de la instrumentación. Si hay alguna posibilidad de que pueda haber una referencia a tierra (común en controladores con entradas no aisladas), entonces se requiere una sonda sin puesta a tierra. Si el instrumento es un medidor portátil, casi siempre puede utilizarse una sonda conectada a tierra.

P. ¿Qué tamaño de relé necesito para controlar mis calentadores?

R. Esto debe calcularse a partir de parámetros conocidos. Tome el vatiaje total de los calentadores y divida este valor en watts entre el voltaje de los calentadores en voltios. La respuesta será en amperios y los relés en estado sólido y mecánicos se clasifican por "clasificación actual" en amperios.

P. ¿Puedo enviar mi salida de control de 4 a 20 mA a un registrador de gráficos para monitorear una entrada de proceso?

R. No. Una salida de control está diseñada para controlar una válvula o algún dispositivo de control equivalente. Si usted necesita enviar una señal analógica a un dispositivo de registro, elija un controlador que tenga una opción de “retransmisión o salida de registrador”.

P. ¿Puedo dividir mi señal de un termopar en dos instrumentos separados?

R. No. La señal del termopar es una señal de milivoltios de nivel muy bajo y sólo debe conectarse a un dispositivo. Dividir en dos dispositivos puede resultar en malas lecturas o pérdida de señal. La solución es utilizar una sonda de termopar doble, o convertir una salida de termopar a una señal de 4 a 20 mA utilizando un transmisor o un acondicionador de señal; luego, la nueva señal se puede enviar a más de un instrumento.

P. ¿Cuáles son las precisiones y rangos de temperatura de los diferentes termopares?

R. Están resumidos en las tablas de la página 11. Es importante saber que tanto la precisión como el rango dependen de cosas como las aleaciones de termopar, la temperatura a medir, la construcción del sensor, el material de la funda, los medios a medir, el estado de los medios (líquido, sólido o gaseoso) y el diámetro ya sea del cable de termopar (si está expuesto) o el diámetro de la funda (si el cable del termopar no está expuesto pero está cubierto).

P. ¿Por qué no puedo usar CUALQUIER multímetro para medir la temperatura con termopares? ¿Cuáles errores ocurrirán si no utilizo un medidor de temperatura de termopar?

R. La magnitud del voltaje termoeléctrico depende del extremo cerrado (de detección) así como del extremo abierto (de medición) de los conductores de aleación de termopar particulares. Los instrumentos de detección de temperatura que utilizan termopares toman en cuenta la temperatura del extremo de medición para determinar la temperatura del extremo de detección. La mayoría de los milivoltímetros no tienen esta capacidad, ni tienen la capacidad de hacer una escala no lineal para convertir una medición de milivoltaje en un valor de temperatura. Es posible utilizar tablas de consulta para corregir una lectura de milivoltaje particular y calcular la temperatura que se está detectando. Sin embargo, el valor de corrección necesita recalcularse continuamente, ya que por lo general no es constante con el tiempo. Pequeños cambios en la temperatura en el instrumento de medición y el extremo de detección cambiarán el valor de corrección.

P. ¿Cómo puedo elegir entre termopares, detectores de temperatura de resistencia (RTDs), termistores y dispositivos de infrarrojo al medir la temperatura?

R. Usted tiene que considerar las características y costos de los diferentes sensores, así como los instrumentos disponibles. Además: los TERMOPARES por lo general pueden medir temperaturas en amplios rangos de temperatura, a bajo costo y son muy resistentes, pero no son tan precisos o estables como los RTDs y termistores. Los RTDs son estables y tienen un rango de temperatura bastante amplio, pero no son tan resistentes y baratos como los termopares. Dado que requieren el uso de la corriente eléctrica para hacer mediciones, los RTDs están sujetos a imprecisiones de autocalentamiento. Los TERMISTORES tienden a ser más precisos que los RTDs o termopares, pero tienen un rango de temperatura mucho más limitado. Estos también están sujetos a autocalentamiento. Los SENSORES INFRARROJO se pueden utilizar para medir temperaturas más altas que cualquiera de los demás dispositivos y hacerlo sin contacto directo con las superficies a medir. Sin embargo, por lo general no son tan precisos y son sensibles a la eficiencia de radiación de la superficie (o más precisamente, emisividad de superficie). Usando cables de fibra óptica, pueden medir superficies que no están dentro de una línea de visión directa.

P. ¿Cuáles son las dos consideraciones más ignoradas al seleccionar un dispositivo de medición de temperatura infrarrojo?

R. La superficie a medir debe llenar el campo de visión, y la emisividad de la superficie debe tomarse en cuenta.

P. ¿Cuáles son las mejores formas de solucionar los problemas de ruido eléctrico?

R. 1) Utilice conductores, conectores y sondas cubiertos y de bajo ruido. 2) Utilice instrumentos y conectores que supriman la radiación EMI y RF. 3) Considere utilizar transmisores de señal analógica, sobre todo transmisores actuales. 4) Evalúe la posibilidad de utilizar señales digitalizadas.

P. Si una pieza está en movimiento, ¿aún puedo medir la temperatura?

R. Sí. Utilice dispositivos de infrarrojo o sensores de contacto directo más un conjunto de aro deslizante.

P. ¿Puede un sistema de infrarrojo de dos colores usarse para medir superficies de baja emisividad?

R. Sólo si está a una temperatura alta, digamos, por encima de 700 °C (1300 °F).

P. ¿Cuál error ocurrirá si el tamaño de punto del pirómetro infrarrojo es mayor que el tamaño del objetivo?

R. Sería indeterminado. El valor sería un promedio ponderado que no necesariamente sería repetible.

P. ¿Qué lectura debe utilizarse con las unidades OS36, OS37 y OS38?

R. Es mejor utilizar las series CNi y DPi.

Polinomios directos e inversos de termopar ITS-90

Los polinomios directos proporcionan el voltaje termoeléctrico (µV) de una temperatura conocida (°c); los polinomios inversos proporcionan la temperatura (°c) de un voltaje termoeléctrico conocido (µV).

Termopares Tipo J - coeficientes, c_i, de ecuaciones de referencia que dan el voltaje termoeléctrico, *E*, como una función de temperatura t_{90}, para los rangos de temperatura indicados. Las ecuaciones son de la forma:

$$E = \sum_{i=0}^{n} c_i (t_{90})^i$$

donde *E* está en microvoltios y t_{90} está en grados celsius.

Rango de temperatura:	-210 a 760 °C	760 a 1,200 °C
c_0 =	0.000 000 000 0	2.964 562 568 1 x 10^5
c_1 =	5.038 118 781 5 x10^1	-1.497 612 778 6 x 10^3
c_2 =	3.047 583 693 0 x 10^{-2}	3.178 710 392 4
c_3 =	-8.568 106 572 0 x 10^{-5}	-3.184 768 670 1 x 10^{-3}
c_4 =	1.322 819 529 5 x 10^{-7}	1.572 081 900 4 x 10^{-6}
c_5 =	-1.705 295 833 7 x 10^{-10}	-3.069 136 905 6 x 10^{-10}
c_6 =	2.094 809 069 7 x 10^{-13}	
c_7 =	-1.253 839 533 6 x 10^{-16}	
c_8 =	1.563 172 569 7 x 10^{-20}	

Termopares Tipo J - coeficientes de funciones inversas aproximadas que dan la temperatura, t_{90}, como una función del voltaje termoeléctrico, E, en los rangos seleccionados de temperatura y voltaje. Las funciones son de la forma:

$$t_{90} = c_0 + c_1E + c_2E^2 + \ldots c_iE^i$$

donde *E* está en microvoltios y t_{90} está en grados Celsius.

Rango de temperatura:	-210 a 0 °C	0 a 760 °C	760 a 1,200 °C
Rango de voltaje:	-8,095 a 0 µV	0 a 42,919 µV	42,919 a 69,553µV
c_0 =	0.000 000 0	0.000 000	-3.113 581 87 x 10^3
c_1 =	1.952 826 8 x 10^{-2}	1.978 425 x 10^{-2}	3.005 436 84 x 10^{-1}
c_2 =	-1.228 618 5 x 10^{-6}	-2.001 204 x 10^{-7}	-9.947 732 30 x 10^{-6}
c_3 =	-1.075 217 8 x 10^{-9}	1.036 969 x 10^{-11}	1.702 766 30 x 10^{-10}
c_4 =	-5.908 693 3 x 10^{-13}	-2.549 687 x 10^{-16}	-1.430 334 68 x 10^{-15}
c_5 =	-1.725 671 3 x 10^{-16}	3.585 153 x 10^{-21}	4.738 860 84 x 10^{-21}
c_6 =	-2.813 151 3 x 10^{-20}	-5.344 285 x 10^{-26}	
c_7 =	-2.396 337 0 x 10^{-24}	5.099 890 x 10^{-31}	
c_8 =	-8.382 332 1 x 10^{-29}		
Rango de error:	0.03 a -0.05 °C	0.04 a -0.04 °C	0.03 a -0.04 °C

Termopares Tipo K - coeficientes α_0, α_1 y α_i, de ecuaciones de referencia que dan el voltaje termoeléctrico, E, como una función de temperatura, t_{90} para los rangos de temperatura indicados. La ecuación por debajo de 0 °C es de la forma:

$$E = \sum_{i=0}^{n} c_i (t_{90})^i$$

la ecuación por encima de 0 °C es de la forma:

$$E = \sum_{i=0}^{n} c_i (t_{90})^i + \alpha_0 e^{\alpha_1 (t_{90} - 126.9686)^2}$$

donde *e* es la constante de logaritmo natural, *E* está en microvoltios y t_{90} está en grados Celsius.

Rango de temperatura:	Coeficientes
-270 a 0 °C	c_0 = 0.000 000 000 0 .... c_1 = 3.945 012 802 5 x 10^1 c_2 = 2.362 237 359 8 x 10^{-2} c_3 = -3.285 890 678 4 x 10^{-4} c_4 = -4.990 482 877 7 x 10^{-6} c_5 = -6.750 905 917 3 x 10^{-8} c_6 = -5.741 032 742 8 x 10^{-10} c_7 = -3.108 887 289 4 x 10^{-12} c_8 = -1.045 160 936 5 x 10^{-14} c_9 = -1.988 926 687 8 x 10^{-17} c_{10} = -1.632 269 748 6 x 10^{-20}
0 a 1372 °C	c_0 = -1.760 041 368 6 x 10^1 c_1 = 3.892 120 497 5 x 10^1 c_2 = 1.855 877 003 2 x 10^{-2} c_3 = -9.945 759 287 4 x 10^{-5} c_4 = 3.184 094 571 9 x 10^{-7} c_5 = -5.607 284 488 9 x 10^{-10} c_6 = 5.607 505 905 9 x 10^{-13} c_7 = -3.202 072 000 3 x 10^{-16} c_8 = 9.715 114 715 2 x 10^{-20} c_9 = -1.210 472 127 5 x 10^{-23} α_0 = 1.185 976 x 10^2 α_1 = -1.183 432 x 10^{-4}

Termopares Tipo K - coeficientes de funciones inversas aproximadas que dan la temperatura, t_{90}, como una función del voltaje termoeléctrico, E, en los rangos seleccionados de temperatura y voltaje. Las funciones son de la forma:

$$t_{90} = c_o + c_1E + c_2E^2 \quad c_iE^i$$

donde *E* está en microvoltios y t_{90} está en grados Celsius.

Rango de temperatura:	-200 a 0 °C	0 a 500 °C	500 a 1,372 °C
Rango de voltaje:	-5891 a 0 µV	0 a 20,644 µV	20,644 a 54,886 µV
c_0 =	0.000 000 0	0.000 000	-1.318 058 x 10^2
c_1 =	2.517 346 2 x 10^{-2}	2.508 355 x 10^{-2}	4.830 222 x 10^{-2}
c_2 =	-1.166 287 8 x 10^{-6}	7.860 106 x 10^{-8}	-1.646 031 x 10^{-6}
c_3 =	-1.083 363 8 x 10^{-9}	-2.503 131 x 10^{-10}	5.464 731 x 10^{-11}
c_4 =	-8.977 354 0 x 10^{-13}	8.315 270 x 10^{-14}	-9.650 715 x 10^{-16}
c_5 =	-3.734 237 7 x 10^{-16}	-1.228 034 x 10^{-17}	8.802 193 x 10^{-21}
c_6 =	-8.663 264 3 x 10^{-20}	9.804 036 x 10^{-22}	-3.110 810 x 10^{-26}
c_7 =	-1.045 059 8 x 10^{-23}	-4.413 030 x 10^{-26}	
c_8 =	-5.192 057 7 x 10^{-28}	1.057 734 x 10^{-30}	
c_9 =		-1.052 755 x 10^{-35}	
Rango de error:	0.04 °C a -0.02 °C	0.04 °C a -0.05 °C	0.06 °C a -0.05 °C

Adaptado de NIST 175, *Temperature-Electromotive Force Reference Functions and Tables for the Letter-Designated Thermocouple Types Based on the ITS-90,* de G.W. Burns, M.G. Scroger, G.F. Strouse, M.C. Croakin, y W.F. Guthrie, 1993.
No está sujeto a derechos de autor en EUA.

Polinomios directos e inversos de termopar ITS-90 Continuación

Termopares Tipo T - coeficientes, c_i, de ecuaciones de referencia que dan el voltaje termoeléctrico, E, como una función de temperatura, t_{90}, para los rangos de temperatura indicados. Las ecuaciones son de la forma:

$$E = \sum_{i=0}^{n} c_i \, (t_{90})^i$$

donde E está en microvoltios y t_{90} está en grados Celsius.

Rango de temperatura:	-270 a 0 °C	0 a 400 °C
c_0 =	0.000 000 000 0....	0.000 000 000 0....
c_1 =	3.874 810 636 4 x10^{1}	3.874 810 636 4 x10^{1}
c_2 =	4.419 443 434 7 x 10^{-2}	3.329 222 788 0 x10^{-2}
c_3 =	1.184 432 310 5 x 10^{-4}	2.061 824 340 4 x 10^{-4}
c_4 =	2.003 297 355 4 x 10^{-5}	-2.188 225 684 6 x 10^{-6}
c_5 =	9.013 801 955 9 x 10^{-7}	1.099 688 092 8 x 10^{-8}
c_6 =	2.265 115 659 3 x 10^{-8}	-3.081 575 877 2 x 10^{-11}
c_7 =	3.607 115 420 5 x 10^{-10}	4.547 913 529 0 x 10^{-14}
c_8 =	3.849 393 988 3 x 10^{-12}	-2.751 290 167 3 x 10^{-17}
c_9 =	2.821 352 192 5 x 10^{-14}	
c_{10} =	1.425 159 477 9 x 10^{-16}	
c_{11} =	4.876 866 228 6 x 10^{-19}	
c_{12} =	1.079 553 927 0 x 10^{-21}	
c_{13} =	1.394 502 706 2 x 10^{-24}	
c_{14} =	7.979 515 392 7 x 10^{-28}	

Termopares Tipo T - coeficientes de funciones inversas aproximadas que dan la temperatura, t_{90}, como una función del voltaje termoeléctrico, E, en los rangos seleccionados de temperatura y voltaje. Las funciones son de la forma:

$$t_{90} = c_0 + c_1E + c_2E^2 + \ldots c_iE^i$$

donde E está en microvoltios y t_{90} está en grados Celsius.

Rango de temperatura:	-200 a 0 °C	0 a 400 °C
Rango de: voltaje:	-5,603 a 0 µV	0 a 20,872 µV
c_0 =	0.000 000 0....	0.000 000 ....
c_1 =	2.594 919 2 x 10^{-2}	2.592 800 x 10^{-2}
c_2 =	-2.131 696 7 x 10^{-7}	-7.602 961 x 10^{-7}
c_3 =	7.901 869 2 x 10^{-10}	4.637 791 x 10^{-11}
c_4 =	4.252 777 7 x 10^{-13}	-2.165 394 x 10^{-15}
c_5 =	1.330 447 3 x 10^{-16}	6.048 144 x 10^{-20}
c_6 =	2.024 144 6 x 10^{-20}	-7.293 422 x 10^{-25}
c_7 =	1.266 817 1 x 10^{-24}	
Rango de error:	0.04 a -0.02 °C	0.03 a -0.03 °C

Termopares Tipo E - coeficientes, c_i, de ecuaciones de referencia que dan el voltaje termoeléctrico, E, como una función de temperatura, t_{90}, para los rangos de temperatura indicados. Las ecuaciones son de la forma:

$$E = \sum_{i=0}^{n} c_i \, (t_{90})^i$$

donde E está en microvoltios y t_{90} está en grados celsius.

Rango de temperatura:	-270 a 0 °C	0 a 1000 °C
c_0 =	0.000 000 000 0	0.000 000 000 0 ....
c_1 =	5.866 550 870 8 x10^{1}	5.866 550 871 0 x10^{1}
c_2 =	4.541 097 712 4 x 10^{-2}	4.503 227 558 2 x10^{-2}
c_3 =	-7.799 804 868 6 x 10^{-4}	2.890 840 721 2 x 10^{-5}
c_4 =	-2.580 016 084 3 x 10^{-5}	-3.305 689 665 2 x 10^{-7}
c_5 =	-5.945 258 305 7 x 10^{-7}	6.502 440 327 0 x 10^{-10}
c_6 =	-9.321 405 866 7 x 10^{-9}	-1.919 749 550 4 x 10^{-13}
c_7 =	-1.028 760 553 4 x 10^{-10}	-1.253 660 049 7 x 10^{-15}
c_8 =	-8.037 012 362 1 x 10^{-13}	2.148 921 756 9 x 10^{-18}
c_9 =	-4.397 949 739 1 x 10^{-15}	-1.438 804 178 2 x 10^{-21}
c_{10} =	-1.641 477 635 5 x 10^{-17}	3.596 089 948 1 x 10^{-25}
c_{11} =	-3.967 361 951 6 x 10^{-20}	
c_{12} =	-5.582 732 872 1 x 10^{-23}	
c_{13} =	-3.465 784 201 3 x 10^{-26}	

Termopares Tipo E- coeficientes de funciones inversas aproximadas que dan la temperatura, t_{90}, como una función del voltaje termoeléctrico, E, en los rangos seleccionados de temperatura y voltaje. Las funciones son de la forma:

$$t_{90} = c_0 + c_1E + c_2E^2 + \ldots c_iE^i$$

donde E está en microvoltios y t_{90} está en grados celsius.

Rango de temperatura:	-200 a 0 °C	0 a 1,000 °C
Rango de voltaje:	-8,825 a 0 µV	0 a 76,373 µV
c_0 =	0.000 000 0	0.000 000 0 ....
c_1 =	1.697 728 8 x 10^{-2}	1.705 703 5 x 10^{-2}
c_2 =	-4.351 497 0 x 10^{-7}	-2.330 175 9 x 10^{-7}
c_3 =	-1.585 969 7 x 10^{-10}	6.543 558 5 x 10^{-12}
c_4 =	-9.250 287 1 x 10^{-14}	-7.356 274 9 x 10^{-17}
c_5 =	-2.608 431 4 x 10^{-17}	-1.789 600 1 x 10^{-21}
c_6 =	-4.136 019 9 x 10^{-21}	8.403 616 5 x 10^{-26}
c_7 =	-3.403 403 0 x 10^{-25}	-1.373 587 9 x 10^{-30}
c_8 =	-1.156 489 0 x 10^{-29}	1.062 982 3 x 10^{-35}
c_9 =		-3.244 708 7 x 10^{-41}
Rango de error:	0.03 a -0.01 °C	0.02 a -0.02 °C

Termopares Tipo N - coeficientes, c_i, de ecuaciones de referencia que dan el voltaje termoeléctrico, E, como una función de temperatura, t_{90}, para los rangos de temperatura indicados. Las ecuaciones son de la forma:

$$E = \sum_{i=0}^{n} c_i \, (t_{90})^i$$

donde E está en microvoltios y t_{90} está en grados celsius.

Rango de temperatura:	-270 a 0 °C	0 a 1,300 °C
c_0 =	0.000 000 000 0....	0.000 000 000 0....
c_1 =	2.615 910 596 2 x10^{1}	2.592 939 460 1 x 10^{1}
c_2 =	1.095 748 422 8 x 10^{-2}	1.571 014 188 0 x 10^{-2}
c_3 =	-9.384 111 155 4 x 10^{-5}	4.382 562 723 7 x 10^{-5}
c_4 =	-4.641 203 975 9 x 10^{-8}	-2.526 116 979 4 x 10^{-7}
c_5 =	-2.630 335 771 6 x 10^{-9}	6.431 181 933 9 x 10^{-10}
c_6 =	-2.265 343 800 3 x 10^{-11}	-1.006 347 151 9 x 10^{-12}
c_7 =	-7.608 930 079 1 x 10^{-14}	9.974 533 899 2 x 10^{-16}
c_8 =	-9.341 966 783 5 x 10^{-17}	-6.086 324 560 7 x 10^{-19}
c_9 =		2.084 922 933 9 x 10^{-22}
c_{10} =		-3.068 219 615 1 x 10^{-26}

Termopares Tipo N - coeficientes de funciones inversas aproximadas que dan la temperatura, t_{90}, como una función del voltaje termoeléctrico, E, en los rangos seleccionados de temperatura y voltaje. Las funciones son de la forma:

$$t_{90} = c_0 + c_1E + c_2E^2 + \ldots c_iE^i$$

donde E está en microvoltios y t_{90} está en grados celsius.

Rango de temperatura:	-200 a 0°C	0 a 600°C	600 a 1,300°C	0 a 1,300°C
Rango de voltaje:	-3,990 a 0 µV	0 a 20,613 µV	20,613 a 47,513 µV	0 47,513 µV
c_0 =	0.000 000 0	0.000 00	1.972 485 x 10^{1}	0.000 000 0 ....
c_1 =	3.843 684 7 x 10^{-2}	3.868 96 x 10^{-2}	3.300 943 x 10^{-2}	3.878 327 7 x 10^{-2}
c_2 =	1.101 048 5 x 10^{-6}	-1.082 67 x 10^{-6}	-3.915 159 x 10^{-7}	-1.161 234 4 x 10^{-6}
c_3 =	5.222 931 2 x 10^{-9}	4.702 05 x 10^{-11}	9.855 391 x 10^{-12}	6.952 565 5 x10^{-11}
c_4 =	7.206 052 5 x 10^{-12}	-2.121 69 x 10^{-18}	-1.274 371 x 10^{-16}	-3.009 007 7 x 10^{-15}
c_5 =	5.848 858 6 x 10^{-15}	-1.172 72 x 10^{-19}	7.767 022 x 10^{-22}	8.831 158 4 x10^{-20}
c_6 =	2.775 491 6 x 10^{-18}	5.392 80 x 10^{-24}		-1.621 383 9 x 10^{-24}
c_7 =	7.707.516 6 x 10^{-22}	-7.981 56 x 10^{-29}		1.669 336 2 x10^{-29}
c_8 =	1.158 266 5 x 10^{-25}			-7.311 754 0 x 10^{-35}
c_9 =	7.313 886 8 x 10^{-30}			
Rango de error:	0.03 a -0.02°C	0.03 a -0.02°C	0.02 a -0.04°C	0.06 a -0.06°C

Termopares Tipo B - coeficientes, c_i, de ecuaciones de referencia que dan el voltaje termoeléctrico, E, como una función de temperatura, t_{90}, para los rangos de temperatura indicados. Las ecuaciones son de la forma:

$$E = \sum_{i=0}^{n} c_i \, (t_{90})^i$$

donde E está en microvoltios y t_{90} está en grados celsius.

Rango de temperatura:	0 a 630.615°C	630.615 a 1,820°C
c_0 =	0.000 000 000 0	-3.893 816 862 1 x 10^{3}
c_1 =	-2.465 081 834 6 x10^{-1}	2.857 174 747 0 x 10^{1}
c_2 =	5.904 042 117 1 x 10^{-3}	-8.488 510 478 5 x 10^{-2}
c_3 =	-1.325 793 163 6 x 10^{-6}	1.578 528 016 4 x 10^{-4}
c_4 =	1.566 829 190 1 x 10^{-9}	-1.683 534 486 4 x 10^{-7}
c_5 =	-1.694 452 924 0 x 10^{-12}	1.110 979 401 3 x 10^{-10}
c_6 =	6.229 034 709 4 x 10^{-16}	-4.451 543 103 3 x 10^{-14}
c_7 =		9.897 564 082 1 x 10^{-18}
c_8 =		-9.379 133 028 9 x 10^{-22}

Termopares Tipo B- coeficientes de funciones inversas aproximadas que dan la temperatura, t_{90}, como una función del voltaje termoeléctrico, E, en los rangos seleccionados de temperatura y voltaje. Las funciones son de la forma:

$$t_{90} = c_0 + c_1E + c_2E^2 + \ldots c_iE^i$$

donde E está en microvoltios y t_{90} está en grados celsius.

Rango de temperatura:	250 a 700°C	700 a 1,820°C
Rango de voltaje:	291 a 2,431 µV	2,431 a 13,820 µV
c_0 =	9.842 332 1 x 10^{1}	2.131 507 1 x 10^{2}
c_1 =	6.997 150 0 x 10^{-1}	2.851 050 4 x 10^{-1}
c_2 =	-8.476 530 4 x 10^{-4}	-5.274 288 7 x 10^{-5}
c_3 =	1.005 264 4 x 10^{-6}	9.916 080 4 x 10^{-9}
c_4 =	-8.334 595 2 x 10^{-10}	-1.296 530 3 x 10^{-12}
c_5 =	4.550 854 2 x 10^{-13}	1.119 587 0 x 10^{-16}
c_6 =	-1.552 303 7 x 10^{-16}	-6.062 519 9 x 10^{-21}
c_7 =	2.988 675 0 x 10^{-20}	1.866 169 6 x 10^{-25}
c_8 =	-2.474 286 0 x 10^{-24}	-2.487 858 5 x 10^{-30}
Rango de error:	0.03 a -0.02°C	0.02 a -0.01°C

Polinomios directos e inversos de termopar ITS-90 Continuación

Termopares Tipo R - coeficientes, c_i, de ecuaciones de referencia que dan el voltaje termoeléctrico, E, como una función de temperatura, t_{90}, para los rangos de temperatura indicados. Las ecuaciones son de la forma:

$$E = \sum_{i=0}^{n} c_i (t_{90})^i$$

donde E está en microvoltios y t_{90} está en grados celsius.

Rango de temperatura:	-50 a 1,064.18 °C	1,064.18 a 1,664.5 °C	1,664.5 a 1,768.1 °C
c_0 =	0.000 000 000 0	2.951 579 253 16 x 103	1.522 321 182 09 x 10^5
c_1 =	5.289 617 297 65	-2.520 612 513 32	-2.688 198 885 45 x 10^2
c_2 =	1.391 665 897 82 x 10^{-2}	1.595 645 018 65 x 10^{-2}	1.712 802 804 71 x10^{-1}
c_3 =	-2.388 556 930 17 x 10^{-5}	-7.640 859 475 76 x 10^{-6}	-3.458 957 064 53 x 10^{-5}
c_4 =	3.569 160 010 63 x 10^{-8}	2.053 052 910 24 x 10^{-9}	-9.346 339 710 46 x10^{-12}
c_5 =	-4.623 476 662 98 x 10^{-11}	-2.933 596 681 73 x 10^{-13}	
c_6 =	5.007 774 410 34 x 10^{-14}		
c_7 =	-3.731 058 861 91 x 10^{-17}		
c_8 =	1.577 164 823 67 x 10^{-20}		
c_9 =	-2.810 386 252 51 x 10^{-24}		

Termopares Tipo R - coeficientes de funciones inversas aproximadas que dan la temperatura, t_{90}, como una función del voltaje termoeléctrico, E, en los rangos seleccionados de temperatura y voltaje. Las funciones son de la forma:

$$t_{90} = c_0 + c_1E + c_2E^2 + \ldots c_iE^i$$

donde E está en microvoltios y t_{90} está en grados celsius.

Rango de temperatura:	-50 °C a 250 °C	250 a 1,200 °C	1,064 a 1,664.5 °C	1,664.5 a 1,768.1 °C
Rango de voltaje:	-226 a 1,923 µV	1,923 a 13,228 µV	11,361 a 19,739 µV	19,739 a 21,103 µV
c_0 =	0.000 000 0	1.334 584 505 x 10^1	-8.199 599 416 x 10^1	3.406 177 836 x 10^4
c_1 =	1.889 138 0 x 10^{-1}	1.472 644 573 x 10^{-1}	1.553 962 042 x 10^{-1}	-7.023 729 171 ....
c_2 =	-9.383 529 0 x 10^{-5}	-1.844 024 844 x 10^{-5}	-8.342 197 663 x 10^{-6}	5.582 903 813 x 10^{-4}
c_3 =	1.306 861 9 x 10^{-7}	4.031 129 x 726 10^{-9}	4.279 433 549 x 10^{-10}	-1.952 394 635 x 10^{-8}
c_4 =	-2.270 358 0 x 10^{-10}	-6.249 428 360 x 10^{-13}	-1.191 577 910 x 10^{-14}	2.560 740 231 x10^{-13}
c_5 =	3.514 565 9 x 10^{-13}	6.468 412 046 x 10^{-17}	1.492 290 091 x 10^{-19}	
c_6 =	-3.895 390 0 x 10^{-16}	-4.458 750 426 x 10^{-21}		
c_7 =	2.823.947 1 x 10^{-19}	1.994 710 146 x 10^{-25}		
c_8 =	-1.260 728 1 x 10^{-22}	-5.313 401 790 x 10^{-30}		
c_9 =	3.135 361 1 x 10^{-26}	6.481 976 217 x 10^{-35}		
c_{10} =	-3.318 776 9 x 10^{-30}			
Rango de error:	0.02 a -0.02 °C	0.005 a -0.005 °C	0.001 a -0.0005 °C	0.002 a -0.001 °C

Termopares Tipo S - coeficientes, c_i, de ecuaciones de referencia que dan el voltaje termoeléctrico, E, como una función de temperatura, t_{90}, para los rangos de temperatura indicados. Las ecuaciones son de la forma:

$$E = \sum_{i=0}^{n} c_i (t_{90})^i$$

donde E está en microvoltios y t_{90} está en grados celsius.

Rango de temperatura:	-50 a 1,064.18 °C	1,064.18 a 1,664.5 °C	1,664.5 a 1,768.1 °C
c_0 =	0.000 000 000 0	1.329 004 450 85 x 10^3	1.466 282 326 36 x 10^5
c_1 =	5.403 133 086 31....	3.345 093 113 44	-2.584 305 167 52 x 10^2
c_2 =	1.259 342 897 40 x 10^{-2}	6.548 051 928 18 x 10^{-3}	1.636 935 746 41 x 10^{-1}
c_3 =	-2.324 779 686 89 x 10^{-5}	-1.648 562 592 09 x 10^{-6}	-3.304 390 469 87 x 10^{-5}
c_4 =	3.220 288 230 36 x 10^{-8}	1.299 896 051 74 x 10^{-11}	-9.432 236 906 12 x 10^{-12}
c_5 =	-3.314 651 963 89 x 10^{-11}		
c_6 =	2.557 442 517 86 x 10^{-14}		
c_7 =	-1.250 688 713 93 x 10^{-17}		
c_8 =	2.714 431 761 45 x 10^{-21}		

Termopares Tipo S - coeficientes de funciones inversas aproximadas que dan la temperatura, t_{90}, como una función del voltaje termoeléctrico, E, en los rangos seleccionados de temperatura y voltaje. Las funciones son de la forma:

$$t_{90} = c_0 + c_1E + c_2E^2 + \ldots c_iE^i$$

donde E está en microvoltios y t_{90} está en grados celsius.

Rango de temperatura:	-50 a 250 °C	250 a 1,200 °C	1,064 a 1,664.5 °C	1,664.5 a 1,768.1 °C
Rango de voltaje:	-235 a 1,874 µV	1,874 a 11,950 µV	10,332 a 17,536 µV	17,536 a 18,693 µV
c_0 =	0.000 000 0	1.291 507 177 x 10^1	-8.087 801 117 x 10^1	5.333 875 126 x 10^4
c_1 =	1.849 494 60 x 10^{-1}	1.466 298 863 x 10^{-1}	1.621 573 104 x 10^{-1}	-1.235 892 298 x 10^1
c_2 =	-8.005 040 62 x 10^{-5}	-1.534 713 402 x 10^{-5}	-8.536 869 453 x 10^{-6}	1.092 657 613 x 10^{-3}
c_3 =	1.022 374 30 x 10^{-7}	3.145 945 973 x 10^{-9}	4.719 686 976 x 10^{-10}	-4.265 693 686 x 10^{-8}
c_4 =	-1.522 485 92 x 10^{-10}	-4.163 257 839 x 10^{-13}	-1.441 693 666 x 10^{-14}	6.247 205 420 x 10^{-13}
c_5 =	1.888 213 43 x 10^{-13}	3.187 963 771 x 10^{-17}	2.081 618 890 x 10^{-19}	
c_6 =	-1.590 859 41 x 10^{-16}	-1.291 637 500 x 10^{-21}		
c_7 =	8.230 278 80 x 10^{-20}	2.183 475 087 x 10^{-26}		
c_8 =	-2.341 819 44 x 10^{-23}	-1.447 379 511 x 10^{-31}		
c_9 =	2.797 862 60 x 10^{-27}	8.211 272 125 x 10^{-36}		
Rango de error:	0.02 a -0.02 °C	0.01 a -0.01 °C	0.0002 a -0.0002 °C	0.002 a -0.002 °C

Termopares de tungsteno-renio

Equivalentes de calibración

CALIBRACIONES G y C

La FEM nominal versus valores de temperatura para termopares WM26Re (tipo G) y W5ReM26Re (tipo C) se definen por polinomios de quinto grado.
La FEM en milivoltios absolutos (IPTS68) se determina usando la ecuación y coeficientes mostrados abajo, desde la temperatura en grados Fahrenheit.

Forma Gen.: $FEM = AT + BT^2 + CT^3 + DT^4 + ET^5 + K$

Rango Temp.: 32 °F a 4200 °F (0 to 2315 °C)

CALIBRACIÓN D

Una ecuación similar se utiliza para generar FEM versus valores de temperatura para termopares W3ReM25Re.
Para esta combinación, sin embargo, la curva se divide en dos funciones y la temperatura se expresa en grados Celsius.

Forma Gen.: $EMF = AT + BT^2 + CT^3 + DT^4 + ET^5$

Rango Temp.: 32 a 4208 °F (0 a 2320 °C)

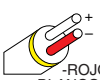
GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE CABLES DE TERMOPAR

Coeficientes	W/W26Re	W5Re/W26Re
A	0.2883146×10^{-3}	0.7190027×10^{-2}
B	0.6783829×10^{-5}	0.3956443×10^{-5}
C	$-0.1795965 \times 10^{-8}$	$-0.1842722 \times 10^{-8}$
D	$0.2125270 \times 10^{-12}$	$0.3471851 \times 10^{-12}$
E	$-0.1176051 \times 10^{-16}$	$-0.2616792 \times 10^{-16}$
K	$-0.1580014 \times 10^{-1}$	-0.234471

Coeficientes	T<783 °C	T≥ 783 °C
A	9.5685256×10^{-3}	9.9109462×10^{-3}
B	2.0592621×10^{-5}	1.8666488×10^{-5}
C	$-1.8464573 \times 10^{-8}$	$-1.4935266 \times 10^{-8}$
D	$7.9498033 \times 10^{-12}$	$5.3743821 \times 10^{-12}$
E	$-1.4240735 \times 10^{-15}$	$-7.9026726 \times 10^{-16}$

Reimpreso con la autorización del Libro Anual de Normas ASTM, Copyright Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales, 1916 Race Street, Philadelphia, PA 19103

GUÍA DE IDENTIFICACIÓN DE CABLES DE TERMOPAR

Código de letra	Combinación de aleaciones		Color codificación Grado de la extensión	Máximo rango útil de temperatura	FEM(mV) sobre rango útil de temperatura	Límites de error estándar	Comentarios Ambiente Cable descubierto
	Cable+	Cable-					
G	TUNGSTENO W	TUNGSTENO 26% RENIO W-26% Re	+ BLANCO  -ROJO BLANCO - TRAZO AZUL	32 a 4208 °F 0 a 2320 °C Grado del termopar 32 a 500 °F 0 a 260 °C Grado de la extensión	0 a 38.564	4.5°C a 425 °C 1.0% a 2320 °C	Hidrógeno inerte, vacío. Cuidado con la fisuración. No práctico abajo de 750 °F. No para atmósfera oxidante
C	TUNGSTENO 5% RENIO W-5% Re	TUNGSTENO 26% RENIO W-26% Re	 + BLANCO -ROJO BLANCO - TRAZO ROJO	32 a 4208 °F 0 a 2320 °C Grado del termopar 32 a 1600 °F 0 a 870 °C Grado de la extensión	0 a 37.066	4.5 °C a 425 °C 1.0% a 2320 °C	Hidrógeno inerte, vacío. Cuidado con la fisuración. No práctico abajo de 750 °F. No para atmósfera oxidante
D	TUNGSTENO 3% RENIO W-3% Re	TUNGSTENO 25% RENIO W-56% Re	+ BLANCO  -ROJO BLANCO - TRAZO AMARILLO	32 a 4208 °F 0 a 2320 °C Grado del termopar 32 a 5000 °F 0 a 260 °C	0 a 39.506	4.5 °C a 425 °C 1.0% a 2320 °C	Hidrógeno inerte, vacío. Cuidado con la fisuración No práctico abajo de 750 °F. No para atmósfera oxidante

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO J

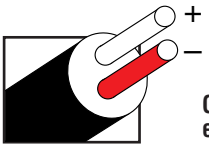
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°C

Hierro vs. Cobre-Níquel



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 a 1382 °F
0 a 750 °C

Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 2.2 °C o 0.75%
Especial: 1.1 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
La reducción, de vacío, inerte; Uso límitado oxidado a altas temperaturas;
No Recomendado para bajas temperaturas
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C
-200	-8.095	-8.076	-8.057	-8.037	-8.017	-7.996	-7.976	-7.955	-7.934	-7.912	-7.890	-200
-190	-7.890	-7.868	-7.846	-7.824	-7.801	-7.778	-7.755	-7.731	-7.707	-7.683	-7.659	-190
-180	-7.659	-7.634	-7.610	-7.585	-7.559	-7.534	-7.508	-7.482	-7.456	-7.429	-7.403	-180
-170	-7.403	-7.376	-7.348	-7.321	-7.293	-7.265	-7.237	-7.209	-7.181	-7.152	-7.123	-170
-160	-7.123	-7.094	-7.064	-7.035	-7.005	-6.975	-6.944	-6.914	-6.883	-6.853	-6.821	-160
-150	-6.821	-6.790	-6.759	-6.727	-6.695	-6.663	-6.631	-6.598	-6.566	-6.533	-6.500	-150
-140	-6.500	-6.467	-6.433	-6.400	-6.366	-6.332	-6.298	-6.263	-6.229	-6.194	-6.159	-140
-130	-6.159	-6.124	-6.089	-6.054	-6.018	-5.982	-5.946	-5.910	-5.874	-5.838	-5.801	-130
-120	-5.801	-5.764	-5.727	-5.690	-5.653	-5.616	-5.578	-5.541	-5.503	-5.465	-5.426	-120
-110	-5.426	-5.388	-5.350	-5.311	-5.272	-5.233	-5.194	-5.155	-5.116	-5.076	-5.037	-110
-100	-5.037	-4.997	-4.957	-4.917	-4.877	-4.836	-4.796	-4.755	-4.714	-4.674	-4.633	-100
-90	-4.633	-4.591	-4.550	-4.509	-4.467	-4.425	-4.384	-4.342	-4.300	-4.257	-4.215	-90
-80	-4.215	-4.173	-4.130	-4.088	-4.045	-4.002	-3.959	-3.916	-3.872	-3.829	-3.786	-80
-70	-3.786	-3.742	-3.698	-3.654	-3.610	-3.566	-3.522	-3.478	-3.434	-3.389	-3.344	-70
-60	-3.344	-3.300	-3.255	-3.210	-3.165	-3.120	-3.075	-3.029	-2.984	-2.938	-2.893	-60
-50	-2.893	-2.847	-2.801	-2.755	-2.709	-2.663	-2.617	-2.571	-2.524	-2.478	-2.431	-50
-40	-2.431	-2.385	-2.338	-2.291	-2.244	-2.197	-2.150	-2.103	-2.055	-2.008	-1.961	-40
-30	-1.961	-1.913	-1.865	-1.818	-1.770	-1.722	-1.674	-1.626	-1.578	-1.530	-1.482	-30
-20	-1.482	-1.433	-1.385	-1.336	-1.288	-1.239	-1.190	-1.142	-1.093	-1.044	-0.995	-20
-10	-0.995	-0.946	-0.896	-0.847	-0.798	-0.749	-0.699	-0.650	-0.600	-0.550	-0.501	-10
0	-0.501	-0.451	-0.401	-0.351	-0.301	-0.251	-0.201	-0.151	-0.101	-0.050	0.000	0
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456	0.507	0
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.814	0.865	0.916	0.968	1.019	10
20	1.019	1.071	1.122	1.174	1.226	1.277	1.329	1.381	1.433	1.485	1.537	20
30	1.537	1.589	1.641	1.693	1.745	1.797	1.849	1.902	1.954	2.006	2.059	30
40	2.059	2.111	2.164	2.216	2.269	2.322	2.374	2.427	2.480	2.532	2.585	40
50	2.585	2.638	2.691	2.744	2.797	2.850	2.903	2.956	3.009	3.062	3.116	50
60	3.116	3.169	3.222	3.275	3.329	3.382	3.436	3.489	3.543	3.596	3.650	60
70	3.650	3.703	3.757	3.810	3.864	3.918	3.971	4.025	4.079	4.133	4.187	70
80	4.187	4.240	4.294	4.348	4.402	4.456	4.510	4.564	4.618	4.672	4.726	80
90	4.726	4.781	4.835	4.889	4.943	4.997	5.052	5.106	5.160	5.215	5.269	90
100	5.269	5.323	5.378	5.432	5.487	5.541	5.595	5.650	5.705	5.759	5.814	100
110	5.814	5.868	5.923	5.977	6.032	6.087	6.141	6.196	6.251	6.306	6.360	110
120	6.360	6.415	6.470	6.525	6.579	6.634	6.689	6.744	6.799	6.854	6.909	120
130	6.909	6.964	7.019	7.074	7.129	7.184	7.239	7.294	7.349	7.404	7.459	130
140	7.459	7.514	7.569	7.624	7.679	7.734	7.789	7.844	7.900	7.955	8.010	140
150	8.010	8.065	8.120	8.175	8.231	8.286	8.341	8.396	8.452	8.507	8.562	150
160	8.562	8.618	8.673	8.728	8.783	8.839	8.894	8.949	9.005	9.060	9.115	160
170	9.115	9.171	9.226	9.282	9.337	9.392	9.448	9.503	9.559	9.614	9.669	170
180	9.669	9.725	9.780	9.836	9.891	9.947	10.002	10.057	10.113	10.168	10.224	180
190	10.224	10.279	10.335	10.390	10.446	10.501	10.557	10.612	10.668	10.723	10.779	190
200	10.779	10.834	10.890	10.945	11.001	11.056	11.112	11.167	11.223	11.278	11.334	200
210	11.334	11.389	11.445	11.501	11.556	11.612	11.667	11.723	11.778	11.834	11.889	210
220	11.889	11.945	12.000	12.056	12.111	12.167	12.222	12.278	12.334	12.389	12.445	220
230	12.445	12.500	12.556	12.611	12.667	12.722	12.778	12.833	12.889	12.944	13.000	230
240	13.000	13.056	13.111	13.167	13.222	13.278	13.333	13.389	13.444	13.500	13.555	240
250	13.555	13.611	13.666	13.722	13.777	13.833	13.888	13.944	13.999	14.055	14.110	250
260	14.110	14.166	14.221	14.277	14.332	14.388	14.443	14.499	14.554	14.609	14.665	260
270	14.665	14.720	14.776	14.831	14.887	14.942	14.998	15.053	15.109	15.164	15.219	270
280	15.219	15.275	15.330	15.386	15.441	15.496	15.552	15.607	15.663	15.718	15.773	280
290	15.773	15.829	15.884	15.940	15.995	16.050	16.106	16.161	16.216	16.272	16.327	290
300	16.327	16.383	16.438	16.493	16.549	16.604	16.659	16.715	16.770	16.825	16.881	300
310	16.881	16.936	16.991	17.046	17.102	17.157	17.212	17.268	17.323	17.378	17.434	310
320	17.434	17.489	17.544	17.599	17.655	17.710	17.765	17.820	17.876	17.931	17.986	320
330	17.986	18.041	18.097	18.152	18.207	18.262	18.318	18.373	18.428	18.483	18.538	330
340	18.538	18.594	18.649	18.704	18.759	18.814	18.870	18.925	18.980	19.035	19.090	340
350	19.090	19.146	19.201	19.256	19.311	19.366	19.422	19.477	19.532	19.587	19.642	350
360	19.642	19.697	19.753	19.808	19.863	19.918	19.973	20.028	20.083	20.139	20.194	360
370	20.194	20.249	20.304	20.359	20.414	20.469	20.525	20.580	20.635	20.690	20.745	370
380	20.745	20.800	20.855	20.911	20.966	21.021	21.076	21.131	21.186	21.241	21.297	380
390	21.297	21.352	21.407	21.462	21.517	21.572	21.627	21.683	21.738	21.793	21.848	390
400	21.848	21.903	21.958	22.014	22.069	22.124	22.179	22.234	22.289	22.345	22.400	400
410	22.400	22.455	22.510	22.565	22.620	22.676	22.731	22.786	22.841	22.896	22.952	410
420	22.952	23.007	23.062	23.117	23.172	23.228	23.283	23.338	23.393	23.449	23.504	420
430	23.504	23.559	23.614	23.670	23.725	23.780	23.835	23.891	23.946	24.001	24.057	430
440	24.057	24.112	24.167	24.223	24.278	24.333	24.389	24.444	24.499	24.555	24.610	440
450	24.610	24.665	24.721	24.776	24.832	24.887	24.943	24.998	25.053	25.109	25.164	450
460	25.164	25.220	25.275	25.331	25.386	25.442	25.497	25.553	25.608	25.664	25.720	460
470	25.720	25.775	25.831	25.886	25.942	25.998	26.053	26.109	26.165	26.220	26.276	470
480	26.276	26.332	26.387	26.443	26.499	26.555	26.610	26.666	26.722	26.778	26.834	480
490	26.834	26.889	26.945	27.001	27.057	27.113	27.169	27.225	27.281	27.337	27.393	490

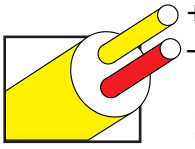
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
500	27.393	27.449	27.505	27.561	27.617	27.673	27.729	27.785	27.841	27.897	27.953	500
510	27.953	28.010	28.066	28.122	28.178	28.234	28.291	28.347	28.403	28.460	28.516	510
520	28.516	28.572	28.629	28.685	28.741	28.798	28.854	28.911	28.967	29.024	29.080	520
530	29.080	29.137	29.194	29.250	29.307	29.363	29.420	29.477	29.534	29.590	29.647	530
540	29.647	29.704	29.761	29.818	29.874	29.931	29.988	30.045	30.102	30.159	30.216	540
550	30.216	30.273	30.330	30.387	30.444	30.502	30.559	30.616	30.673	30.730	30.788	550
560	30.788	30.845	30.902	30.960	31.017	31.074	31.132	31.189	31.247	31.304	31.362	560
570	31.362	31.419	31.477	31.535	31.592	31.650	31.708	31.766	31.823	31.881	31.939	570
580	31.939	31.997	32.055	32.113	32.171	32.229	32.287	32.345	32.403	32.461	32.519	580
590	32.519	32.577	32.636	32.694	32.752	32.810	32.869	32.927	32.985	33.044	33.102	590
600	33.102	33.161	33.219	33.278	33.337	33.395	33.454	33.513	33.571	33.630	33.689	600
610	33.689	33.748	33.807	33.866	33.925	33.984	34.043	34.102	34.161	34.220	34.279	610
620	34.279	34.338	34.397	34.457	34.516	34.575	34.635	34.694	34.754	34.813	34.873	620
630	34.873	34.932	34.992	35.051	35.111	35.171	35.230	35.290	35.350	35.410	35.470	630
640	35.470	35.530	35.590	35.650	35.710	35.770	35.830	35.890	35.950	36.010	36.071	640
650	36.071	36.131	36.191	36.252	36.312	36.373	36.433	36.494	36.554	36.615	36.675	650
660	36.675	36.736	36.797	36.858	36.918	36.979	37.040	37.101	37.162	37.223	37.284	660
670	37.284	37.345	37.406	37.467	37.528	37.590	37.651	37.712	37.773	37.835	37.896	670
680	37.896	37.958	38.019	38.081	38.142	38.204	38.265	38.327	38.389	38.450	38.512	680
690	38.512	38.574	38.636	38.698	38.760	38.822	38.884	38.946	39.008	39.070	39.132	690
700	39.132	39.194	39.256	39.318	39.381	39.443	39.505	39.568	39.630	39.693	39.755	700
710	39.755	39.818	39.880	39.943	40.005	40.068	40.131	40.193	40.256	40.319	40.382	710
720	40.382	40.445	40.508	40.570	40.633	40.696	40.759	40.822	40.886	40.949	41.012	720
730	41.012	41.075	41.138	41.201	41.265	41.328	41.391	41.455	41.518	41.581	41.645	730
740	41.645	41.708	41.772	41.835	41.899	41.962	42.026	42.090	42.153	42.217	42.281	740
750	42.281	42.344	42.408	42.472	42.536	42.599	42.663	42.727	42.791	42.855	42.919	750
760	42.919	42.983	43.047	43.111	43.175	43.239	43.303	43.367	43.431	43.495	43.559	760
770	43.559	43.624	43.688	43.752	43.817	43.881	43.945	44.010	44.074	44.139	44.203	770
780	44.203	44.267	44.332	44.396	44.461	44.525	44.590	44.655	44.719	44.784	44.848	780
790	44.848	44.913	44.977	45.042	45.107	45.171	45.236	45.301	45.365	45.430	45.494	790
800	45.494	45.559	45.624	45.688	45.753	45.818	45.882	45.947	46.011	46.076	46.141	800
810	46.141	46.205	46.270	46.334	46.399	46.464	46.528	46.593	46.657	46.722	46.786	810
820	46.786	46.851	46.915	46.980	47.044	47.109	47.173	47.238	47.302	47.367	47.431	820
830	47.431	47.495	47.560	47.624	47.688	47.753	47.817	47.881	47.946	48.010	48.074	830
840	48.074	48.138	48.202	48.267	48.331	48.395	48.459	48.523	48.587	48.651	48.715	840
850	48.715	48.779	48.843	48.907	48.971	49.034	49.098	49.162	49.226	49.290	49.353	850
860	49.353	49.417	49.481	49.544	49.608	49.672	49.735	49.799	49.862	49.926	49.989	860
870	49.989	50.052	50.116	50.179	50.243	50.306	50.369	50.432	50.495	50.559	50.622	870
880	50.622	50.685	50.748	50.811	50.874	50.937	51.000	51.063	51.126	51.188	51.251	880
890	51.251	51.314	51.377	51.439	51.502	51.565	51.627	51.690	51.752	51.815	51.877	890
900	51.877	51.940	52.002	52.064	52.127	52.189	52.251	52.314	52.376	52.438	52.500	900
910	52.500	52.562	52.624	52.686	52.748	52.810	52.872	52.934	52.996	53.057	53.119	910
920	53.119	53.181	53.243	53.304	53.366	53.427	53.489	53.550	53.612	53.673	53.735	920
930	53.735	53.796	53.857	53.919	53.980	54.041	54.102	54.164	54.225	54.286	54.347	930
940	54.347	54.408	54.469	54.530	54.591	54.652	54.713	54.773	54.834	54.895	54.956	940
950	54.956	55.016	55.077	55.138	55.198	55.259	55.319	55.380	55.440	55.501	55.561	950
960	55.561	55.622	55.682	55.742	55.803	55.863	55.923	55.983	56.043	56.104	56.164	960
970	56.164	56.224	56.284	56.344	56.404	56.464	56.524	56.584	56.643	56.703	56.763	970
980	56.763	56.823	56.883	56.942	57.002	57.062	57.121	57.181	57.240	57.300	57.360	980
990	57.360	57.419	57.479	57.538	57.597	57.657	57.716	57.776	57.835	57.894	57.953	990
1000	57.953	58.013	58.072	58.131	58.190	58.249	58.309	58.368	58.427	58.486	58.545	1000
1010	58.545	58.604	58.663	58.722	58.781	58.840	58.899	58.957	59.016	59.075	59.134	1010
1020	59.134	59.193	59.252	59.310	59.369	59.428	59.487	59.545	59.604	59.663	59.721	1020
1030	59.721	59.780	59.838	59.897	59.956	60.014	60.073	60.131	60.190	60.248	60.307	1030
1040	60.307	60.365	60.423	60.482	60.540	60.599	60.657	60.715	60.774	60.832	60.890	1040
1050	60.890	60.949	61.007	61.065	61.123	61.182	61.240	61.298	61.356	61.415	61.473	1050
1060	61.473	61.531	61.589	61.647	61.705	61.763	61.822	61.880	61.938	61.996	62.054	1060
1070	62.054	62.112	62.170	62.228	62.286	62.344	62.402	62.460	62.518	62.576	62.634	1070
1080	62.634	62.692	62.750	62.808	62.866	62.924	62.982	63.040	63.098	63.156	63.214	1080
1090	63.214	63.271	63.329	63.387	63.445	63.503	63.561	63.619	63.677	63.734	63.792	1090
1100	63.792	63.850	63.908	63.966	64.024	64.081	64.139	64.197	64.255	64.313	64.370	1100
1110	64.370	64.428	64.486	64.544	64.602	64.659	64.717	64.775	64.833	64.890	64.948	1110
1120	64.948	65.006	65.064	65.121	65.179	65.237	65.295	65.352	65.410	65.468	65.525	1120
1130	65.525	65.583	65.641	65.699	65.756	65.814	65.872	65.929	65.987	66.045	66.102	1130
1140	66.102	66.160	66.218	66.275	66.333	66.391	66.448	66.506	66.564	66.621	66.679	1140
1150	66.679	66.737	66.794	66.852	66.910	66.967	67.025	67.082	67.140	67.198	67.255	1150
1160	67.255	67.313	67.370	67.428	67.486	67.543	67.601	67.658	67.716	67.773	67.831	1160
1170	67.831	67.888	67.946	68.003	68.061	68.119	68.176	68.234	68.291	68.348	68.406	1170
1180	68.406	68.463	68.521	68.578	68.636	68.693	68.751	68.808	68.865	68.923	68.980	1180
1190	68.980	69.037	69.095	69.152	69.209	69.267	69.324	69.381	69.439	69.496	69.553	1190

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA
Grado de termopar
– 328 a 2282 °F
– 200 a 1250 °C
Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C
LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 2.2 °C o 0.75% Superior 0 °C
2.2 °C o 2.0% inferior 0 °C
Especial: 1.1°C o 0.4%
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidado limpio e inerte; Uso Limitado en vacío o Reducción; rango amplio de temperatura; Calibración más popular
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

°C

Níquel-Cromo vs. Níquel-Aluminio



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO K

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C
-260	-6.458	-6.457	-6.456	-6.455	-6.453	-6.452	-6.450	-6.448	-6.446	-6.444	-6.441	-260
-250	-6.441	-6.438	-6.435	-6.432	-6.429	-6.425	-6.421	-6.417	-6.413	-6.408	-6.404	-250
-240	-6.404	-6.399	-6.393	-6.388	-6.382	-6.377	-6.370	-6.364	-6.358	-6.351	-6.344	-240
-230	-6.344	-6.337	-6.329	-6.322	-6.314	-6.306	-6.297	-6.289	-6.280	-6.271	-6.262	-230
-220	-6.262	-6.252	-6.243	-6.233	-6.223	-6.213	-6.202	-6.192	-6.181	-6.170	-6.158	-220
-210	-6.158	-6.147	-6.135	-6.123	-6.111	-6.099	-6.087	-6.074	-6.061	-6.048	-6.035	-210
-200	-6.035	-6.021	-6.007	-5.994	-5.980	-5.965	-5.951	-5.936	-5.922	-5.907	-5.891	-200
-190	-5.891	-5.876	-5.861	-5.845	-5.829	-5.813	-5.797	-5.780	-5.763	-5.747	-5.730	-190
-180	-5.730	-5.713	-5.695	-5.678	-5.660	-5.642	-5.624	-5.606	-5.588	-5.569	-5.550	-180
-170	-5.550	-5.531	-5.512	-5.493	-5.474	-5.454	-5.435	-5.415	-5.395	-5.374	-5.354	-170
-160	-5.354	-5.333	-5.313	-5.292	-5.271	-5.250	-5.228	-5.207	-5.185	-5.163	-5.141	-160
-150	-5.141	-5.119	-5.097	-5.074	-5.052	-5.029	-5.006	-4.983	-4.960	-4.936	-4.913	-150
-140	-4.913	-4.889	-4.865	-4.841	-4.817	-4.793	-4.768	-4.744	-4.719	-4.694	-4.669	-140
-130	-4.669	-4.644	-4.618	-4.593	-4.567	-4.542	-4.516	-4.490	-4.463	-4.437	-4.411	-130
-120	-4.411	-4.384	-4.357	-4.330	-4.303	-4.276	-4.249	-4.221	-4.194	-4.166	-4.138	-120
-110	-4.138	-4.110	-4.082	-4.054	-4.025	-3.997	-3.968	-3.939	-3.911	-3.882	-3.852	-110
-100	-3.852	-3.823	-3.794	-3.764	-3.734	-3.705	-3.675	-3.645	-3.614	-3.584	-3.554	-100
-90	-3.554	-3.523	-3.492	-3.462	-3.431	-3.400	-3.368	-3.337	-3.306	-3.274	-3.243	-90
-80	-3.243	-3.211	-3.179	-3.147	-3.115	-3.083	-3.050	-3.018	-2.986	-2.953	-2.920	-80
-70	-2.920	-2.887	-2.854	-2.821	-2.788	-2.755	-2.721	-2.688	-2.654	-2.620	-2.587	-70
-60	-2.587	-2.553	-2.519	-2.485	-2.450	-2.416	-2.382	-2.347	-2.312	-2.278	-2.243	-60
-50	-2.243	-2.208	-2.173	-2.138	-2.103	-2.067	-2.032	-1.996	-1.961	-1.925	-1.889	-50
-40	-1.889	-1.854	-1.818	-1.782	-1.745	-1.709	-1.673	-1.637	-1.600	-1.564	-1.527	-40
-30	-1.527	-1.490	-1.453	-1.417	-1.380	-1.343	-1.305	-1.268	-1.231	-1.194	-1.156	-30
-20	-1.156	-1.119	-1.081	-1.043	-1.006	-0.968	-0.930	-0.892	-0.854	-0.816	-0.778	-20
-10	-0.778	-0.739	-0.701	-0.663	-0.624	-0.586	-0.547	-0.508	-0.470	-0.431	-0.392	-10
0	-0.392	-0.353	-0.314	-0.275	-0.236	-0.197	-0.157	-0.118	-0.079	-0.039	0.000	0
0	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357	0.397	0
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798	10
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.163	1.203	20
30	1.203	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.530	1.571	1.612	30
40	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023	40
50	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.230	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436	50
60	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.685	2.727	2.768	2.810	2.851	60
70	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.100	3.142	3.184	3.225	3.267	70
80	3.267	3.308	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682	80
90	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096	90
100	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509	100
110	4.509	4.550	4.591	4.633	4.674	4.715	4.756	4.797	4.838	4.879	4.920	110
120	4.920	4.961	5.002	5.043	5.084	5.124	5.165	5.206	5.247	5.288	5.328	120
130	5.328	5.369	5.410	5.450	5.491	5.532	5.572	5.613	5.653	5.694	5.735	130
140	5.735	5.775	5.815	5.856	5.896	5.937	5.977	6.017	6.058	6.098	6.138	140
150	6.138	6.179	6.219	6.259	6.299	6.339	6.380	6.420	6.460	6.500	6.540	150
160	6.540	6.580	6.620	6.660	6.701	6.741	6.781	6.821	6.861	6.901	6.941	160
170	6.941	6.981	7.021	7.060	7.100	7.140	7.180	7.220	7.260	7.300	7.340	170
180	7.340	7.380	7.420	7.460	7.500	7.540	7.579	7.619	7.659	7.699	7.739	180
190	7.739	7.779	7.819	7.859	7.899	7.939	7.979	8.019	8.059	8.099	8.138	190
200	8.138	8.178	8.218	8.258	8.298	8.338	8.378	8.418	8.458	8.499	8.539	200
210	8.539	8.579	8.619	8.659	8.699	8.739	8.779	8.819	8.860	8.900	8.940	210
220	8.940	8.980	9.020	9.061	9.101	9.141	9.181	9.222	9.262	9.302	9.343	220
230	9.343	9.383	9.423	9.464	9.504	9.545	9.585	9.626	9.666	9.707	9.747	230
240	9.747	9.788	9.828	9.869	9.909	9.950	9.991	10.031	10.072	10.113	10.153	240
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
250	10.153	10.194	10.235	10.276	10.316	10.357	10.398	10.439	10.480	10.520	10.561	250
260	10.561	10.602	10.643	10.684	10.725	10.766	10.807	10.848	10.889	10.930	10.971	260
270	10.971	11.012	11.053	11.094	11.135	11.176	11.217	11.259	11.300	11.341	11.382	270
280	11.382	11.423	11.465	11.506	11.547	11.588	11.630	11.671	11.712	11.753	11.795	280
290	11.795	11.836	11.877	11.919	11.960	12.001	12.043	12.084	12.126	12.167	12.209	290
300	12.209	12.250	12.291	12.333	12.374	12.416	12.457	12.499	12.540	12.582	12.624	300
310	12.624	12.665	12.707	12.748	12.790	12.831	12.873	12.915	12.956	12.998	13.040	310
320	13.040	13.081	13.123	13.165	13.206	13.248	13.290	13.331	13.373	13.415	13.457	320
330	13.457	13.498	13.540	13.582	13.624	13.665	13.707	13.749	13.791	13.833	13.874	330
340	13.874	13.916	13.958	14.000	14.042	14.084	14.126	14.167	14.209	14.251	14.293	340
350	14.293	14.335	14.377	14.419	14.461	14.503	14.545	14.587	14.629	14.671	14.713	350
360	14.713	14.755	14.797	14.839	14.881	14.923	14.965	15.007	15.049	15.091	15.133	360
370	15.133	15.175	15.217	15.259	15.301	15.343	15.385	15.427	15.469	15.511	15.554	370
380	15.554	15.596	15.638	15.680	15.722	15.764	15.806	15.849	15.891	15.933	15.975	380
390	15.975	16.017	16.059	16.102	16.144	16.186	16.228	16.270	16.313	16.355	16.397	390
400	16.397	16.439	16.482	16.524	16.566	16.608	16.651	16.693	16.735	16.778	16.820	400
410	16.820	16.862	16.904	16.947	16.989	17.031	17.074	17.116	17.158	17.201	17.243	410
420	17.243	17.285	17.328	17.370	17.413	17.455	17.497	17.540	17.582	17.624	17.667	420
430	17.667	17.709	17.752	17.794	17.837	17.879	17.921	17.964	18.006	18.049	18.091	430
440	18.091	18.134	18.176	18.218	18.261	18.303	18.346	18.388	18.431	18.473	18.516	440
450	18.516	18.558	18.601	18.643	18.686	18.728	18.771	18.813	18.856	18.898	18.941	450
460	18.941	18.983	19.026	19.068	19.111	19.154	19.196	19.239	19.281	19.324	19.366	460
470	19.366	19.409	19.451	19.494	19.537	19.579	19.622	19.664	19.707	19.750	19.792	470
480	19.792	19.835	19.877	19.920	19.962	20.005	20.048	20.090	20.133	20.175	20.218	480
490	20.218	20.261	20.303	20.346	20.389	20.431	20.474	20.516	20.559	20.602	20.644	490
500	20.644	20.687	20.730	20.772	20.815	20.857	20.900	20.943	20.985	21.028	21.071	500
510	21.071	21.113	21.156	21.199	21.241	21.284	21.326	21.369	21.412	21.454	21.497	510
520	21.497	21.540	21.582	21.625	21.668	21.710	21.753	21.796	21.838	21.881	21.924	520
530	21.924	21.966	22.009	22.052	22.094	22.137	22.179	22.222	22.265	22.307	22.350	530
540	22.350	22.393	22.435	22.478	22.521	22.563	22.606	22.649	22.691	22.734	22.776	540
550	22.776	22.819	22.862	22.904	22.947	22.990	23.032	23.075	23.117	23.160	23.203	550
560	23.203	23.245	23.288	23.331	23.373	23.416	23.458	23.501	23.544	23.586	23.629	560
570	23.629	23.671	23.714	23.757	23.799	23.842	23.884	23.927	23.970	24.012	24.055	570
580	24.055	24.097	24.140	24.182	24.225	24.267	24.310	24.353	24.395	24.438	24.480	580
590	24.480	24.523	24.565	24.608	24.650	24.693	24.735	24.778	24.820	24.863	24.905	590
600	24.905	24.948	24.990	25.033	25.075	25.118	25.160	25.203	25.245	25.288	25.330	600
610	25.330	25.373	25.415	25.458	25.500	25.543	25.585	25.627	25.670	25.712	25.755	610
620	25.755	25.797	25.840	25.882	25.924	25.967	26.009	26.052	26.094	26.136	26.179	620
630	26.179	26.221	26.263	26.306	26.348	26.390	26.433	26.475	26.517	26.560	26.602	630
640	26.602	26.644	26.687	26.729	26.771	26.814	26.856	26.898	26.940	26.983	27.025	640
650	27.025	27.067	27.109	27.152	27.194	27.236	27.278	27.320	27.363	27.405	27.447	650
660	27.447	27.489	27.531	27.574	27.616	27.658	27.700	27.742	27.784	27.826	27.869	660
670	27.869	27.911	27.953	27.995	28.037	28.079	28.121	28.163	28.205	28.247	28.289	670
680	28.289	28.332	28.374	28.416	28.458	28.500	28.542	28.584	28.626	28.668	28.710	680
690	28.710	28.752	28.794	28.835	28.877	28.919	28.961	29.003	29.045	29.087	29.129	690
700	29.129	29.171	29.213	29.255	29.297	29.338	29.380	29.422	29.464	29.506	29.548	700
710	29.548	29.589	29.631	29.673	29.715	29.757	29.798	29.840	29.882	29.924	29.965	710
720	29.965	30.007	30.049	30.090	30.132	30.174	30.216	30.257	30.299	30.341	30.382	720
730	30.382	30.424	30.466	30.507	30.549	30.590	30.632	30.674	30.715	30.757	30.798	730
740	30.798	30.840	30.881	30.923	30.964	31.006	31.047	31.089	31.130	31.172	31.213	740
750	31.213	31.255	31.296	31.338	31.379	31.421	31.462	31.504	31.545	31.586	31.628	750
760	31.628	31.669	31.710	31.752	31.793	31.834	31.876	31.917	31.958	32.000	32.041	760
770	32.041	32.082	32.124	32.165	32.206	32.247	32.289	32.330	32.371	32.412	32.453	770
780	32.453	32.495	32.536	32.577	32.618	32.659	32.700	32.742	32.783	32.824	32.865	780
790	32.865	32.906	32.947	32.988	33.029	33.070	33.111	33.152	33.193	33.234	33.275	790
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

°C

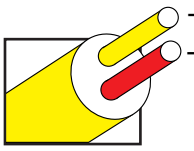
TIPO K

Tablas de referencia NIST Monográfica 175 Revisado para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

Níquel-Cromo vs. Níquel-Aluminio



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA
Grado de termopar
– 328 a 2282 °F
– 200 a 1250 °C
Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C
LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 2.2 °C o 0.75% Superior 0°C 2.2 °C o 2.0% inferior 0 °C
Especial: 1.1 °C o 0.4%
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidado limpio e inerte; Uso Limitado en vacío o Reducción; rango amplio de temperatura; Calibración más popular
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0°C

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
800	33.275	33.316	33.357	33.398	33.439	33.480	33.521	33.562	33.603	33.644	33.685	800
810	33.685	33.726	33.767	33.808	33.848	33.889	33.930	33.971	34.012	34.053	34.093	810
820	34.093	34.134	34.175	34.216	34.257	34.297	34.338	34.379	34.420	34.460	34.501	820
830	34.501	34.542	34.582	34.623	34.664	34.704	34.745	34.786	34.826	34.867	34.908	830
840	34.908	34.948	34.989	35.029	35.070	35.110	35.151	35.192	35.232	35.273	35.313	840
850	35.313	35.354	35.394	35.435	35.475	35.516	35.556	35.596	35.637	35.677	35.718	850
860	35.718	35.758	35.798	35.839	35.879	35.920	35.960	36.000	36.041	36.081	36.121	860
870	36.121	36.162	36.202	36.242	36.282	36.323	36.363	36.403	36.443	36.484	36.524	870
880	36.524	36.564	36.604	36.644	36.685	36.725	36.765	36.805	36.845	36.885	36.925	880
890	36.925	36.965	37.006	37.046	37.086	37.126	37.166	37.206	37.246	37.286	37.326	890
900	37.326	37.366	37.406	37.446	37.486	37.526	37.566	37.606	37.646	37.686	37.725	900
910	37.725	37.765	37.805	37.845	37.885	37.925	37.965	38.005	38.044	38.084	38.124	910
920	38.124	38.164	38.204	38.243	38.283	38.323	38.363	38.402	38.442	38.482	38.522	920
930	38.522	38.561	38.601	38.641	38.680	38.720	38.760	38.799	38.839	38.878	38.918	930
940	38.918	38.958	38.997	39.037	39.076	39.116	39.155	39.195	39.235	39.274	39.314	940
950	39.314	39.353	39.393	39.432	39.471	39.511	39.550	39.590	39.629	39.669	39.708	950
960	39.708	39.747	39.787	39.826	39.866	39.905	39.944	39.984	40.023	40.062	40.101	960
970	40.101	40.141	40.180	40.219	40.259	40.298	40.337	40.376	40.415	40.455	40.494	970
980	40.494	40.533	40.572	40.611	40.651	40.690	40.729	40.768	40.807	40.846	40.885	980
990	40.885	40.924	40.963	41.002	41.042	41.081	41.120	41.159	41.198	41.237	41.276	990
1000	41.276	41.315	41.354	41.393	41.431	41.470	41.509	41.548	41.587	41.626	41.665	1000
1010	41.665	41.704	41.743	41.781	41.820	41.859	41.898	41.937	41.976	42.014	42.053	1010
1020	42.053	42.092	42.131	42.169	42.208	42.247	42.286	42.324	42.363	42.402	42.440	1020
1030	42.440	42.479	42.518	42.556	42.595	42.633	42.672	42.711	42.749	42.788	42.826	1030
1040	42.826	42.865	42.903	42.942	42.980	43.019	43.057	43.096	43.134	43.173	43.211	1040
1050	43.211	43.250	43.288	43.327	43.365	43.403	43.442	43.480	43.518	43.557	43.595	1050
1060	43.595	43.633	43.672	43.710	43.748	43.787	43.825	43.863	43.901	43.940	43.978	1060
1070	43.978	44.016	44.054	44.092	44.130	44.169	44.207	44.245	44.283	44.321	44.359	1070
1080	44.359	44.397	44.435	44.473	44.512	44.550	44.588	44.626	44.664	44.702	44.740	1080
1090	44.740	44.778	44.816	44.853	44.891	44.929	44.967	45.005	45.043	45.081	45.119	1090
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

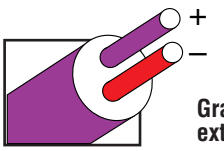
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
1100	45.119	45.157	45.194	45.232	45.270	45.308	45.346	45.383	45.421	45.459	45.497	1100
1110	45.497	45.534	45.572	45.610	45.647	45.685	45.723	45.760	45.798	45.836	45.873	1110
1120	45.873	45.911	45.948	45.986	46.024	46.061	46.099	46.136	46.174	46.211	46.249	1120
1130	46.249	46.286	46.324	46.361	46.398	46.436	46.473	46.511	46.548	46.585	46.623	1130
1140	46.623	46.660	46.697	46.735	46.772	46.809	46.847	46.884	46.921	46.958	46.995	1140
1150	46.995	47.033	47.070	47.107	47.144	47.181	47.218	47.256	47.293	47.330	47.367	1150
1160	47.367	47.404	47.441	47.478	47.515	47.552	47.589	47.626	47.663	47.700	47.737	1160
1170	47.737	47.774	47.811	47.848	47.884	47.921	47.958	47.995	48.032	48.069	48.105	1170
1180	48.105	48.142	48.179	48.216	48.252	48.289	48.326	48.363	48.399	48.436	48.473	1180
1190	48.473	48.509	48.546	48.582	48.619	48.656	48.692	48.729	48.765	48.802	48.838	1190
1200	48.838	48.875	48.911	48.948	48.984	49.021	49.057	49.093	49.130	49.166	49.202	1200
1210	49.202	49.239	49.275	49.311	49.348	49.384	49.420	49.456	49.493	49.529	49.565	1210
1220	49.565	49.601	49.637	49.674	49.710	49.746	49.782	49.818	49.854	49.890	49.926	1220
1230	49.926	49.962	49.998	50.034	50.070	50.106	50.142	50.178	50.214	50.250	50.286	1230
1240	50.286	50.322	50.358	50.393	50.429	50.465	50.501	50.537	50.572	50.608	50.644	1240
1250	50.644	50.680	50.715	50.751	50.787	50.822	50.858	50.894	50.929	50.965	51.000	1250
1260	51.000	51.036	51.071	51.107	51.142	51.178	51.213	51.249	51.284	51.320	51.355	1260
1270	51.355	51.391	51.426	51.461	51.497	51.532	51.567	51.603	51.638	51.673	51.708	1270
1280	51.708	51.744	51.779	51.814	51.849	51.885	51.920	51.955	51.990	52.025	52.060	1280
1290	52.060	52.095	52.130	52.165	52.200	52.235	52.270	52.305	52.340	52.375	52.410	1290
1300	52.410	52.445	52.480	52.515	52.550	52.585	52.620	52.654	52.689	52.724	52.759	1300
1310	52.759	52.794	52.828	52.863	52.898	52.932	52.967	53.002	53.037	53.071	53.106	1310
1320	53.106	53.140	53.175	53.210	53.244	53.279	53.313	53.348	53.382	53.417	53.451	1320
1330	53.451	53.486	53.520	53.555	53.589	53.623	53.658	53.692	53.727	53.761	53.795	1330
1340	53.795	53.830	53.864	53.898	53.932	53.967	54.001	54.035	54.069	54.104	54.138	1340
1350	54.138	54.172	54.206	54.240	54.274	54.308	54.343	54.377	54.411	54.445	54.479	1350
1360	54.479	54.513	54.547	54.581	54.615	54.649	54.683	54.717	54.751	54.785	54.819	1360
1370	54.819	54.852	54.886									1370
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado Termopar
– 328 a 1652°F
– 200 a 900°C
Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C
LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.7 °C o 0.5% Superior 0 °C
1.7 °C o 1.0% Inferior 0 °C
Especial: 1.0 °C o 0.4%
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; Uso Limitado en vacío o reducción; Mayor Cambio EMF por Grado
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

°C

Níquel-Cromo vs. Cobre-Níquel



Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

Código de color IEC
Código de color ANSI

TIPO E

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C
-260	-9.835	-9.833	-9.831	-9.828	-9.825	-9.821	-9.817	-9.813	-9.808	-9.802	-9.797	-260
-250	-9.797	-9.790	-9.784	-9.777	-9.770	-9.762	-9.754	-9.746	-9.737	-9.728	-9.718	-250
-240	-9.718	-9.709	-9.698	-9.688	-9.677	-9.666	-9.654	-9.642	-9.630	-9.617	-9.604	-240
-230	-9.604	-9.591	-9.577	-9.563	-9.548	-9.534	-9.519	-9.503	-9.487	-9.471	-9.455	-230
-220	-9.455	-9.438	-9.421	-9.404	-9.386	-9.368	-9.350	-9.331	-9.313	-9.293	-9.274	-220
-210	-9.274	-9.254	-9.234	-9.214	-9.193	-9.172	-9.151	-9.129	-9.107	-9.085	-9.063	-210
-200	-9.063	-9.040	-9.017	-8.994	-8.971	-8.947	-8.923	-8.899	-8.874	-8.850	-8.825	-200
-190	-8.825	-8.799	-8.774	-8.748	-8.722	-8.696	-8.669	-8.643	-8.616	-8.588	-8.561	-190
-180	-8.561	-8.533	-8.505	-8.477	-8.449	-8.420	-8.391	-8.362	-8.333	-8.303	-8.273	-180
-170	-8.273	-8.243	-8.213	-8.183	-8.152	-8.121	-8.090	-8.059	-8.027	-7.995	-7.963	-170
-160	-7.963	-7.931	-7.899	-7.866	-7.833	-7.800	-7.767	-7.733	-7.700	-7.666	-7.632	-160
-150	-7.632	-7.597	-7.563	-7.528	-7.493	-7.458	-7.423	-7.387	-7.351	-7.315	-7.279	-150
-140	-7.279	-7.243	-7.206	-7.170	-7.133	-7.096	-7.058	-7.021	-6.983	-6.945	-6.907	-140
-130	-6.907	-6.869	-6.831	-6.792	-6.753	-6.714	-6.675	-6.636	-6.596	-6.556	-6.516	-130
-120	-6.516	-6.476	-6.436	-6.396	-6.355	-6.314	-6.273	-6.232	-6.191	-6.149	-6.107	-120
-110	-6.107	-6.065	-6.023	-5.981	-5.939	-5.896	-5.853	-5.810	-5.767	-5.724	-5.681	-110
-100	-5.681	-5.637	-5.593	-5.549	-5.505	-5.461	-5.417	-5.372	-5.327	-5.282	-5.237	-100
-90	-5.237	-5.192	-5.147	-5.101	-5.055	-5.009	-4.963	-4.917	-4.871	-4.824	-4.777	-90
-80	-4.777	-4.731	-4.684	-4.636	-4.589	-4.542	-4.494	-4.446	-4.398	-4.350	-4.302	-80
-70	-4.302	-4.254	-4.205	-4.156	-4.107	-4.058	-4.009	-3.960	-3.911	-3.861	-3.811	-70
-60	-3.811	-3.761	-3.711	-3.661	-3.611	-3.561	-3.510	-3.459	-3.408	-3.357	-3.306	-60
-50	-3.306	-3.255	-3.204	-3.152	-3.100	-3.048	-2.996	-2.944	-2.892	-2.840	-2.787	-50
-40	-2.787	-2.735	-2.682	-2.629	-2.576	-2.523	-2.469	-2.416	-2.362	-2.309	-2.255	-40
-30	-2.255	-2.201	-2.147	-2.093	-2.038	-1.984	-1.929	-1.874	-1.820	-1.765	-1.709	-30
-20	-1.709	-1.654	-1.599	-1.543	-1.488	-1.432	-1.376	-1.320	-1.264	-1.208	-1.152	-20
-10	-1.152	-1.095	-1.039	-0.982	-0.925	-0.868	-0.811	-0.754	-0.697	-0.639	-0.582	-10
0	-0.582	-0.524	-0.466	-0.408	-0.350	-0.292	-0.234	-0.176	-0.117	-0.059	0.000	0
0	0.000	0.059	0.118	0.176	0.235	0.294	0.354	0.413	0.472	0.532	0.591	0
10	0.591	0.651	0.711	0.770	0.830	0.890	0.950	1.010	1.071	1.131	1.192	10
20	1.192	1.252	1.313	1.373	1.434	1.495	1.556	1.617	1.678	1.740	1.801	20
30	1.801	1.862	1.924	1.986	2.047	2.109	2.171	2.233	2.295	2.357	2.420	30
40	2.420	2.482	2.545	2.607	2.670	2.733	2.795	2.858	2.921	2.984	3.048	40
50	3.048	3.111	3.174	3.238	3.301	3.365	3.429	3.492	3.556	3.620	3.685	50
60	3.685	3.749	3.813	3.877	3.942	4.006	4.071	4.136	4.200	4.265	4.330	60
70	4.330	4.395	4.460	4.526	4.591	4.656	4.722	4.788	4.853	4.919	4.985	70
80	4.985	5.051	5.117	5.183	5.249	5.315	5.382	5.448	5.514	5.581	5.648	80
90	5.648	5.714	5.781	5.848	5.915	5.982	6.049	6.117	6.184	6.251	6.319	90
100	6.319	6.386	6.454	6.522	6.590	6.658	6.725	6.794	6.862	6.930	6.998	100
110	6.998	7.066	7.135	7.203	7.272	7.341	7.409	7.478	7.547	7.616	7.685	110
120	7.685	7.754	7.823	7.892	7.962	8.031	8.101	8.170	8.240	8.309	8.379	120
130	8.379	8.449	8.519	8.589	8.659	8.729	8.799	8.869	8.940	9.010	9.081	130
140	9.081	9.151	9.222	9.292	9.363	9.434	9.505	9.576	9.647	9.718	9.789	140
150	9.789	9.860	9.931	10.003	10.074	10.145	10.217	10.288	10.360	10.432	10.503	150
160	10.503	10.575	10.647	10.719	10.791	10.863	10.935	11.007	11.080	11.152	11.224	160
170	11.224	11.297	11.369	11.442	11.514	11.587	11.660	11.733	11.805	11.878	11.951	170
180	11.951	12.024	12.097	12.170	12.243	12.317	12.390	12.463	12.537	12.610	12.684	180
190	12.684	12.757	12.831	12.904	12.978	13.052	13.126	13.199	13.273	13.347	13.421	190
200	13.421	13.495	13.569	13.644	13.718	13.792	13.866	13.941	14.015	14.090	14.164	200
210	14.164	14.239	14.313	14.388	14.463	14.537	14.612	14.687	14.762	14.837	14.912	210
220	14.912	14.987	15.062	15.137	15.212	15.287	15.362	15.438	15.513	15.588	15.664	220
230	15.664	15.739	15.815	15.890	15.966	16.041	16.117	16.193	16.269	16.344	16.420	230
240	16.420	16.496	16.572	16.648	16.724	16.800	16.876	16.952	17.028	17.104	17.181	240
250	17.181	17.257	17.333	17.409	17.486	17.562	17.639	17.715	17.792	17.868	17.945	250
260	17.945	18.021	18.098	18.175	18.252	18.328	18.405	18.482	18.559	18.636	18.713	260
270	18.713	18.790	18.867	18.944	19.021	19.098	19.175	19.252	19.330	19.407	19.484	270
280	19.484	19.561	19.639	19.716	19.794	19.871	19.948	20.026	20.103	20.181	20.259	280
290	20.259	20.336	20.414	20.492	20.569	20.647	20.725	20.803	20.880	20.958	21.036	290
300	21.036	21.114	21.192	21.270	21.348	21.426	21.504	21.582	21.660	21.739	21.817	300
310	21.817	21.895	21.973	22.051	22.130	22.208	22.286	22.365	22.443	22.522	22.600	310
320	22.600	22.678	22.757	22.835	22.914	22.993	23.071	23.150	23.228	23.307	23.386	320
330	23.386	23.464	23.543	23.622	23.701	23.780	23.858	23.937	24.016	24.095	24.174	330
340	24.174	24.253	24.332	24.411	24.490	24.569	24.648	24.727	24.806	24.885	24.964	340

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
350	24.964	25.044	25.123	25.202	25.281	25.360	25.440	25.519	25.598	25.678	25.757	350
360	25.757	25.836	25.916	25.995	26.075	26.154	26.233	26.313	26.392	26.472	26.552	360
370	26.552	26.631	26.711	26.790	26.870	26.950	27.029	27.109	27.189	27.268	27.348	370
380	27.348	27.428	27.507	27.587	27.667	27.747	27.827	27.907	27.986	28.066	28.146	380
390	28.146	28.226	28.306	28.386	28.466	28.546	28.626	28.706	28.786	28.866	28.946	390
400	28.946	29.026	29.106	29.186	29.266	29.346	29.427	29.507	29.587	29.667	29.747	400
410	29.747	29.827	29.908	29.988	30.068	30.148	30.229	30.309	30.389	30.470	30.550	410
420	30.550	30.630	30.711	30.791	30.871	30.952	31.032	31.112	31.193	31.273	31.354	420
430	31.354	31.434	31.515	31.595	31.676	31.756	31.837	31.917	31.998	32.078	32.159	430
440	32.159	32.239	32.320	32.400	32.481	32.562	32.642	32.723	32.803	32.884	32.965	440
450	32.965	33.045	33.126	33.207	33.287	33.368	33.449	33.529	33.610	33.691	33.772	450
460	33.772	33.852	33.933	34.014	34.095	34.175	34.256	34.337	34.418	34.498	34.579	460
470	34.579	34.660	34.741	34.822	34.902	34.983	35.064	35.145	35.226	35.307	35.387	470
480	35.387	35.468	35.549	35.630	35.711	35.792	35.873	35.954	36.034	36.115	36.196	480
490	36.196	36.277	36.358	36.439	36.520	36.601	36.682	36.763	36.843	36.924	37.005	490
500	37.005	37.086	37.167	37.248	37.329	37.410	37.491	37.572	37.653	37.734	37.815	500
510	37.815	37.896	37.977	38.058	38.139	38.220	38.300	38.381	38.462	38.543	38.624	510
520	38.624	38.705	38.786	38.867	38.948	39.029	39.110	39.191	39.272	39.353	39.434	520
530	39.434	39.515	39.596	39.677	39.758	39.839	39.920	40.001	40.082	40.163	40.243	530
540	40.243	40.324	40.405	40.486	40.567	40.648	40.729	40.810	40.891	40.972	41.053	540
550	41.053	41.134	41.215	41.296	41.377	41.457	41.538	41.619	41.700	41.781	41.862	550
560	41.862	41.943	42.024	42.105	42.185	42.266	42.347	42.428	42.509	42.590	42.671	560
570	42.671	42.751	42.832	42.913	42.994	43.075	43.156	43.236	43.317	43.398	43.479	570
580	43.479	43.560	43.640	43.721	43.802	43.883	43.963	44.044	44.125	44.206	44.286	580
590	44.286	44.367	44.448	44.529	44.609	44.690	44.771	44.851	44.932	45.013	45.093	590
600	45.093	45.174	45.255	45.335	45.416	45.497	45.577	45.658	45.738	45.819	45.900	600
610	45.900	45.980	46.061	46.141	46.222	46.302	46.383	46.463	46.544	46.624	46.705	610
620	46.705	46.785	46.866	46.946	47.027	47.107	47.188	47.268	47.349	47.429	47.509	620
630	47.509	47.590	47.670	47.751	47.831	47.911	47.992	48.072	48.152	48.233	48.313	630
640	48.313	48.393	48.474	48.554	48.634	48.715	48.795	48.875	48.955	49.035	49.116	640
650	49.116	49.196	49.276	49.356	49.436	49.517	49.597	49.677	49.757	49.837	49.917	650
660	49.917	49.997	50.077	50.157	50.238	50.318	50.398	50.478	50.558	50.638	50.718	660
670	50.718	50.798	50.878	50.958	51.038	51.118	51.197	51.277	51.357	51.437	51.517	670
680	51.517	51.597	51.677	51.757	51.837	51.916	51.996	52.076	52.156	52.236	52.315	680
690	52.315	52.395	52.475	52.555	52.634	52.714	52.794	52.873	52.953	53.033	53.112	690
700	53.112	53.192	53.272	53.351	53.431	53.510	53.590	53.670	53.749	53.829	53.908	700
710	53.908	53.988	54.067	54.147	54.226	54.306	54.385	54.465	54.544	54.624	54.703	710
720	54.703	54.782	54.862	54.941	55.021	55.100	55.179	55.259	55.338	55.417	55.497	720
730	55.497	55.576	55.655	55.734	55.814	55.893	55.972	56.051	56.131	56.210	56.289	730
740	56.289	56.368	56.447	56.526	56.606	56.685	56.764	56.843	56.922	57.001	57.080	740
750	57.080	57.159	57.238	57.317	57.396	57.475	57.554	57.633	57.712	57.791	57.870	750
760	57.870	57.949	58.028	58.107	58.186	58.265	58.343	58.422	58.501	58.580	58.659	760
770	58.659	58.738	58.816	58.895	58.974	59.053	59.131	59.210	59.289	59.367	59.446	770
780	59.446	59.525	59.604	59.682	59.761	59.839	59.918	59.997	60.075	60.154	60.232	780
790	60.232	60.311	60.390	60.468	60.547	60.625	60.704	60.782	60.860	60.939	61.017	790
800	61.017	61.096	61.174	61.253	61.331	61.409	61.488	61.566	61.644	61.723	61.801	800
810	61.801	61.879	61.958	62.036	62.114	62.192	62.271	62.349	62.427	62.505	62.583	810
820	62.583	62.662	62.740	62.818	62.896	62.974	63.052	63.130	63.208	63.286	63.364	820
830	63.364	63.442	63.520	63.598	63.676	63.754	63.832	63.910	63.988	64.066	64.144	830
840	64.144	64.222	64.300	64.377	64.455	64.533	64.611	64.689	64.766	64.844	64.922	840
850	64.922	65.000	65.077	65.155	65.233	65.310	65.388	65.465	65.543	65.621	65.698	850
860	65.698	65.776	65.853	65.931	66.008	66.086	66.163	66.241	66.318	66.396	66.473	860
870	66.473	66.550	66.628	66.705	66.782	66.860	66.937	67.014	67.092	67.169	67.246	870
880	67.246	67.323	67.400	67.478	67.555	67.632	67.709	67.786	67.863	67.940	68.017	880
890	68.017	68.094	68.171	68.248	68.325	68.402	68.479	68.556	68.633	68.710	68.787	890
900	68.787	68.863	68.940	69.017	69.094	69.171	69.247	69.324	69.401	69.477	69.554	900
910	69.554	69.631	69.707	69.784	69.860	69.937	70.013	70.090	70.166	70.243	70.319	910
920	70.319	70.396	70.472	70.548	70.625	70.701	70.777	70.854	70.930	71.006	71.082	920
930	71.082	71.159	71.235	71.311	71.387	71.463	71.539	71.615	71.692	71.768	71.844	930
940	71.844	71.920	71.996	72.072	72.147	72.223	72.299	72.375	72.451	72.527	72.603	940
950	72.603	72.678	72.754	72.830	72.906	72.981	73.057	73.133	73.208	73.284	73.360	950
960	73.360	73.435	73.511	73.586	73.662	73.738	73.813	73.889	73.964	74.040	74.115	960
970	74.115	74.190	74.266	74.341	74.417	74.492	74.567	74.643	74.718	74.793	74.869	970
980	74.869	74.944	75.019	75.095	75.170	75.245	75.320	75.395	75.471	75.546	75.621	980
990	75.621	75.696	75.771	75.847	75.922	75.997	76.072	76.147	76.223	76.298	76.373	990

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

°C

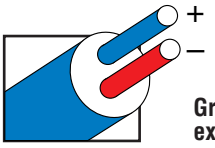
TIPO T

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

Cobre vs. Cobre-Níquel



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA
Grado de Termopar
– 328 a 662 °F
– 200 a 350 °C
Grado de extensión
– 76 a 212 °F
– 60 a 100 °C
LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.0 °C o 0.75% Superior 0 °C 1.0 °C o 1.5% Inferior 0 °C
Especial: 0.5 °C o 0.4%
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidantes suaves, Reducción en vacío o inerte; Bueno cuando existe humedad; Baja temperatura y criogénicas
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C
-260	-6.258	-6.256	-6.255	-6.253	-6.251	-6.248	-6.245	-6.242	-6.239	-6.236	-6.232	-260
-250	-6.232	-6.228	-6.223	-6.219	-6.214	-6.209	-6.204	-6.198	-6.193	-6.187	-6.180	-250
-240	-6.180	-6.174	-6.167	-6.160	-6.153	-6.146	-6.138	-6.130	-6.122	-6.114	-6.105	-240
-230	-6.105	-6.096	-6.087	-6.078	-6.068	-6.059	-6.049	-6.038	-6.028	-6.017	-6.007	-230
-220	-6.007	-5.996	-5.985	-5.973	-5.962	-5.950	-5.938	-5.926	-5.914	-5.901	-5.888	-220
-210	-5.888	-5.876	-5.863	-5.850	-5.836	-5.823	-5.809	-5.795	-5.782	-5.767	-5.753	-210
-200	-5.753	-5.739	-5.724	-5.710	-5.695	-5.680	-5.665	-5.650	-5.634	-5.619	-5.603	-200
-190	-5.603	-5.587	-5.571	-5.555	-5.539	-5.523	-5.506	-5.489	-5.473	-5.456	-5.439	-190
-180	-5.439	-5.421	-5.404	-5.387	-5.369	-5.351	-5.334	-5.316	-5.297	-5.279	-5.261	-180
-170	-5.261	-5.242	-5.224	-5.205	-5.186	-5.167	-5.148	-5.128	-5.109	-5.089	-5.070	-170
-160	-5.070	-5.050	-5.030	-5.010	-4.989	-4.969	-4.949	-4.928	-4.907	-4.886	-4.865	-160
-150	-4.865	-4.844	-4.823	-4.802	-4.780	-4.759	-4.737	-4.715	-4.693	-4.671	-4.648	-150
-140	-4.648	-4.626	-4.604	-4.581	-4.558	-4.535	-4.512	-4.489	-4.466	-4.443	-4.419	-140
-130	-4.419	-4.395	-4.372	-4.348	-4.324	-4.300	-4.275	-4.251	-4.226	-4.202	-4.177	-130
-120	-4.177	-4.152	-4.127	-4.102	-4.077	-4.052	-4.026	-4.000	-3.975	-3.949	-3.923	-120
-110	-3.923	-3.897	-3.871	-3.844	-3.818	-3.791	-3.765	-3.738	-3.711	-3.684	-3.657	-110
-100	-3.657	-3.629	-3.602	-3.574	-3.547	-3.519	-3.491	-3.463	-3.435	-3.407	-3.379	-100
-90	-3.379	-3.350	-3.322	-3.293	-3.264	-3.235	-3.206	-3.177	-3.148	-3.118	-3.089	-90
-80	-3.089	-3.059	-3.030	-3.000	-2.970	-2.940	-2.910	-2.879	-2.849	-2.818	-2.788	-80
-70	-2.788	-2.757	-2.726	-2.695	-2.664	-2.633	-2.602	-2.571	-2.539	-2.507	-2.476	-70
-60	-2.476	-2.444	-2.412	-2.380	-2.348	-2.316	-2.283	-2.251	-2.218	-2.186	-2.153	-60
-50	-2.153	-2.120	-2.087	-2.054	-2.021	-1.987	-1.954	-1.920	-1.887	-1.853	-1.819	-50
-40	-1.819	-1.785	-1.751	-1.717	-1.683	-1.648	-1.614	-1.579	-1.545	-1.510	-1.475	-40
-30	-1.475	-1.440	-1.405	-1.370	-1.335	-1.299	-1.264	-1.228	-1.192	-1.157	-1.121	-30
-20	-1.121	-1.085	-1.049	-1.013	-0.976	-0.940	-0.904	-0.867	-0.830	-0.794	-0.757	-20
-10	-0.757	-0.720	-0.683	-0.646	-0.608	-0.571	-0.534	-0.496	-0.459	-0.421	-0.383	-10
0	-0.383	-0.345	-0.307	-0.269	-0.231	-0.193	-0.154	-0.116	-0.077	-0.039	0.000	0
0	0.000	0.039	0.078	0.117	0.156	0.195	0.234	0.273	0.312	0.352	0.391	0
10	0.391	0.431	0.470	0.510	0.549	0.589	0.629	0.669	0.709	0.749	0.790	10
20	0.790	0.830	0.870	0.911	0.951	0.992	1.033	1.074	1.114	1.155	1.196	20
30	1.196	1.238	1.279	1.320	1.362	1.403	1.445	1.486	1.528	1.570	1.612	30
40	1.612	1.654	1.696	1.738	1.780	1.823	1.865	1.908	1.950	1.993	2.036	40
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
50	2.036	2.079	2.122	2.165	2.208	2.251	2.294	2.338	2.381	2.425	2.468	50
60	2.468	2.512	2.556	2.600	2.643	2.687	2.732	2.776	2.820	2.864	2.909	60
70	2.909	2.953	2.998	3.043	3.087	3.132	3.177	3.222	3.267	3.312	3.358	70
80	3.358	3.403	3.448	3.494	3.539	3.585	3.631	3.677	3.722	3.768	3.814	80
90	3.814	3.860	3.907	3.953	3.999	4.046	4.092	4.138	4.185	4.232	4.279	90
100	4.279	4.325	4.372	4.419	4.466	4.513	4.561	4.608	4.655	4.702	4.750	100
110	4.750	4.798	4.845	4.893	4.941	4.988	5.036	5.084	5.132	5.180	5.228	110
120	5.228	5.277	5.325	5.373	5.422	5.470	5.519	5.567	5.616	5.665	5.714	120
130	5.714	5.763	5.812	5.861	5.910	5.959	6.008	6.057	6.107	6.156	6.206	130
140	6.206	6.255	6.305	6.355	6.404	6.454	6.504	6.554	6.604	6.654	6.704	140
150	6.704	6.754	6.805	6.855	6.905	6.956	7.006	7.057	7.107	7.158	7.209	150
160	7.209	7.260	7.310	7.361	7.412	7.463	7.515	7.566	7.617	7.668	7.720	160
170	7.720	7.771	7.823	7.874	7.926	7.977	8.029	8.081	8.133	8.185	8.237	170
180	8.237	8.289	8.341	8.393	8.445	8.497	8.550	8.602	8.654	8.707	8.759	180
190	8.759	8.812	8.865	8.917	8.970	9.023	9.076	9.129	9.182	9.235	9.288	190
200	9.288	9.341	9.395	9.448	9.501	9.555	9.608	9.662	9.715	9.769	9.822	200
210	9.822	9.876	9.930	9.984	10.038	10.092	10.146	10.200	10.254	10.308	10.362	210
220	10.362	10.417	10.471	10.525	10.580	10.634	10.689	10.743	10.798	10.853	10.907	220
230	10.907	10.962	11.017	11.072	11.127	11.182	11.237	11.292	11.347	11.403	11.458	230
240	11.458	11.513	11.569	11.624	11.680	11.735	11.791	11.846	11.902	11.958	12.013	240
250	12.013	12.069	12.125	12.181	12.237	12.293	12.349	12.405	12.461	12.518	12.574	250
260	12.574	12.630	12.687	12.743	12.799	12.856	12.912	12.969	13.026	13.082	13.139	260
270	13.139	13.196	13.253	13.310	13.366	13.423	13.480	13.537	13.595	13.652	13.709	270
280	13.709	13.766	13.823	13.881	13.938	13.995	14.053	14.110	14.168	14.226	14.283	280
290	14.283	14.341	14.399	14.456	14.514	14.572	14.630	14.688	14.746	14.804	14.862	290
300	14.862	14.920	14.978	15.036	15.095	15.153	15.211	15.270	15.328	15.386	15.445	300
310	15.445	15.503	15.562	15.621	15.679	15.738	15.797	15.856	15.914	15.973	16.032	310
320	16.032	16.091	16.150	16.209	16.268	16.327	16.387	16.446	16.505	16.564	16.624	320
330	16.624	16.683	16.742	16.802	16.861	16.921	16.980	17.040	17.100	17.159	17.219	330
340	17.219	17.279	17.339	17.399	17.458	17.518	17.578	17.638	17.698	17.759	17.819	340
350	17.819	17.879	17.939	17.999	18.060	18.120	18.180	18.241	18.301	18.362	18.422	350
360	18.422	18.483	18.543	18.604	18.665	18.725	18.786	18.847	18.908	18.969	19.030	360
370	19.030	19.091	19.152	19.213	19.274	19.335	19.396	19.457	19.518	19.579	19.641	370
380	19.641	19.702	19.763	19.825	19.886	19.947	20.009	20.070	20.132	20.193	20.255	380
390	20.255	20.317	20.378	20.440	20.502	20.563	20.625	20.687	20.748	20.810	20.872	390
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 a 2642 °F
0 a 1450 °C

Grado de extensión
32 a 300 °F
0 a 150 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.5 °C o 0.25%
Especial: 0.6 °C o 0.1%

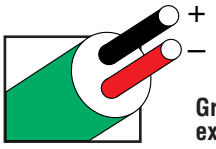
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:

Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura

TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0°C

°C

Platino-10% Rodio vs. Platino



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO S

Tabla de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C
-40	-0.236	-0.232	-0.228	-0.224	-0.219	-0.215	-0.211	-0.207	-0.203	-0.199	-0.194	-40
-30	-0.194	-0.190	-0.186	-0.181	-0.177	-0.173	-0.168	-0.164	-0.159	-0.155	-0.150	-30
-20	-0.150	-0.146	-0.141	-0.136	-0.132	-0.127	-0.122	-0.117	-0.113	-0.108	-0.103	-20
-10	-0.103	-0.098	-0.093	-0.088	-0.083	-0.078	-0.073	-0.068	-0.063	-0.058	-0.053	-10
0	-0.053	-0.048	-0.042	-0.037	-0.032	-0.027	-0.021	-0.016	-0.011	-0.005	0.000	0
0	0.000	0.005	0.011	0.016	0.022	0.027	0.033	0.038	0.044	0.050	0.055	0
10	0.055	0.061	0.067	0.072	0.078	0.084	0.090	0.095	0.101	0.107	0.113	10
20	0.113	0.119	0.125	0.131	0.137	0.143	0.149	0.155	0.161	0.167	0.173	20
30	0.173	0.179	0.185	0.191	0.197	0.204	0.210	0.216	0.222	0.229	0.235	30
40	0.235	0.241	0.248	0.254	0.260	0.267	0.273	0.280	0.286	0.292	0.299	40
50	0.299	0.305	0.312	0.319	0.325	0.332	0.338	0.345	0.352	0.358	0.365	50
60	0.365	0.372	0.378	0.385	0.392	0.399	0.405	0.412	0.419	0.426	0.433	60
70	0.433	0.440	0.446	0.453	0.460	0.467	0.474	0.481	0.488	0.495	0.502	70
80	0.502	0.509	0.516	0.523	0.530	0.538	0.545	0.552	0.559	0.566	0.573	80
90	0.573	0.580	0.588	0.595	0.602	0.609	0.617	0.624	0.631	0.639	0.646	90
100	0.646	0.653	0.661	0.668	0.675	0.683	0.690	0.698	0.705	0.713	0.720	100
110	0.720	0.727	0.735	0.743	0.750	0.758	0.765	0.773	0.780	0.788	0.795	110
120	0.795	0.803	0.811	0.818	0.826	0.834	0.841	0.849	0.857	0.865	0.872	120
130	0.872	0.880	0.888	0.896	0.903	0.911	0.919	0.927	0.935	0.942	0.950	130
140	0.950	0.958	0.966	0.974	0.982	0.990	0.998	1.006	1.013	1.021	1.029	140
150	1.029	1.037	1.045	1.053	1.061	1.069	1.077	1.085	1.094	1.102	1.110	150
160	1.110	1.118	1.126	1.134	1.142	1.150	1.158	1.167	1.175	1.183	1.191	160
170	1.191	1.199	1.207	1.216	1.224	1.232	1.240	1.249	1.257	1.265	1.273	170
180	1.273	1.282	1.290	1.298	1.307	1.315	1.323	1.332	1.340	1.348	1.357	180
190	1.357	1.365	1.373	1.382	1.390	1.399	1.407	1.415	1.424	1.432	1.441	190
200	1.441	1.449	1.458	1.466	1.475	1.483	1.492	1.500	1.509	1.517	1.526	200
210	1.526	1.534	1.543	1.551	1.560	1.569	1.577	1.586	1.594	1.603	1.612	210
220	1.612	1.620	1.629	1.638	1.646	1.655	1.663	1.672	1.681	1.690	1.698	220
230	1.698	1.707	1.716	1.724	1.733	1.742	1.751	1.759	1.768	1.777	1.786	230
240	1.786	1.794	1.803	1.812	1.821	1.829	1.838	1.847	1.856	1.865	1.874	240
250	1.874	1.882	1.891	1.900	1.909	1.918	1.927	1.936	1.944	1.953	1.962	250
260	1.962	1.971	1.980	1.989	1.998	2.007	2.016	2.025	2.034	2.043	2.052	260
270	2.052	2.061	2.070	2.078	2.087	2.096	2.105	2.114	2.123	2.132	2.141	270
280	2.141	2.151	2.160	2.169	2.178	2.187	2.196	2.205	2.214	2.223	2.232	280
290	2.232	2.241	2.250	2.259	2.268	2.277	2.287	2.296	2.305	2.314	2.323	290
300	2.323	2.332	2.341	2.350	2.360	2.369	2.378	2.387	2.396	2.405	2.415	300
310	2.415	2.424	2.433	2.442	2.451	2.461	2.470	2.479	2.488	2.497	2.507	310
320	2.507	2.516	2.525	2.534	2.544	2.553	2.562	2.571	2.581	2.590	2.599	320
330	2.599	2.609	2.618	2.627	2.636	2.646	2.655	2.664	2.674	2.683	2.692	330
340	2.692	2.702	2.711	2.720	2.730	2.739	2.748	2.758	2.767	2.776	2.786	340
350	2.786	2.795	2.805	2.814	2.823	2.833	2.842	2.851	2.861	2.870	2.880	350
360	2.880	2.889	2.899	2.908	2.917	2.927	2.936	2.946	2.955	2.965	2.974	360
370	2.974	2.983	2.993	3.002	3.012	3.021	3.031	3.040	3.050	3.059	3.069	370
380	3.069	3.078	3.088	3.097	3.107	3.116	3.126	3.135	3.145	3.154	3.164	380
390	3.164	3.173	3.183	3.192	3.202	3.212	3.221	3.231	3.240	3.250	3.259	390
400	3.259	3.269	3.279	3.288	3.298	3.307	3.317	3.326	3.336	3.346	3.355	400
410	3.355	3.365	3.374	3.384	3.394	3.403	3.413	3.423	3.432	3.442	3.451	410
420	3.451	3.461	3.471	3.480	3.490	3.500	3.509	3.519	3.529	3.538	3.548	420
430	3.548	3.558	3.567	3.577	3.587	3.596	3.606	3.616	3.626	3.635	3.645	430
440	3.645	3.655	3.664	3.674	3.684	3.694	3.703	3.713	3.723	3.732	3.742	440
450	3.742	3.752	3.762	3.771	3.781	3.791	3.801	3.810	3.820	3.830	3.840	450
460	3.840	3.850	3.859	3.869	3.879	3.889	3.898	3.908	3.918	3.928	3.938	460
470	3.938	3.947	3.957	3.967	3.977	3.987	3.997	4.006	4.016	4.026	4.036	470
480	4.036	4.046	4.056	4.065	4.075	4.085	4.095	4.105	4.115	4.125	4.134	480
490	4.134	4.144	4.154	4.164	4.174	4.184	4.194	4.204	4.213	4.223	4.233	490
500	4.233	4.243	4.253	4.263	4.273	4.283	4.293	4.303	4.313	4.323	4.332	500
510	4.332	4.342	4.352	4.362	4.372	4.382	4.392	4.402	4.412	4.422	4.432	510
520	4.432	4.442	4.452	4.462	4.472	4.482	4.492	4.502	4.512	4.522	4.532	520
530	4.532	4.542	4.552	4.562	4.572	4.582	4.592	4.602	4.612	4.622	4.632	530
540	4.632	4.642	4.652	4.662	4.672	4.682	4.692	4.702	4.712	4.722	4.732	540

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
550	4.732	4.742	4.752	4.762	4.772	4.782	4.793	4.803	4.813	4.823	4.833	550
560	4.833	4.843	4.853	4.863	4.873	4.883	4.893	4.904	4.914	4.924	4.934	560
570	4.934	4.944	4.954	4.964	4.974	4.984	4.995	5.005	5.015	5.025	5.035	570
580	5.035	5.045	5.055	5.066	5.076	5.086	5.096	5.106	5.116	5.127	5.137	580
590	5.137	5.147	5.157	5.167	5.178	5.188	5.198	5.208	5.218	5.228	5.239	590
600	5.239	5.249	5.259	5.269	5.280	5.290	5.300	5.310	5.320	5.331	5.341	600
610	5.341	5.351	5.361	5.372	5.382	5.392	5.402	5.413	5.423	5.433	5.443	610
620	5.443	5.454	5.464	5.474	5.485	5.495	5.505	5.515	5.526	5.536	5.546	620
630	5.546	5.557	5.567	5.577	5.588	5.598	5.608	5.618	5.629	5.639	5.649	630
640	5.649	5.660	5.670	5.680	5.691	5.701	5.712	5.722	5.732	5.743	5.753	640
650	5.753	5.763	5.774	5.784	5.794	5.805	5.815	5.826	5.836	5.846	5.857	650
660	5.857	5.867	5.878	5.888	5.898	5.909	5.919	5.930	5.940	5.950	5.961	660
670	5.961	5.971	5.982	5.992	6.003	6.013	6.024	6.034	6.044	6.055	6.065	670
680	6.065	6.076	6.086	6.097	6.107	6.118	6.128	6.139	6.149	6.160	6.170	680
690	6.170	6.181	6.191	6.202	6.212	6.223	6.233	6.244	6.254	6.265	6.275	690
700	6.275	6.286	6.296	6.307	6.317	6.328	6.338	6.349	6.360	6.370	6.381	700
710	6.381	6.391	6.402	6.412	6.423	6.434	6.444	6.455	6.465	6.476	6.486	710
720	6.486	6.497	6.508	6.518	6.529	6.539	6.550	6.561	6.571	6.582	6.593	720
730	6.593	6.603	6.614	6.624	6.635	6.646	6.656	6.667	6.678	6.688	6.699	730
740	6.699	6.710	6.720	6.731	6.742	6.752	6.763	6.774	6.784	6.795	6.806	740
750	6.806	6.817	6.827	6.838	6.849	6.859	6.870	6.881	6.892	6.902	6.913	750
760	6.913	6.924	6.934	6.945	6.956	6.967	6.977	6.988	6.999	7.010	7.020	760
770	7.020	7.031	7.042	7.053	7.064	7.074	7.085	7.096	7.107	7.117	7.128	770
780	7.128	7.139	7.150	7.161	7.172	7.182	7.193	7.204	7.215	7.226	7.236	780
790	7.236	7.247	7.258	7.269	7.280	7.291	7.302	7.312	7.323	7.334	7.345	790
800	7.345	7.356	7.367	7.378	7.388	7.399	7.410	7.421	7.432	7.443	7.454	800
810	7.454	7.465	7.476	7.487	7.497	7.508	7.519	7.530	7.541	7.552	7.563	810
820	7.563	7.574	7.585	7.596	7.607	7.618	7.629	7.640	7.651	7.662	7.673	820
830	7.673	7.684	7.695	7.706	7.717	7.728	7.739	7.750	7.761	7.772	7.783	830
840	7.783	7.794	7.805	7.816	7.827	7.838	7.849	7.860	7.871	7.882	7.893	840
850	7.893	7.904	7.915	7.926	7.937	7.948	7.959	7.970	7.981	7.992	8.003	850
860	8.003	8.014	8.026	8.037	8.048	8.059	8.070	8.081	8.092	8.103	8.114	860
870	8.114	8.125	8.137	8.148	8.159	8.170	8.181	8.192	8.203	8.214	8.226	870
880	8.226	8.237	8.248	8.259	8.270	8.281	8.293	8.304	8.315	8.326	8.337	880
890	8.337	8.348	8.360	8.371	8.382	8.393	8.404	8.416	8.427	8.438	8.449	890
900	8.449	8.460	8.472	8.483	8.494	8.505	8.517	8.528	8.539	8.550	8.562	900
910	8.562	8.573	8.584	8.595	8.607	8.618	8.629	8.640	8.652	8.663	8.674	910
920	8.674	8.685	8.697	8.708	8.719	8.731	8.742	8.753	8.765	8.776	8.787	920
930	8.787	8.798	8.810	8.821	8.832	8.844	8.855	8.866	8.878	8.889	8.900	930
940	8.900	8.912	8.923	8.935	8.946	8.957	8.969	8.980	8.991	9.003	9.014	940
950	9.014	9.025	9.037	9.048	9.060	9.071	9.082	9.094	9.105	9.117	9.128	950
960	9.128	9.139	9.151	9.162	9.174	9.185	9.197	9.208	9.219	9.231	9.242	960
970	9.242	9.254	9.265	9.277	9.288	9.300	9.311	9.323	9.334	9.345	9.357	970
980	9.357	9.368	9.380	9.391	9.403	9.414	9.426	9.437	9.449	9.460	9.472	980
990	9.472	9.483	9.495	9.506	9.518	9.529	9.541	9.552	9.564	9.576	9.587	990
1000	9.587	9.599	9.610	9.622	9.633	9.645	9.656	9.668	9.680	9.691	9.703	1000
1010	9.703	9.714	9.726	9.737	9.749	9.761	9.772	9.784	9.795	9.807	9.819	1010
1020	9.819	9.830	9.842	9.853	9.865	9.877	9.888	9.900	9.911	9.923	9.935	1020
1030	9.935	9.946	9.958	9.970	9.981	9.993	10.005	10.016	10.028	10.040	10.051	1030
1040	10.051	10.063	10.075	10.086	10.098	10.110	10.121	10.133	10.145	10.156	10.168	1040
1050	10.168	10.180	10.191	10.203	10.215	10.227	10.238	10.250	10.262	10.273	10.285	1050
1060	10.285	10.297	10.309	10.320	10.332	10.344	10.356	10.367	10.379	10.391	10.403	1060
1070	10.403	10.414	10.426	10.438	10.450	10.461	10.473	10.485	10.497	10.509	10.520	1070
1080	10.520	10.532	10.544	10.556	10.567	10.579	10.591	10.603	10.615	10.626	10.638	1080
1090	10.638	10.650	10.662	10.674	10.686	10.697	10.709	10.721	10.733	10.745	10.757	1090
1100	10.757	10.768	10.780	10.792	10.804	10.816	10.828	10.839	10.851	10.863	10.875	1100
1110	10.875	10.887	10.899	10.911	10.922	10.934	10.946	10.958	10.970	10.982	10.994	1110
1120	10.994	11.006	11.017	11.029	11.041	11.053	11.065	11.077	11.089	11.101	11.113	1120
1130	11.113	11.125	11.136	11.148	11.160	11.172	11.184	11.196	11.208	11.220	11.232	1130
1140	11.232	11.244	11.256	11.268	11.280	11.291	11.303	11.315	11.327	11.339	11.351	1140

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

°C

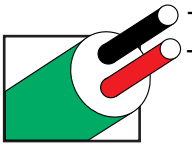
TIPO S

Tabla de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

Platino-10% Rodio vs. Platino



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA
Grado de termopar
32 a 2642 °F
0 a 1450 °C
Grado de extensión
32 a 300 °F
0 a 150 °C
LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.5 °C o 0.25%
Especial: 0.6 °C o 0.1%
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

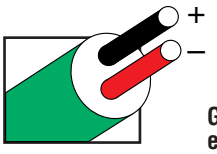
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
1150	11.351	11.363	11.375	11.387	11.399	11.411	11.423	11.435	11.447	11.459	11.471	1150
1160	11.471	11.483	11.495	11.507	11.519	11.531	11.542	11.554	11.566	11.578	11.590	1160
1170	11.590	11.602	11.614	11.626	11.638	11.650	11.662	11.674	11.686	11.698	11.710	1170
1180	11.710	11.722	11.734	11.746	11.758	11.770	11.782	11.794	11.806	11.818	11.830	1180
1190	11.830	11.842	11.854	11.866	11.878	11.890	11.902	11.914	11.926	11.939	11.951	1190
1200	11.951	11.963	11.975	11.987	11.999	12.011	12.023	12.035	12.047	12.059	12.071	1200
1210	12.071	12.083	12.095	12.107	12.119	12.131	12.143	12.155	12.167	12.179	12.191	1210
1220	12.191	12.203	12.216	12.228	12.240	12.252	12.264	12.276	12.288	12.300	12.312	1220
1230	12.312	12.324	12.336	12.348	12.360	12.372	12.384	12.397	12.409	12.421	12.433	1230
1240	12.433	12.445	12.457	12.469	12.481	12.493	12.505	12.517	12.529	12.542	12.554	1240
1250	12.554	12.566	12.578	12.590	12.602	12.614	12.626	12.638	12.650	12.662	12.675	1250
1260	12.675	12.687	12.699	12.711	12.723	12.735	12.747	12.759	12.771	12.783	12.796	1260
1270	12.796	12.808	12.820	12.832	12.844	12.856	12.868	12.880	12.892	12.905	12.917	1270
1280	12.917	12.929	12.941	12.953	12.965	12.977	12.989	13.001	13.014	13.026	13.038	1280
1290	13.038	13.050	13.062	13.074	13.086	13.098	13.111	13.123	13.135	13.147	13.159	1290
1300	13.159	13.171	13.183	13.195	13.208	13.220	13.232	13.244	13.256	13.268	13.280	1300
1310	13.280	13.292	13.305	13.317	13.329	13.341	13.353	13.365	13.377	13.390	13.402	1310
1320	13.402	13.414	13.426	13.438	13.450	13.462	13.474	13.487	13.499	13.511	13.523	1320
1330	13.523	13.535	13.547	13.559	13.572	13.584	13.596	13.608	13.620	13.632	13.644	1330
1340	13.644	13.657	13.669	13.681	13.693	13.705	13.717	13.729	13.742	13.754	13.766	1340
1350	13.766	13.778	13.790	13.802	13.814	13.826	13.839	13.851	13.863	13.875	13.887	1350
1360	13.887	13.899	13.911	13.924	13.936	13.948	13.960	13.972	13.984	13.996	14.009	1360
1370	14.009	14.021	14.033	14.045	14.057	14.069	14.081	14.094	14.106	14.118	14.130	1370
1380	14.130	14.142	14.154	14.166	14.178	14.191	14.203	14.215	14.227	14.239	14.251	1380
1390	14.251	14.263	14.276	14.288	14.300	14.312	14.324	14.336	14.348	14.360	14.373	1390
1400	14.373	14.385	14.397	14.409	14.421	14.433	14.445	14.457	14.470	14.482	14.494	1400
1410	14.494	14.506	14.518	14.530	14.542	14.554	14.567	14.579	14.591	14.603	14.615	1410
1420	14.615	14.627	14.639	14.651	14.664	14.676	14.688	14.700	14.712	14.724	14.736	1420
1430	14.736	14.748	14.760	14.773	14.785	14.797	14.809	14.821	14.833	14.845	14.857	1430
1440	14.857	14.869	14.881	14.894	14.906	14.918	14.930	14.942	14.954	14.966	14.978	1440
1450	14.978	14.990	15.002	15.015	15.027	15.039	15.051	15.063	15.075	15.087	15.099	1450
1460	15.099	15.111	15.123	15.135	15.148	15.160	15.172	15.184	15.196	15.208	15.220	1460
1470	15.220	15.232	15.244	15.256	15.268	15.280	15.292	15.304	15.317	15.329	15.341	1470
1480	15.341	15.353	15.365	15.377	15.389	15.401	15.413	15.425	15.437	15.449	15.461	1480
1490	15.461	15.473	15.485	15.497	15.509	15.521	15.534	15.546	15.558	15.570	15.582	1490
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
1500	15.582	15.594	15.606	15.618	15.630	15.642	15.654	15.666	15.678	15.690	15.702	1500
1510	15.702	15.714	15.726	15.738	15.750	15.762	15.774	15.786	15.798	15.810	15.822	1510
1520	15.822	15.834	15.846	15.858	15.870	15.882	15.894	15.906	15.918	15.930	15.942	1520
1530	15.942	15.954	15.966	15.978	15.990	16.002	16.014	16.026	16.038	16.050	16.062	1530
1540	16.062	16.074	16.086	16.098	16.110	16.122	16.134	16.146	16.158	16.170	16.182	1540
1550	16.182	16.194	16.205	16.217	16.229	16.241	16.253	16.265	16.277	16.289	16.301	1550
1560	16.301	16.313	16.325	16.337	16.349	16.361	16.373	16.385	16.396	16.408	16.420	1560
1570	16.420	16.432	16.444	16.456	16.468	16.480	16.492	16.504	16.516	16.527	16.539	1570
1580	16.539	16.551	16.563	16.575	16.587	16.599	16.611	16.623	16.634	16.646	16.658	1580
1590	16.658	16.670	16.682	16.694	16.706	16.718	16.729	16.741	16.753	16.765	16.777	1590
1600	16.777	16.789	16.801	16.812	16.824	16.836	16.848	16.860	16.872	16.883	16.895	1600
1610	16.895	16.907	16.919	16.931	16.943	16.954	16.966	16.978	16.990	17.002	17.013	1610
1620	17.013	17.025	17.037	17.049	17.061	17.072	17.084	17.096	17.108	17.120	17.131	1620
1630	17.131	17.143	17.155	17.167	17.178	17.190	17.202	17.214	17.225	17.237	17.249	1630
1640	17.249	17.261	17.272	17.284	17.296	17.308	17.319	17.331	17.343	17.355	17.366	1640
1650	17.366	17.378	17.390	17.401	17.413	17.425	17.437	17.448	17.460	17.472	17.483	1650
1660	17.483	17.495	17.507	17.518	17.530	17.542	17.553	17.565	17.577	17.588	17.600	1660
1670	17.600	17.612	17.623	17.635	17.647	17.658	17.670	17.682	17.693	17.705	17.717	1670
1680	17.717	17.728	17.740	17.751	17.763	17.775	17.786	17.798	17.809	17.821	17.832	1680
1690	17.832	17.844	17.855	17.867	17.878	17.890	17.901	17.913	17.924	17.936	17.947	1690
1700	17.947	17.959	17.970	17.982	17.993	18.004	18.016	18.027	18.039	18.050	18.061	1700
1710	18.061	18.073	18.084	18.095	18.107	18.118	18.129	18.140	18.152	18.163	18.174	1710
1720	18.174	18.185	18.196	18.208	18.219	18.230	18.241	18.252	18.263	18.274	18.285	1720
1730	18.285	18.297	18.308	18.319	18.330	18.341	18.352	18.362	18.373	18.384	18.395	1730
1740	18.395	18.406	18.417	18.428	18.439	18.449	18.460	18.471	18.482	18.493	18.503	1740
1750	18.503	18.514	18.525	18.535	18.546	18.557	18.567	18.578	18.588	18.599	18.609	1750
1760	18.609	18.620	18.630	18.641	18.651	18.661	18.672	18.682	18.693			1760
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA
Grado de termopar
32 a 2642 °F
0 a 1450 °C
Grado de extensión
32 a 300 °F
0 a 150 °C
LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.5 °C o 0.25%
Especial: 0.6 °C o 0.1%
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

°C

Platino-13% Rodio vs. Platino



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO R

Tabla de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C
-40	-0.226	-0.223	-0.219	-0.215	-0.211	-0.208	-0.204	-0.200	-0.196	-0.192	-0.188	-40
-30	-0.188	-0.184	-0.180	-0.175	-0.171	-0.167	-0.163	-0.158	-0.154	-0.150	-0.145	-30
-20	-0.145	-0.141	-0.137	-0.132	-0.128	-0.123	-0.119	-0.114	-0.109	-0.105	-0.100	-20
-10	-0.100	-0.095	-0.091	-0.086	-0.081	-0.076	-0.071	-0.066	-0.061	-0.056	-0.051	-10
0	-0.051	-0.046	-0.041	-0.036	-0.031	-0.026	-0.021	-0.016	-0.011	-0.005	0.000	0
0	0.000	0.005	0.011	0.016	0.021	0.027	0.032	0.038	0.043	0.049	0.054	0
10	0.054	0.060	0.065	0.071	0.077	0.082	0.088	0.094	0.100	0.105	0.111	10
20	0.111	0.117	0.123	0.129	0.135	0.141	0.147	0.153	0.159	0.165	0.171	20
30	0.171	0.177	0.183	0.189	0.195	0.201	0.207	0.214	0.220	0.226	0.232	30
40	0.232	0.239	0.245	0.251	0.258	0.264	0.271	0.277	0.284	0.290	0.296	40
50	0.296	0.303	0.310	0.316	0.323	0.329	0.336	0.343	0.349	0.356	0.363	50
60	0.363	0.369	0.376	0.383	0.390	0.397	0.403	0.410	0.417	0.424	0.431	60
70	0.431	0.438	0.445	0.452	0.459	0.466	0.473	0.480	0.487	0.494	0.501	70
80	0.501	0.508	0.516	0.523	0.530	0.537	0.544	0.552	0.559	0.566	0.573	80
90	0.573	0.581	0.588	0.595	0.603	0.610	0.618	0.625	0.632	0.640	0.647	90
100	0.647	0.655	0.662	0.670	0.677	0.685	0.693	0.700	0.708	0.715	0.723	100
110	0.723	0.731	0.738	0.746	0.754	0.761	0.769	0.777	0.785	0.792	0.800	110
120	0.800	0.808	0.816	0.824	0.832	0.839	0.847	0.855	0.863	0.871	0.879	120
130	0.879	0.887	0.895	0.903	0.911	0.919	0.927	0.935	0.943	0.951	0.959	130
140	0.959	0.967	0.976	0.984	0.992	1.000	1.008	1.016	1.025	1.033	1.041	140
150	1.041	1.049	1.058	1.066	1.074	1.082	1.091	1.099	1.107	1.116	1.124	150
160	1.124	1.132	1.141	1.149	1.158	1.166	1.175	1.183	1.191	1.200	1.208	160
170	1.208	1.217	1.225	1.234	1.242	1.251	1.260	1.268	1.277	1.285	1.294	170
180	1.294	1.303	1.311	1.320	1.329	1.337	1.346	1.355	1.363	1.372	1.381	180
190	1.381	1.389	1.398	1.407	1.416	1.425	1.433	1.442	1.451	1.460	1.469	190
200	1.469	1.477	1.486	1.495	1.504	1.513	1.522	1.531	1.540	1.549	1.558	200
210	1.558	1.567	1.575	1.584	1.593	1.602	1.611	1.620	1.629	1.639	1.648	210
220	1.648	1.657	1.666	1.675	1.684	1.693	1.702	1.711	1.720	1.729	1.739	220
230	1.739	1.748	1.757	1.766	1.775	1.784	1.794	1.803	1.812	1.821	1.831	230
240	1.831	1.840	1.849	1.858	1.868	1.877	1.886	1.895	1.905	1.914	1.923	240
250	1.923	1.933	1.942	1.951	1.961	1.970	1.980	1.989	1.998	2.008	2.017	250
260	2.017	2.027	2.036	2.046	2.055	2.064	2.074	2.083	2.093	2.102	2.112	260
270	2.112	2.121	2.131	2.140	2.150	2.159	2.169	2.179	2.188	2.198	2.207	270
280	2.207	2.217	2.226	2.236	2.246	2.255	2.265	2.275	2.284	2.294	2.304	280
290	2.304	2.313	2.323	2.333	2.342	2.352	2.362	2.371	2.381	2.391	2.401	290
300	2.401	2.410	2.420	2.430	2.440	2.449	2.459	2.469	2.479	2.488	2.498	300
310	2.498	2.508	2.518	2.528	2.538	2.547	2.557	2.567	2.577	2.587	2.597	310
320	2.597	2.607	2.617	2.626	2.636	2.646	2.656	2.666	2.676	2.686	2.696	320
330	2.696	2.706	2.716	2.726	2.736	2.746	2.756	2.766	2.776	2.786	2.796	330
340	2.796	2.806	2.816	2.826	2.836	2.846	2.856	2.866	2.876	2.886	2.896	340
350	2.896	2.906	2.916	2.926	2.937	2.947	2.957	2.967	2.977	2.987	2.997	350
360	2.997	3.007	3.018	3.028	3.038	3.048	3.058	3.068	3.079	3.089	3.099	360
370	3.099	3.109	3.119	3.130	3.140	3.150	3.160	3.171	3.181	3.191	3.201	370
380	3.201	3.212	3.222	3.232	3.242	3.253	3.263	3.273	3.284	3.294	3.304	380
390	3.304	3.315	3.325	3.335	3.346	3.356	3.366	3.377	3.387	3.397	3.408	390
400	3.408	3.418	3.428	3.439	3.449	3.460	3.470	3.480	3.491	3.501	3.512	400
410	3.512	3.522	3.533	3.543	3.553	3.564	3.574	3.585	3.595	3.606	3.616	410
420	3.616	3.627	3.637	3.648	3.658	3.669	3.679	3.690	3.700	3.711	3.721	420
430	3.721	3.732	3.742	3.753	3.764	3.774	3.785	3.795	3.806	3.816	3.827	430
440	3.827	3.838	3.848	3.859	3.869	3.880	3.891	3.901	3.912	3.922	3.933	440
450	3.933	3.944	3.954	3.965	3.976	3.986	3.997	4.008	4.018	4.029	4.040	450
460	4.040	4.050	4.061	4.072	4.083	4.093	4.104	4.115	4.125	4.136	4.147	460
470	4.147	4.158	4.168	4.179	4.190	4.201	4.211	4.222	4.233	4.244	4.255	470
480	4.255	4.265	4.276	4.287	4.298	4.309	4.319	4.330	4.341	4.352	4.363	480
490	4.363	4.373	4.384	4.395	4.406	4.417	4.428	4.439	4.449	4.460	4.471	490
500	4.471	4.482	4.493	4.504	4.515	4.526	4.537	4.548	4.558	4.569	4.580	500
510	4.580	4.591	4.602	4.613	4.624	4.635	4.646	4.657	4.668	4.679	4.690	510
520	4.690	4.701	4.712	4.723	4.734	4.745	4.756	4.767	4.778	4.789	4.800	520
530	4.800	4.811	4.822	4.833	4.844	4.855	4.866	4.877	4.888	4.899	4.910	530
540	4.910	4.922	4.933	4.944	4.955	4.966	4.977	4.988	4.999	5.010	5.021	540
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
550	5.021	5.033	5.044	5.055	5.066	5.077	5.088	5.099	5.111	5.122	5.133	550
560	5.133	5.144	5.155	5.166	5.178	5.189	5.200	5.211	5.222	5.234	5.245	560
570	5.245	5.256	5.267	5.279	5.290	5.301	5.312	5.323	5.335	5.346	5.357	570
580	5.357	5.369	5.380	5.391	5.402	5.414	5.425	5.436	5.448	5.459	5.470	580
590	5.470	5.481	5.493	5.504	5.515	5.527	5.538	5.549	5.561	5.572	5.583	590
600	5.583	5.595	5.606	5.618	5.629	5.640	5.652	5.663	5.674	5.686	5.697	600
610	5.697	5.709	5.720	5.731	5.743	5.754	5.766	5.777	5.789	5.800	5.812	610
620	5.812	5.823	5.834	5.846	5.857	5.869	5.880	5.892	5.903	5.915	5.926	620
630	5.926	5.938	5.949	5.961	5.972	5.984	5.995	6.007	6.018	6.030	6.041	630
640	6.041	6.053	6.065	6.076	6.088	6.099	6.111	6.122	6.134	6.146	6.157	640
650	6.157	6.169	6.180	6.192	6.204	6.215	6.227	6.238	6.250	6.262	6.273	650
660	6.273	6.285	6.297	6.308	6.320	6.332	6.343	6.355	6.367	6.378	6.390	660
670	6.390	6.402	6.413	6.425	6.437	6.448	6.460	6.472	6.484	6.495	6.507	670
680	6.507	6.519	6.531	6.542	6.554	6.566	6.578	6.589	6.601	6.613	6.625	680
690	6.625	6.636	6.648	6.660	6.672	6.684	6.695	6.707	6.719	6.731	6.743	690
700	6.743	6.755	6.766	6.778	6.790	6.802	6.814	6.826	6.838	6.849	6.861	700
710	6.861	6.873	6.885	6.897	6.909	6.921	6.933	6.945	6.956	6.968	6.980	710
720	6.980	6.992	7.004	7.016	7.028	7.040	7.052	7.064	7.076	7.088	7.100	720
730	7.100	7.112	7.124	7.136	7.148	7.160	7.172	7.184	7.196	7.208	7.220	730
740	7.220	7.232	7.244	7.256	7.268	7.280	7.292	7.304	7.316	7.328	7.340	740
750	7.340	7.352	7.364	7.376	7.389	7.401	7.413	7.425	7.437	7.449	7.461	750
760	7.461	7.473	7.485	7.498	7.510	7.522	7.534	7.546	7.558	7.570	7.583	760
770	7.583	7.595	7.607	7.619	7.631	7.644	7.656	7.668	7.680	7.692	7.705	770
780	7.705	7.717	7.729	7.741	7.753	7.766	7.778	7.790	7.802	7.815	7.827	780
790	7.827	7.839	7.851	7.864	7.876	7.888	7.901	7.913	7.925	7.938	7.950	790
800	7.950	7.962	7.974	7.987	7.999	8.011	8.024	8.036	8.048	8.061	8.073	800
810	8.073	8.086	8.098	8.110	8.123	8.135	8.147	8.160	8.172	8.185	8.197	810
820	8.197	8.209	8.222	8.234	8.247	8.259	8.272	8.284	8.296	8.309	8.321	820
830	8.321	8.334	8.346	8.359	8.371	8.384	8.396	8.409	8.421	8.434	8.446	830
840	8.446	8.459	8.471	8.484	8.496	8.509	8.521	8.534	8.546	8.559	8.571	840
850	8.571	8.584	8.597	8.609	8.622	8.634	8.647	8.659	8.672	8.685	8.697	850
860	8.697	8.710	8.722	8.735	8.748	8.760	8.773	8.785	8.798	8.811	8.823	860
870	8.823	8.836	8.849	8.861	8.874	8.887	8.899	8.912	8.925	8.937	8.950	870
880	8.950	8.963	8.975	8.988	9.001	9.014	9.026	9.039	9.052	9.065	9.077	880
890	9.077	9.090	9.103	9.115	9.128	9.141	9.154	9.167	9.179	9.192	9.205	890
900	9.205	9.218	9.230	9.243	9.256	9.269	9.282	9.294	9.307	9.320	9.333	900
910	9.333	9.346	9.359	9.371	9.384	9.397	9.410	9.423	9.436	9.449	9.461	910
920	9.461	9.474	9.487	9.500	9.513	9.526	9.539	9.552	9.565	9.578	9.590	920
930	9.590	9.603	9.616	9.629	9.642	9.655	9.668	9.681	9.694	9.707	9.720	930
940	9.720	9.733	9.746	9.759	9.772	9.785	9.798	9.811	9.824	9.837	9.850	940
950	9.850	9.863	9.876	9.889	9.902	9.915	9.928	9.941	9.954	9.967	9.980	950
960	9.980	9.993	10.006	10.019	10.032	10.046	10.059	10.072	10.085	10.098	10.111	960
970	10.111	10.124	10.137	10.150	10.163	10.177	10.190	10.203	10.216	10.229	10.242	970
980	10.242	10.255	10.268	10.282	10.295	10.308	10.321	10.334	10.347	10.361	10.374	980
990	10.374	10.387	10.400	10.413	10.427	10.440	10.453	10.466	10.480	10.493	10.506	990
1000	10.506	10.519	10.532	10.546	10.559	10.572	10.585	10.599	10.612	10.625	10.638	1000
1010	10.638	10.652	10.665	10.678	10.692	10.705	10.718	10.731	10.745	10.758	10.771	1010
1020	10.771	10.785	10.798	10.811	10.825	10.838	10.851	10.865	10.878	10.891	10.905	1020
1030	10.905	10.918	10.932	10.945	10.958	10.972	10.985	10.998	11.012	11.025	11.039	1030
1040	11.039	11.052	11.065	11.079	11.092	11.106	11.119	11.132	11.146	11.159	11.173	1040
1050	11.173	11.186	11.200	11.213	11.227	11.240	11.253	11.267	11.280	11.294	11.307	1050
1060	11.307	11.321	11.334	11.348	11.361	11.375	11.388	11.402	11.415	11.429	11.442	1060
1070	11.442	11.456	11.469	11.483	11.496	11.510	11.524	11.537	11.551	11.564	11.578	1070
1080	11.578	11.591	11.605	11.618	11.632	11.646	11.659	11.673	11.686	11.700	11.714	1080
1090	11.714	11.727	11.741	11.754	11.768	11.782	11.795	11.809	11.822	11.836	11.850	1090
1100	11.850	11.863	11.877	11.891	11.904	11.918	11.931	11.945	11.959	11.972	11.986	1100
1110	11.986	12.000	12.013	12.027	12.041	12.054	12.068	12.082	12.096	12.109	12.123	1110
1120	12.123	12.137	12.150	12.164	12.178	12.191	12.205	12.219	12.233	12.246	12.260	1120
1130	12.260	12.274	12.288	12.301	12.315	12.329	12.342	12.356	12.370	12.384	12.397	1130
1140	12.397	12.411	12.425	12.439	12.453	12.466	12.480	12.494	12.508	12.521	12.535	1140
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO R

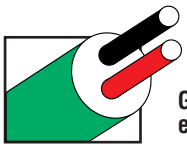
Tabla de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°C

Platino-13% Rodio vs. Platino



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 to 2642 °F
0 to 1450 °C

Grado de extensión
32 a 300 °F
0 a 150 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)

Estándar: 1.5 °C o 0.25%
Especial: 0.6 °C o 0.1%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura

TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
1150	12.535	12.549	12.563	12.577	12.590	12.604	12.618	12.632	12.646	12.659	12.673	1150
1160	12.673	12.687	12.701	12.715	12.729	12.742	12.756	12.770	12.784	12.798	12.812	1160
1170	12.812	12.825	12.839	12.853	12.867	12.881	12.895	12.909	12.922	12.936	12.950	1170
1180	12.950	12.964	12.978	12.992	13.006	13.019	13.033	13.047	13.061	13.075	13.089	1180
1190	13.089	13.103	13.117	13.131	13.145	13.158	13.172	13.186	13.200	13.214	13.228	1190
1200	13.228	13.242	13.256	13.270	13.284	13.298	13.311	13.325	13.339	13.353	13.367	1200
1210	13.367	13.381	13.395	13.409	13.423	13.437	13.451	13.465	13.479	13.493	13.507	1210
1220	13.507	13.521	13.535	13.549	13.563	13.577	13.590	13.604	13.618	13.632	13.646	1220
1230	13.646	13.660	13.674	13.688	13.702	13.716	13.730	13.744	13.758	13.772	13.786	1230
1240	13.786	13.800	13.814	13.828	13.842	13.856	13.870	13.884	13.898	13.912	13.926	1240
1250	13.926	13.940	13.954	13.968	13.982	13.996	14.010	14.024	14.038	14.052	14.066	1250
1260	14.066	14.081	14.095	14.109	14.123	14.137	14.151	14.165	14.179	14.193	14.207	1260
1270	14.207	14.221	14.235	14.249	14.263	14.277	14.291	14.305	14.319	14.333	14.347	1270
1280	14.347	14.361	14.375	14.390	14.404	14.418	14.432	14.446	14.460	14.474	14.488	1280
1290	14.488	14.502	14.516	14.530	14.544	14.558	14.572	14.586	14.601	14.615	14.629	1290
1300	14.629	14.643	14.657	14.671	14.685	14.699	14.713	14.727	14.741	14.755	14.770	1300
1310	14.770	14.784	14.798	14.812	14.826	14.840	14.854	14.868	14.882	14.896	14.911	1310
1320	14.911	14.925	14.939	14.953	14.967	14.981	14.995	15.009	15.023	15.037	15.052	1320
1330	15.052	15.066	15.080	15.094	15.108	15.122	15.136	15.150	15.164	15.179	15.193	1330
1340	15.193	15.207	15.221	15.235	15.249	15.263	15.277	15.291	15.306	15.320	15.334	1340
1350	15.334	15.348	15.362	15.376	15.390	15.404	15.419	15.433	15.447	15.461	15.475	1350
1360	15.475	15.489	15.503	15.517	15.531	15.546	15.560	15.574	15.588	15.602	15.616	1360
1370	15.616	15.630	15.645	15.659	15.673	15.687	15.701	15.715	15.729	15.743	15.758	1370
1380	15.758	15.772	15.786	15.800	15.814	15.828	15.842	15.856	15.871	15.885	15.899	1380
1390	15.899	15.913	15.927	15.941	15.955	15.969	15.984	15.998	16.012	16.026	16.040	1390
1400	16.040	16.054	16.068	16.082	16.097	16.111	16.125	16.139	16.153	16.167	16.181	1400
1410	16.181	16.196	16.210	16.224	16.238	16.252	16.266	16.280	16.294	16.309	16.323	1410
1420	16.323	16.337	16.351	16.365	16.379	16.393	16.407	16.422	16.436	16.450	16.464	1420
1430	16.464	16.478	16.492	16.506	16.520	16.534	16.549	16.563	16.577	16.591	16.605	1430
1440	16.605	16.619	16.633	16.647	16.662	16.676	16.690	16.704	16.718	16.732	16.746	1440
1450	16.746	16.760	16.774	16.789	16.803	16.817	16.831	16.845	16.859	16.873	16.887	1450
1460	16.887	16.901	16.915	16.930	16.944	16.958	16.972	16.986	17.000	17.014	17.028	1460
1470	17.028	17.042	17.056	17.071	17.085	17.099	17.113	17.127	17.141	17.155	17.169	1470
1480	17.169	17.183	17.197	17.211	17.225	17.240	17.254	17.268	17.282	17.296	17.310	1480
1490	17.310	17.324	17.338	17.352	17.366	17.380	17.394	17.408	17.423	17.437	17.451	1490
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
1500	17.451	17.465	17.479	17.493	17.507	17.521	17.535	17.549	17.563	17.577	17.591	1500
1510	17.591	17.605	17.619	17.633	17.647	17.661	17.676	17.690	17.704	17.718	17.732	1510
1520	17.732	17.746	17.760	17.774	17.788	17.802	17.816	17.830	17.844	17.858	17.872	1520
1530	17.872	17.886	17.900	17.914	17.928	17.942	17.956	17.970	17.984	17.998	18.012	1530
1540	18.012	18.026	18.040	18.054	18.068	18.082	18.096	18.110	18.124	18.138	18.152	1540
1550	18.152	18.166	18.180	18.194	18.208	18.222	18.236	18.250	18.264	18.278	18.292	1550
1560	18.292	18.306	18.320	18.334	18.348	18.362	18.376	18.390	18.404	18.417	18.431	1560
1570	18.431	18.445	18.459	18.473	18.487	18.501	18.515	18.529	18.543	18.557	18.571	1570
1580	18.571	18.585	18.599	18.613	18.627	18.640	18.654	18.668	18.682	18.696	18.710	1580
1590	18.710	18.724	18.738	18.752	18.766	18.779	18.793	18.807	18.821	18.835	18.849	1590
1600	18.849	18.863	18.877	18.891	18.904	18.918	18.932	18.946	18.960	18.974	18.988	1600
1610	18.988	19.002	19.015	19.029	19.043	19.057	19.071	19.085	19.098	19.112	19.126	1610
1620	19.126	19.140	19.154	19.168	19.181	19.195	19.209	19.223	19.237	19.250	19.264	1620
1630	19.264	19.278	19.292	19.306	19.319	19.333	19.347	19.361	19.375	19.388	19.402	1630
1640	19.402	19.416	19.430	19.444	19.457	19.471	19.485	19.499	19.512	19.526	19.540	1640
1650	19.540	19.554	19.567	19.581	19.595	19.609	19.622	19.636	19.650	19.663	19.677	1650
1660	19.677	19.691	19.705	19.718	19.732	19.746	19.759	19.773	19.787	19.800	19.814	1660
1670	19.814	19.828	19.841	19.855	19.869	19.882	19.896	19.910	19.923	19.937	19.951	1670
1680	19.951	19.964	19.978	19.992	20.005	20.019	20.032	20.046	20.060	20.073	20.087	1680
1690	20.087	20.100	20.114	20.127	20.141	20.154	20.168	20.181	20.195	20.208	20.222	1690
1700	20.222	20.235	20.249	20.262	20.275	20.289	20.302	20.316	20.329	20.342	20.356	1700
1710	20.356	20.369	20.382	20.396	20.409	20.422	20.436	20.449	20.462	20.475	20.488	1710
1720	20.488	20.502	20.515	20.528	20.541	20.554	20.567	20.581	20.594	20.607	20.620	1720
1730	20.620	20.633	20.646	20.659	20.672	20.685	20.698	20.711	20.724	20.736	20.749	1730
1740	20.749	20.762	20.775	20.788	20.801	20.813	20.826	20.839	20.852	20.864	20.877	1740
1750	20.877	20.890	20.902	20.915	20.928	20.940	20.953	20.965	20.978	20.990	21.003	1750
1760	21.003	21.015	21.027	21.040	21.052	21.065	21.077	21.089	21.101			1760
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 a 3092 °F
0 a 1700 °C

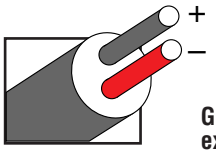
Grado de extensión
32 a 212 °F
0 a 100 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 0.5% cobre 800°C
Especial: NO ESTABLECIDO

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura; uso común industria del vidrio
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

°C

Platino-30% Rodio vs. Platino-6% Rodio



Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

Código de color IEC

Código de color ANSI

TIPO B

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
0	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	0
10	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003	10
20	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	20
30	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	30
40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	40
50	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.006	0.006	50
60	0.006	0.007	0.007	0.008	0.008	0.009	0.009	0.010	0.010	0.011	0.011	60
70	0.011	0.012	0.012	0.013	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.017	0.017	70
80	0.017	0.018	0.019	0.020	0.020	0.021	0.022	0.022	0.023	0.024	0.025	80
90	0.025	0.026	0.026	0.027	0.028	0.029	0.030	0.031	0.031	0.032	0.033	90
100	0.033	0.034	0.035	0.036	0.037	0.038	0.039	0.040	0.041	0.042	0.043	100
110	0.043	0.044	0.045	0.046	0.047	0.048	0.049	0.050	0.051	0.052	0.053	110
120	0.053	0.055	0.056	0.057	0.058	0.059	0.060	0.062	0.063	0.064	0.065	120
130	0.065	0.066	0.068	0.069	0.070	0.072	0.073	0.074	0.075	0.077	0.078	130
140	0.078	0.079	0.081	0.082	0.084	0.085	0.086	0.088	0.089	0.091	0.092	140
150	0.092	0.094	0.095	0.096	0.098	0.099	0.101	0.102	0.104	0.106	0.107	150
160	0.107	0.109	0.110	0.112	0.113	0.115	0.117	0.118	0.120	0.122	0.123	160
170	0.123	0.125	0.127	0.128	0.130	0.132	0.134	0.135	0.137	0.139	0.141	170
180	0.141	0.142	0.144	0.146	0.148	0.150	0.151	0.153	0.155	0.157	0.159	180
190	0.159	0.161	0.163	0.165	0.166	0.168	0.170	0.172	0.174	0.176	0.178	190
200	0.178	0.180	0.182	0.184	0.186	0.188	0.190	0.192	0.195	0.197	0.199	200
210	0.199	0.201	0.203	0.205	0.207	0.209	0.212	0.214	0.216	0.218	0.220	210
220	0.220	0.222	0.225	0.227	0.229	0.231	0.234	0.236	0.238	0.241	0.243	220
230	0.243	0.245	0.248	0.250	0.252	0.255	0.257	0.259	0.262	0.264	0.267	230
240	0.267	0.269	0.271	0.274	0.276	0.279	0.281	0.284	0.286	0.289	0.291	240
250	0.291	0.294	0.296	0.299	0.301	0.304	0.307	0.309	0.312	0.314	0.317	250
260	0.317	0.320	0.322	0.325	0.328	0.330	0.333	0.336	0.338	0.341	0.344	260
270	0.344	0.347	0.349	0.352	0.355	0.358	0.360	0.363	0.366	0.369	0.372	270
280	0.372	0.375	0.377	0.380	0.383	0.386	0.389	0.392	0.395	0.398	0.401	280
290	0.401	0.404	0.407	0.410	0.413	0.416	0.419	0.422	0.425	0.428	0.431	290
300	0.431	0.434	0.437	0.440	0.443	0.446	0.449	0.452	0.455	0.458	0.462	300
310	0.462	0.465	0.468	0.471	0.474	0.478	0.481	0.484	0.487	0.490	0.494	310
320	0.494	0.497	0.500	0.503	0.507	0.510	0.513	0.517	0.520	0.523	0.527	320
330	0.527	0.530	0.533	0.537	0.540	0.544	0.547	0.550	0.554	0.557	0.561	330
340	0.561	0.564	0.568	0.571	0.575	0.578	0.582	0.585	0.589	0.592	0.596	340
350	0.596	0.599	0.603	0.607	0.610	0.614	0.617	0.621	0.625	0.628	0.632	350
360	0.632	0.636	0.639	0.643	0.647	0.650	0.654	0.658	0.662	0.665	0.669	360
370	0.669	0.673	0.677	0.680	0.684	0.688	0.692	0.696	0.700	0.703	0.707	370
380	0.707	0.711	0.715	0.719	0.723	0.727	0.731	0.735	0.738	0.742	0.746	380
390	0.746	0.750	0.754	0.758	0.762	0.766	0.770	0.774	0.778	0.782	0.787	390
400	0.787	0.791	0.795	0.799	0.803	0.807	0.811	0.815	0.819	0.824	0.828	400
410	0.828	0.832	0.836	0.840	0.844	0.849	0.853	0.857	0.861	0.866	0.870	410
420	0.870	0.874	0.878	0.883	0.887	0.891	0.896	0.900	0.904	0.909	0.913	420
430	0.913	0.917	0.922	0.926	0.930	0.935	0.939	0.944	0.948	0.953	0.957	430
440	0.957	0.961	0.966	0.970	0.975	0.979	0.984	0.988	0.993	0.997	1.002	440
450	1.002	1.007	1.011	1.016	1.020	1.025	1.030	1.034	1.039	1.043	1.048	450
460	1.048	1.053	1.057	1.062	1.067	1.071	1.076	1.081	1.086	1.090	1.095	460
470	1.095	1.100	1.105	1.109	1.114	1.119	1.124	1.129	1.133	1.138	1.143	470
480	1.143	1.148	1.153	1.158	1.163	1.167	1.172	1.177	1.182	1.187	1.192	480
490	1.192	1.197	1.202	1.207	1.212	1.217	1.222	1.227	1.232	1.237	1.242	490
500	1.242	1.247	1.252	1.257	1.262	1.267	1.272	1.277	1.282	1.288	1.293	500
510	1.293	1.298	1.303	1.308	1.313	1.318	1.324	1.329	1.334	1.339	1.344	510
520	1.344	1.350	1.355	1.360	1.365	1.371	1.376	1.381	1.387	1.392	1.397	520
530	1.397	1.402	1.408	1.413	1.418	1.424	1.429	1.435	1.440	1.445	1.451	530
540	1.451	1.456	1.462	1.467	1.472	1.478	1.483	1.489	1.494	1.500	1.505	540
550	1.505	1.511	1.516	1.522	1.527	1.533	1.539	1.544	1.550	1.555	1.561	550
560	1.561	1.566	1.572	1.578	1.583	1.589	1.595	1.600	1.606	1.612	1.617	560
570	1.617	1.623	1.629	1.634	1.640	1.646	1.652	1.657	1.663	1.669	1.675	570
580	1.675	1.680	1.686	1.692	1.698	1.704	1.709	1.715	1.721	1.727	1.733	580
590	1.733	1.739	1.745	1.750	1.756	1.762	1.768	1.774	1.780	1.786	1.792	590
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
600	1.792	1.798	1.804	1.810	1.816	1.822	1.828	1.834	1.840	1.846	1.852	600
610	1.852	1.858	1.864	1.870	1.876	1.882	1.888	1.894	1.901	1.907	1.913	610
620	1.913	1.919	1.925	1.931	1.937	1.944	1.950	1.956	1.962	1.968	1.975	620
630	1.975	1.981	1.987	1.993	1.999	2.006	2.012	2.018	2.025	2.031	2.037	630
640	2.037	2.043	2.050	2.056	2.062	2.069	2.075	2.082	2.088	2.094	2.101	640
650	2.101	2.107	2.113	2.120	2.126	2.133	2.139	2.146	2.152	2.158	2.165	650
660	2.165	2.171	2.178	2.184	2.191	2.197	2.204	2.210	2.217	2.224	2.230	660
670	2.230	2.237	2.243	2.250	2.256	2.263	2.270	2.276	2.283	2.289	2.296	670
680	2.296	2.303	2.309	2.316	2.323	2.329	2.336	2.343	2.350	2.356	2.363	680
690	2.363	2.370	2.376	2.383	2.390	2.397	2.403	2.410	2.417	2.424	2.431	690
700	2.431	2.437	2.444	2.451	2.458	2.465	2.472	2.479	2.485	2.492	2.499	700
710	2.499	2.506	2.513	2.520	2.527	2.534	2.541	2.548	2.555	2.562	2.569	710
720	2.569	2.576	2.583	2.590	2.597	2.604	2.611	2.618	2.625	2.632	2.639	720
730	2.639	2.646	2.653	2.660	2.667	2.674	2.681	2.688	2.696	2.703	2.710	730
740	2.710	2.717	2.724	2.731	2.738	2.746	2.753	2.760	2.767	2.775	2.782	740
750	2.782	2.789	2.796	2.803	2.811	2.818	2.825	2.833	2.840	2.847	2.854	750
760	2.854	2.862	2.869	2.876	2.884	2.891	2.898	2.906	2.913	2.921	2.928	760
770	2.928	2.935	2.943	2.950	2.958	2.965	2.973	2.980	2.987	2.995	3.002	770
780	3.002	3.010	3.017	3.025	3.032	3.040	3.047	3.055	3.062	3.070	3.078	780
790	3.078	3.085	3.093	3.100	3.108	3.116	3.123	3.131	3.138	3.146	3.154	790
800	3.154	3.161	3.169	3.177	3.184	3.192	3.200	3.207	3.215	3.223	3.230	800
810	3.230	3.238	3.246	3.254	3.261	3.269	3.277	3.285	3.292	3.300	3.308	810
820	3.308	3.316	3.324	3.331	3.339	3.347	3.355	3.363	3.371	3.379	3.386	820
830	3.386	3.394	3.402	3.410	3.418	3.426	3.434	3.442	3.450	3.458	3.466	830
840	3.466	3.474	3.482	3.490	3.498	3.506	3.514	3.522	3.530	3.538	3.546	840
850	3.546	3.554	3.562	3.570	3.578	3.586	3.594	3.602	3.610	3.618	3.626	850
860	3.626	3.634	3.643	3.651	3.659	3.667	3.675	3.683	3.692	3.700	3.708	860
870	3.708	3.716	3.724	3.732	3.741	3.749	3.757	3.765	3.774	3.782	3.790	870
880	3.790	3.798	3.807	3.815	3.823	3.832	3.840	3.848	3.857	3.865	3.873	880
890	3.873	3.882	3.890	3.898	3.907	3.915	3.923	3.932	3.940	3.949	3.957	890
900	3.957	3.965	3.974	3.982	3.991	3.999	4.008	4.016	4.024	4.033	4.041	900
910	4.041	4.050	4.058	4.067	4.075	4.084	4.093	4.101	4.110	4.118	4.127	910
920	4.127	4.135	4.144	4.152	4.161	4.170	4.178	4.187	4.195	4.204	4.213	920
930	4.213	4.221	4.230	4.239	4.247	4.256	4.265	4.273	4.282	4.291	4.299	930
940	4.299	4.308	4.317	4.326	4.334	4.343	4.352	4.360	4.369	4.378	4.387	940
950	4.387	4.396	4.404	4.413	4.422	4.431	4.440	4.448	4.457	4.466	4.475	950
960	4.475	4.484	4.493	4.501	4.510	4.519	4.528	4.537	4.546	4.555	4.564	960
970	4.564	4.573	4.582	4.591	4.599	4.608	4.617	4.626	4.635	4.644	4.653	970
980	4.653	4.662	4.671	4.680	4.689	4.698	4.707	4.716	4.725	4.734	4.743	980
990	4.743	4.753	4.762	4.771	4.780	4.789	4.798	4.807	4.816	4.825	4.834	990
1000	4.834	4.843	4.853	4.862	4.871	4.880	4.889	4.898	4.908	4.917	4.926	1000
1010	4.926	4.935	4.944	4.954	4.963	4.972	4.981	4.990	5.000	5.009	5.018	1010
1020	5.018	5.027	5.037	5.046	5.055	5.065	5.074	5.083	5.092	5.102	5.111	1020
1030	5.111	5.120	5.130	5.139	5.148	5.158	5.167	5.176	5.186	5.195	5.205	1030
1040	5.205	5.214	5.223	5.233	5.242	5.252	5.261	5.270	5.280	5.289	5.299	1040
1050	5.299	5.308	5.318	5.327	5.337	5.346	5.356	5.365	5.375	5.384	5.394	1050
1060	5.394	5.403	5.413	5.422	5.432	5.441	5.451	5.460	5.470	5.480	5.489	1060
1070	5.489	5.499	5.508	5.518	5.528	5.537	5.547	5.556	5.566	5.576	5.585	1070
1080	5.585	5.595	5.605	5.614	5.624	5.634	5.643	5.653	5.663	5.672	5.682	1080
1090	5.682	5.692	5.702	5.711	5.721	5.731	5.740	5.750	5.760	5.770	5.780	1090
1100	5.780	5.789	5.799	5.809	5.819	5.828	5.838	5.848	5.858	5.868	5.878	1100
1110	5.878	5.887	5.897	5.907	5.917	5.927	5.937	5.947	5.956	5.966	5.976	1110
1120	5.976	5.986	5.996	6.006	6.016	6.026	6.036	6.046	6.055	6.065	6.075	1120
1130	6.075	6.085	6.095	6.105	6.115	6.125	6.135	6.145	6.155	6.165	6.175	1130
1140	6.175	6.185	6.195	6.205	6.215	6.225	6.235	6.245	6.256	6.266	6.276	1140
1150	6.276	6.286	6.296	6.306	6.316	6.326	6.336	6.346	6.356	6.367	6.377	1150
1160	6.377	6.387	6.397	6.407	6.417	6.427	6.438	6.448	6.458	6.468	6.478	1160
1170	6.478	6.488	6.499	6.509	6.519	6.529	6.539	6.550	6.560	6.570	6.580	1170
1180	6.580	6.591	6.601	6.611	6.621	6.632	6.642	6.652	6.663	6.673	6.683	1180
1190	6.683	6.693	6.704	6.714	6.724	6.735	6.745	6.755	6.766	6.776	6.786	1190
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO B

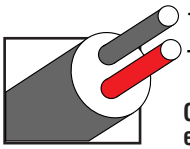
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°C

Platino-30% Rodio vs. Platino-6% Rodio



MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 a 3092 °F
0 a 1700 °C

Grado de extensión
32 a 212 °F
0 a 100 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 0.5% cobre 800 °C
Especial: NO ESTABLECIDO

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura; uso común industria del vidrio
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
1200	6.786	6.797	6.807	6.818	6.828	6.838	6.849	6.859	6.869	6.880	6.890	1200
1210	6.890	6.901	6.911	6.922	6.932	6.942	6.953	6.963	6.974	6.984	6.995	1210
1220	6.995	7.005	7.016	7.026	7.037	7.047	7.058	7.068	7.079	7.089	7.100	1220
1230	7.100	7.110	7.121	7.131	7.142	7.152	7.163	7.173	7.184	7.194	7.205	1230
1240	7.205	7.216	7.226	7.237	7.247	7.258	7.269	7.279	7.290	7.300	7.311	1240
1250	7.311	7.322	7.332	7.343	7.353	7.364	7.375	7.385	7.396	7.407	7.417	1250
1260	7.417	7.428	7.439	7.449	7.460	7.471	7.482	7.492	7.503	7.514	7.524	1260
1270	7.524	7.535	7.546	7.557	7.567	7.578	7.589	7.600	7.610	7.621	7.632	1270
1280	7.632	7.643	7.653	7.664	7.675	7.686	7.697	7.707	7.718	7.729	7.740	1280
1290	7.740	7.751	7.761	7.772	7.783	7.794	7.805	7.816	7.827	7.837	7.848	1290
1300	7.848	7.859	7.870	7.881	7.892	7.903	7.914	7.924	7.935	7.946	7.957	1300
1310	7.957	7.968	7.979	7.990	8.001	8.012	8.023	8.034	8.045	8.056	8.066	1310
1320	8.066	8.077	8.088	8.099	8.110	8.121	8.132	8.143	8.154	8.165	8.176	1320
1330	8.176	8.187	8.198	8.209	8.220	8.231	8.242	8.253	8.264	8.275	8.286	1330
1340	8.286	8.298	8.309	8.320	8.331	8.342	8.353	8.364	8.375	8.386	8.397	1340
1350	8.397	8.408	8.419	8.430	8.441	8.453	8.464	8.475	8.486	8.497	8.508	1350
1360	8.508	8.519	8.530	8.542	8.553	8.564	8.575	8.586	8.597	8.608	8.620	1360
1370	8.620	8.631	8.642	8.653	8.664	8.675	8.687	8.698	8.709	8.720	8.731	1370
1380	8.731	8.743	8.754	8.765	8.776	8.787	8.799	8.810	8.821	8.832	8.844	1380
1390	8.844	8.855	8.866	8.877	8.889	8.900	8.911	8.922	8.934	8.945	8.956	1390
1400	8.956	8.967	8.979	8.990	9.001	9.013	9.024	9.035	9.047	9.058	9.069	1400
1410	9.069	9.080	9.092	9.103	9.114	9.126	9.137	9.148	9.160	9.171	9.182	1410
1420	9.182	9.194	9.205	9.216	9.228	9.239	9.251	9.262	9.273	9.285	9.296	1420
1430	9.296	9.307	9.319	9.330	9.342	9.353	9.364	9.376	9.387	9.398	9.410	1430
1440	9.410	9.421	9.433	9.444	9.456	9.467	9.478	9.490	9.501	9.513	9.524	1440
1450	9.524	9.536	9.547	9.558	9.570	9.581	9.593	9.604	9.616	9.627	9.639	1450
1460	9.639	9.650	9.662	9.673	9.684	9.696	9.707	9.719	9.730	9.742	9.753	1460
1470	9.753	9.765	9.776	9.788	9.799	9.811	9.822	9.834	9.845	9.857	9.868	1470
1480	9.868	9.880	9.891	9.903	9.914	9.926	9.937	9.949	9.961	9.972	9.984	1480
1490	9.984	9.995	10.007	10.018	10.030	10.041	10.053	10.064	10.076	10.088	10.099	1490
1500	10.099	10.111	10.122	10.134	10.145	10.157	10.168	10.180	10.192	10.203	10.215	1500
1510	10.215	10.226	10.238	10.249	10.261	10.273	10.284	10.296	10.307	10.319	10.331	1510
1520	10.331	10.342	10.354	10.365	10.377	10.389	10.400	10.412	10.423	10.435	10.447	1520
1530	10.447	10.458	10.470	10.482	10.493	10.505	10.516	10.528	10.540	10.551	10.563	1530
1540	10.563	10.575	10.586	10.598	10.609	10.621	10.633	10.644	10.656	10.668	10.679	1540
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
1550	10.679	10.691	10.703	10.714	10.726	10.738	10.749	10.761	10.773	10.784	10.796	1550
1560	10.796	10.808	10.819	10.831	10.843	10.854	10.866	10.877	10.889	10.901	10.913	1560
1570	10.913	10.924	10.936	10.948	10.959	10.971	10.983	10.994	11.006	11.018	11.029	1570
1580	11.029	11.041	11.053	11.064	11.076	11.088	11.099	11.111	11.123	11.134	11.146	1580
1590	11.146	11.158	11.169	11.181	11.193	11.205	11.216	11.228	11.240	11.251	11.263	1590
1600	11.263	11.275	11.286	11.298	11.310	11.321	11.333	11.345	11.357	11.368	11.380	1600
1610	11.380	11.392	11.403	11.415	11.427	11.438	11.450	11.462	11.474	11.485	11.497	1610
1620	11.497	11.509	11.520	11.532	11.544	11.555	11.567	11.579	11.591	11.602	11.614	1620
1630	11.614	11.626	11.637	11.649	11.661	11.673	11.684	11.696	11.708	11.719	11.731	1630
1640	11.731	11.743	11.754	11.766	11.778	11.790	11.801	11.813	11.825	11.836	11.848	1640
1650	11.848	11.860	11.871	11.883	11.895	11.907	11.918	11.930	11.942	11.953	11.965	1650
1660	11.965	11.977	11.988	12.000	12.012	12.024	12.035	12.047	12.059	12.070	12.082	1660
1670	12.082	12.094	12.105	12.117	12.129	12.141	12.152	12.164	12.176	12.187	12.199	1670
1680	12.199	12.211	12.222	12.234	12.246	12.257	12.269	12.281	12.292	12.304	12.316	1680
1690	12.316	12.327	12.339	12.351	12.363	12.374	12.386	12.398	12.409	12.421	12.433	1690
1700	12.433	12.444	12.456	12.468	12.479	12.491	12.503	12.514	12.526	12.538	12.549	1700
1710	12.549	12.561	12.572	12.584	12.596	12.607	12.619	12.631	12.642	12.654	12.666	1710
1720	12.666	12.677	12.689	12.701	12.712	12.724	12.736	12.747	12.759	12.770	12.782	1720
1730	12.782	12.794	12.805	12.817	12.829	12.840	12.852	12.863	12.875	12.887	12.898	1730
1740	12.898	12.910	12.921	12.933	12.945	12.956	12.968	12.980	12.991	13.003	13.014	1740
1750	13.014	13.026	13.037	13.049	13.061	13.072	13.084	13.095	13.107	13.119	13.130	1750
1760	13.130	13.142	13.153	13.165	13.176	13.188	13.200	13.211	13.223	13.234	13.246	1760
1770	13.246	13.257	13.269	13.280	13.292	13.304	13.315	13.327	13.338	13.350	13.361	1770
1780	13.361	13.373	13.384	13.396	13.407	13.419	13.430	13.442	13.453	13.465	13.476	1780
1790	13.476	13.488	13.499	13.511	13.522	13.534	13.545	13.557	13.568	13.580	13.591	1790
1800	13.591	13.603	13.614	13.626	13.637	13.649	13.660	13.672	13.683	13.694	13.706	1800
1810	13.706	13.717	13.729	13.740	13.752	13.763	13.775	13.786	13.797	13.809	13.820	1810
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 450 a 2372 °F
– 270 a 1300 °C

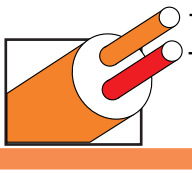
Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: : 2.2 °C o 0.75% superior
0 °C 2.2 °C o 2.0% inferior
Especial: 1.1 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Alternativa al tipo K; Más estable en altas temperaturas
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

°C

Níquel-14.2% Cromo-1.4% Silicio vs. Níquel-4.4% Silicio - 0.1% Magnesio



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO N

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C
-260	- 4.345	- 4.345	- 4.344	- 4.344	- 4.343	- 4.342	- 4.341	- 4.340	- 4.339	- 4.337	-4.336	-260
-250	-4.338	-4.334	-4.332	-4.330	-4.328	-4.326	-4.324	-4.321	-4.319	-4.318	-4.313	-250
-240	-4.313	-4.310	-4.307	-4.304	-4.300	-4.297	-4.293	-4.289	-4.285	-4.281	-4.277	-240
-230	-4.277	-4.273	-4.268	-4.263	-4.258	-4.254	-4.248	-4.243	-4.238	-4.232	-4.226	-230
-220	-4.226	-4.221	-4.215	-4.209	-4.202	-4.196	-4.189	-4.183	-4.176	- 4.169	-4.162	-220
-210	-4.162	-4.154	-4.147	-4.140	-4.132	-4.124	-4.116	-4.108	-4.100	-4.091	-4.083	-210
-200	-4.083	-4.074	-4.066	-4.057	-4.048	-4.038	-4.029	-4.020	-4.010	-4.000	-3.990	-200
-190	-3.990	-3.980	-3.970	-3.960	-3.950	-3.939	-3.928	-3.918	-3.907	-3.898	-3.884	-190
-180	-3.884	-3.873	-3.862	-3.850	-3.838	-3.827	-3.815	-3.803	-3.790	-3.778	-3.786	-180
-170	-3.766	-3.753	-3.740	-3.728	-3.715	-3.702	-3.688	-3.675	-3.662	-3.648	-3.634	-170
-160	-3.634	-3.621	-3.607	-3.593	-3.578	-3.564	-3.550	-3.535	-3.521	-3.506	-3.491	-160
-150	-3.491	-3.476	-3.461	-3.446	-3.431	-3.415	-3.400	-3.384	-3.368	-3.352	-3.336	-150
-140	-3.336	-3.320	-3.304	-3.288	-3.271	-3.255	-3.238	-3.221	-3.205	-3.188	-3.171	-140
-130	-3.171	-3.153	-3.136	-3.119	-3.101	-3.084	-3.066	-3.048	-3.030	-3.012	-2.994	-130
-120	-2.994	-2.976	-2.958	-2.939	-2.921	-2.902	-2.883	-2.865	-2.846	-2.827	-2.808	-120
-110	-2.808	-2.789	-2.769	-2.750	-2.730	-2.711	-2.691	-2.672	-2.652	-2.632	-2.612	-110
-100	-2.612	-2.592	-2.571	-2.551	-2.531	-2.510	-2.490	-2.469	-2.448	-2.428	-2.407	-100
-90	-2.407	-2.386	-2.385	-2.344	-2.322	-2.301	-2.280	-2.258	-2.237	-2.215	-2.193	-90
-80	-2.193	-2.172	-2.150	-2.128	-2.106	-2.084	-2.082	-2. 039	-2.017	-1.995	-1.972	-80
-70	-1.972	-1.950	-1.927	-1.905	-1.882	-1.859	-1.836	-1.813	-1.790	-1.767	-1.744	-70
-60	-1.744	-1.721	-1.698	-1.674	-1.651	-1.627	-1.604	-1.580	-1.557	-1.533	-1.509	-60
-50	-1.509	-1.485	-1.462	-1.438	-1.414	-1.390	-1.366	-1.341	-1.317	-1.293	-1.269	-50
-40	-1.269	-1.244	-1.220	-1.195	-1.171	-1.146	-1.122	-1.097	-1.072	-1.048	-1.023	-40
-30	-1.023	-0.998	-0.973	-0.948	-0.923	-0.898	-0.873	-0.848	-0.823	-0.798	-0.772	-30
-20	-0.772	-0.747	-0.722	-0.696	-0.671	-0.646	-0.620	-0.595	-0.589	-0.544	-0.518	-20
-10	-0.518	-0.492	-0.467	-0.441	-0.415	-0.390	-0.364	-0.338	-0.312	-0.286	-0.260	-10
0	-0.260	-0.234	-0.209	-0.183	-0.157	-0.131	-0.104	-0.078	-0.052	-0.026	0.000	0
0	0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.182	0.208	0.235	0.261	0
10	0.261	0.287	0.313	0.340	0.366	0.393	0.419	0.446	0.472	0.499	0.525	10
20	0.525	0.552	0.578	0.605	0.632	0.659	0.685	0.712	0.739	0.766	0.793	20
30	0.793	0.820	0.847	0.874	0.901	0.928	0.955	0.983	1.010	1.037	1.065	30
40	1.065	1.092	1.119	1.147	1.174	1.202	1.229	1.257	1.284	1.312	1.340	40
50	1.340	1.368	1.395	1.423	1.451	1.479	1.507	1.535	1.563	1.501	1.619	50
60	1.619	1.647	1.675	1.703	1.732	1.760	1.788	1.817	1.845	1.873	1.902	60
70	1.902	1.930	1.959	1.988	2.016	2.045	2.074	2.102	2.131	2.160	2.189	70
80	2.189	2.218	2.247	2.276	2.305	2.334	2.363	2.392	2.421	2.450	2.480	80
90	2.480	2.509	2.538	2.568	2.597	2.826	2.656	2.685	2.715	2.744	2.774	90
100	2.774	2.804	2.833	2.863	2.893	2.923	2.953	2.983	3.012	3.042	3.072	100
110	3.072	3.102	3.133	3.163	3.193	3.223	3.253	3.283	3.314	3.344	3.374	110
120	3.374	3.405	3.435	3.466	3.496	3.527	3.557	3.588	3.619	3.649	3.680	120
130	3.680	3.711	3.742	3.772	3.803	3.834	3.865	3.896	3.927	3.958	3.989	130
140	3.989	4.020	4.051	4.083	4.114	4.145	4.176	4.208	4.239	4.270	4.302	140
150	4.302	4.333	4.365	4.396	4.428	4.459	4.491	4.523	4.554	4.586	4.618	I50
160	4.618	4.650	4.681	4.713	4.745	4.777	4.809	4.841	4.873	4.905	4.937	160
170	4.937	4.969	5.001	5.033	5.066	5.098	5.130	5.162	5.195	5.227	5.259	170
180	5.259	5.292	5.324	5.357	5.389	5.422	5.454	5.487	5.520	5.552	5.585	ISO
190	5.585	5.618	5.650	5.683	5.716	5.749	5.782	5.815	5.847	5.880	5.913	190
200	5.913	5.946	5.979	6.013	6.046	6.079	6.112	6.145	6.178	6.211	6.245	200
210	6.245	6.278	6.311	6.345	6.378	6.411	6.445	6.478	6.512	6.545	6.579	210
220	6.579	68.612	e.e"	6.680	8.713	15.747	6.781	6.814	6.848	6.882	6.918	220
230	6.916	6.949	6.983	7.017	7.051	7.085	7.119	7.153	7.187	7.221	7.255	230
240	7.255	7.289	7.323	7.357	7.392	7.426	7.460	7.494	7.528	7.583	7.597	240
250	7.597	7.631	7.666	7.700	7.734	7.769	7.803	7.838	7.872	7.907	7.941	250
260	7.941	7.976	8.010	8.045	8.080	8.114	8.149	8.184	8.218	8.253	8.288	260
270	8.288	8.323	8.358	8.392	8.427	8.462	8.497	8.532	8.567	8.602	8.637	270
280	8.637	8.672	8.707	8.742	8.777	8.812	8.847	8.882	8.918	8.953	8.988	280
290	8.988	9.023	9.058	9.094	9.129	9.164	9.200	9.235	9.270	9.306	9.341	290
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
300	9.341	9.377	9.412	9.448	9.483	9.519	9.554	9.590	9.625	9.661	9.696	300
310	9.696	9.732	9.768	9.803	9.839	9.875	9.910	9.946	9.982	10.018	10.054	310
320	10.054	10.089	10.125	10.161	10.197	10.233	10.269	10.305	10.341	10.377	10.413	320
330	10.413	10.449	10.485	10.521	10.557	10.593	10.629	10.665	10.701	10.737	10.774	330
340	10.774	10.810	10.846	10.882	10.918	10.955	10.991	11.027	11.064	11.100	11.136	340
350	11.136	11.173	11.209	11.245	11.282	11.318	11.355	11.391	11.428	11.464	11.501	350
360	11.501	11.537	11.574	1.610	11.647	11.683	11.720	11.757	11.793	11.830	11.867	360
370	11.867	11.903	11.940	11.977	12.013	12.050	12.087	12.124	12.160	12.197	12.234	370
380	12.234	12.271	12.308	12.345	12.382	12.418	12.455	12.492	12.529	12.566	12.603	380
390	12.603	12.640	12.677	12.714	12.751	12.788	12.825	12.862	12.899	12.937	12.974	390
400	12.974	13.011	13.048	13.085	13.122	13.159	13.197	13.234	13.271	13.308	13.346	400
410	13.346	13.383	13.420	13.457	13.495	13.532	13.569	13.607	13.644	13.682	13.719	410
420	13.719	13.756	13.794	13.831	13.869	13.906	13.944	13.981	14.019	14.056	14.094	420
430	14.094	14.131	14.169	14.206	14.244	14.281	14.319	14.356	14.394	14.432	14.469	430
440	14.469	14.507	14.545	14.582	14.620	14.658	14.695	14.733	14.771	14.809	14.846	440
450	14.848	14.884	14.922	14.960	14.998	15.035	15.073	15.111	15.149	15.187	15.225	450
460	15.225	15.262	15.300	15.338	15.376	15.414	15.452	15.490	15.528	15.566	15.604	460
470	15.604	15.642	15.680	15.718	15.756	15.794	15.832	15.870	15.908	15.946	15.984	470
480	15.984	16.022	16.060	I 6.099	16.137	16.175	16.213	16.251	16.289	16.327	16.366	480
490	16.366	16.404	16.442	16.480	16.518	16.557	16.595	16.633	16.671	16.710	16.748	490
500	16.748	16.786	I 6.824	16.883	16.901	16.939	16.978	17.016	17.054	17.093	17.131	500
510	17.131	17.169	17.208	17.246	17.285	17.323	17.361	17.400	17.438	17.477	17.515	510
520	17.515	17.554	17.592	17.630	17.669	17.707	17.746	17.784	17.823	17.861	17.900	520
530	17.900	17.938	17.977	18.016	18.054	18.093	18.131	18.170	18.208	18.247	18.286	530
540	18.286	18.324	18.363	18.401	18.440	18.479	18.517	18.556	18.595	18.633	18.672	540
550	18.672	18.711	18.749	18.788	18.827	18.865	18.904	18.943	18.982	19.020	19.059	550
560	19.059	19.096	19.136	19.175	19.214	19.253	19.292	19.330	19.369	19.408	19.447	560
570	19.447	19.485	19.524	19.563	19.602	19.641	19.680	19.718	19.757	19.796	19.835	570
580	19.835	19.874	19.913	19.952	19.990	20.029	20.068	20.107	20.146	20.185	20.224	580
590	20.224	20.263	20.302	20.341	20.379	20.418	20.457	20.496	20.535	20.574	20.613	590
600	20.613	20.652	20.69I	20.730	20.769	20.808	20.847	20.886	20.925	20.964	21.003	600
610	21.003	21.042	21.081	21.120	21.159	21.198	21.237	21.276	21.315	21.354	21.393	610
620	21.393	21.432	21.471	21.510	21.549	21.588	21.628	21.667	21.706	21.745	21.784	620
630	21.784	21.823	21.862	21.901	21.940	21.979	22.018	22.058	22.097	22.136	22.175	630
640	22.175	22.214	22.253	22.292	22.331	22.370	22.410	22.449	22.488	22.527	22.566	640
650	22.556	22.605	22.644	22.684	22.723	22.762	22.801	22.840	22.879	22.919	22.958	650
660	22.958	22.997	23.036	23.075	23.115	23.154	23.193	23.232	23.271	23.311	23.350	660
670	23.350	23.389	23.428	23.467	23.507	23.546	23.585	23.624	23.663	23.703	23.742	670
680	23.742	23.781	23.820	23.860	23.899	23.938	23.977	24.016	24.056	24.095	24.134	680
690	24.134	24.173	24.213	24.252	24.291	24.330	24.370	24.409	24.448	24.487	24.527	690
700	24.527	24.566	24.605	24.644	24.684	24.723	24.762	24.801	24.841	24.880	24.919	700
710	24.919	24.959	24.998	25.037	25.076	25.116	25.155	25.194	25.233	25.273	25.312	710
720	25.312	25.351	25.391	25.430	25.469	25.508	25.548	25.587	25.626	25.666	25.705	720
730	25.705	25.744	25.783	25.823	25.862	25.901	25.941	25.980	26.019	26.058	26.098	730
740	26.098	26.137	26.176	26.216	26.255	26.294	26.333	26.373	26.412	26.451	26.491	740
750	26.491	26.530	26.569	26.608	26.648	26.687	26.726	26.766	26.805	26.844	26.883	750
760	26.883	26.923	26.962	27.001	27.041	27.080	27.119	27.158	27.198	27.237	27.276	760
770	27.276	27.316	27.355	27.394	27.433	27.473	27.512	27.551	27.591	27.630	27.669	770
780	27.669	27.708	27.748	27.787	27.826	27.866	27.905	27.944	27.983	28.023	28.062	780
790	28.062	28.101	28.140	28.180	28.219	28.258	28.297	28.337	28.376	28.415	28.455	790
800	28.455	28.494	28.533	28.572	28.612	28.651	28.690	28.729	28.769	28.808	28.847	800
810	28.847	28.886	28.926	28.965	29.004	29.043	29.083	29.122	29.161	29.200	29.239	810
820	29.239	29.279	29.318	29.357	29.396	29.436	29.475	29.514	29.553	29.592	29.632	820
830	29.632	29.671	29.710	29.749	29.789	29.828	29.867	29.906	29.945	29.985	30.024	830
840	30.024	30.063	30.102	30.141	30.181	30.220	30.259	30.298	30.337	30.376	30.416	840
850	30.416	30.455	30.494	30.533	30.572	30.611	30.651	30.690	30.729	30.768	30.807	850
860	30.807	30.846	30.886	30.925	30.964	31.003	31.042	31.081	31.120	31.160	31.199	860
870	31.199	31.238	31.277	31.316	31.355	31.394	31.433	31.473	31.512	31.551	31.590	870
880	31.590	31.629	31.668	31.707	31.746	31.785	31.824	31.863	31.903	31.942	31.981	880
890	31.981	32.020	32.059	32.098	32.137	32.176	32.215	32.254	32.293	32.332	32.371	890
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO N

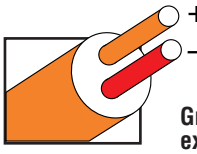
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°C

Níquel-14.2% Cromo-1.4% Silicio vs. Níquel-4.4% Silicio - 0.1% Magnesio



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 450 a 2372 °F
– 270 a 1300 °C

Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: : 2.2 °C o 0.75% superior
0 °C 2.2 °C o 2.0% inferior
Especial: 1.1 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Alternativa al tipo K; Más estable en altas temperaturas
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
900	32.371	32.410	32.449	32.488	32.527	32.566	32.605	32.644	32.683	32.722	32.761	900
910	32.761	32.800	32.839	32.878	32.917	32.956	32.995	33.034	33.073	33.112	33.151	910
920	33.151	33.190	33.229	33.268	33.307	33.346	33.385	33.424	33.463	33.502	33.541	920
930	33.541	33.580	33.619	33.658	33.697	33.736	33.774	33.813	33.852	33.891	33.930	930
940	33.930	33.969	34.008	34.047	34.086	34.124	34.163	34.202	34.241	34.280	34.319	940
950	34.319	34.358	34.396	34.435	34.474	34.513	34.552	34.591	34.629	34.668	34.707	950
960	34.707	34.746	34.785	34.823	34.862	34.901	34.940	34.979	35.017	35.056	35.095	960
970	35.095	35.134	35.172	35.211	35.250	35.289	35.327	35.366	35.405	35.444	35.482	970
980	35.482	35.521	35.560	35.598	35.637	35.676	35.714	35.753	35.792	35.831	35.889	980
990	35.869	35.908	35.946	35.985	36.024	36.062	36.101	36.140	36.178	36.217	36.256	990
1000	36.256	38.294	36.333	36.371	36.410	36.449	36.487	36.526	36.564	36.603	36.641	1000
1010	36.841	36.680	36.718	38.757	38.796	38.834	36.873	36.911	36.950	36.988	37.027	1010
1020	37.027	37.065	37.104	37.142	37.181	37.219	37.258	37.296	37.334	37.373	37.411	1020
1030	37.411	37.450	37.488	37.527	37.565	37.603	37.642	37.680	37.719	37.757	37.795	1030
1040	37.795	37.834	37.872	37.911	37.949	37.987	38.026	38.064	38.102	38.141	38.179	1040
1050	38.179	38.217	38.256	38.294	38.332	38.370	38.409	38.447	38.485	38.524	38.562	1050
1060	38.562	38.600	38.638	38.677	38.715	38.753	38.791	38.829	38.868	38.906	38.944	1060
1070	38.944	38.982	39.020	39.059	39.097	39.135	39.173	39.211	39.249	39.287	39.326	1070
1080	39.326	39.364	39.402	39.440	39.478	39.516	30.554	39.592	39.630	39.668	39.706	1000
1090	39.708	39.744	39.783	39.821	39.859	39.897	39.935	39.973	40.011	40.049	40.087	1090
1100	40.087	40.125	40.163	40.201	40.238	40.276	40.314	40.352	40.390	40.428	40.466	1100
1110	40.466	40.504	40.542	40.580	40.818	40.655	40.693	40.731	40.769	40.807	40.845	1110
1120	40.845	40.883	40.920	40.958	40.996	41.034	41.072	41.109	41.147	41.185	41.223	1120
1130	41.223	41.260	41.298	41.336	41.374	41.411	41.449	41.487	41.525	41.562	41.600	1130
1140	41.600	41.638	41.675	41.713	41.751	41.788	41.826	41.864	41.901	41.939	41.976	1140
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
1150	41.976	42.014	42.052	42.089	42.127	42.164	42.202	42.239	42.277	42.314	42.352	1150
1160	42.352	42.390	42.427	42.465	42.502	42.540	42.577	42.614	42.652	42.689	42.727	1160
1170	42.727	42.764	42.802	42.839	42.877	42.914	42.951	42.989	43.026	43.064	43.101	1170
1180	43.101	43.138	43.176	43.213	43.250	43.288	43.325	43.362	43.399	43.437	43.474	1190
1190	43.474	43.511	43.549	43.586	43.623	43.660	43.698	43.735	43.772	43.809	43.846	1190
1200	43.846	43.884	43.921	43.958	43.995	44.032	44.069	44.106	44.144	44.181	44.218	1900
1210	44.218	44.255	44.292	44.329	44.366	44.403	44.440	44.477	44.514	44.551	44.551	1210
1220	44.588	44.625	44.662	44.699	44.736	44.773	44.810	44.847	44.884	44.921	44.958	1220
1230	44.958	44.995	45.032	45.069	45.105	45.142	45.179	45.216	45.253	45.290	45.326	1230
1240	45.326	45.363	45.400	45.437	45.474	45.510	45.547	45.584	45.621	45.657	45.694	1240
1250	45.694	45.731	45.767	45.804	45.841	45.877	45.914	45.951	45.987	46.024	46.080	1250
1260	46.060	46.097	46.133	46.170	46.207	46.243	46.280	46.316	46.353	46.389	46.425	1260
1270	46.425	46.462	46.498	46.535	46.571	46.608	46.844	46.880	46.717	46.753	46.789	1270
1280	46.789	46.826	46.862	46.898	46.935	46.971	47.007	47.043	47.079	47.116	47.152	1280
1290	47.152	47.188	47.224	47.260	47.296	47.333	47.369	47.405	47.441	47.477	47.513	1290
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 a 1382 °F
0 a 750 °C

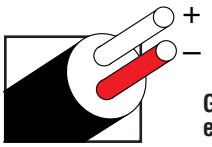
Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 2.2 °C o 0.75%
Especial: 1.1 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
La reducción, de vacío, inerte; Uso Límitado oxidado a altas temperaturas;
No Recomendado para bajas temperaturas
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

°F **Hierro vs. Cobre-Níquel**



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

TIPO J

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°F
-340					-8.095	-8.085	-8.074	-8.063	-8.052	-8.041	-8.030	-340
-330	-8.030	-8.019	-8.008	-7.996	-7.985	-7.973	-7.962	-7.950	-7.938	-7.927	-7.915	-330
-320	-7.915	-7.903	-7.890	-7.878	-7.866	-7.854	-7.841	-7.829	-7.816	-7.804	-7.791	-320
-310	-7.791	-7.778	-7.765	-7.752	-7.739	-7.726	-7.713	-7.699	-7.686	-7.672	-7.659	-310
-300	-7.659	-7.645	-7.632	-7.618	-7.604	-7.590	-7.576	-7.562	-7.548	-7.534	-7.519	-300
-290	-7.519	-7.505	-7.491	-7.476	-7.462	-7.447	-7.432	-7.417	-7.403	-7.388	-7.373	-290
-280	-7.373	-7.357	-7.342	-7.327	-7.312	-7.296	-7.281	-7.265	-7.250	-7.234	-7.219	-280
-270	-7.219	-7.203	-7.187	-7.171	-7.155	-7.139	-7.123	-7.107	-7.090	-7.074	-7.058	-270
-260	-7.058	-7.041	-7.025	-7.008	-6.991	-6.975	-6.958	-6.941	-6.924	-6.907	-6.890	-260
-250	-6.890	-6.873	-6.856	-6.839	-6.821	-6.804	-6.787	-6.769	-6.752	-6.734	-6.716	-250
-240	-6.716	-6.699	-6.681	-6.663	-6.645	-6.627	-6.609	-6.591	-6.573	-6.555	-6.536	-240
-230	-6.536	-6.518	-6.500	-6.481	-6.463	-6.444	-6.426	-6.407	-6.388	-6.370	-6.351	-230
-220	-6.351	-6.332	-6.313	-6.294	-6.275	-6.256	-6.236	-6.217	-6.198	-6.179	-6.159	-220
-210	-6.159	-6.140	-6.120	-6.101	-6.081	-6.061	-6.042	-6.022	-6.002	-5.982	-5.962	-210
-200	-5.962	-5.942	-5.922	-5.902	-5.882	-5.862	-5.842	-5.821	-5.801	-5.781	-5.760	-200
-190	-5.760	-5.740	-5.719	-5.699	-5.678	-5.657	-5.637	-5.616	-5.595	-5.574	-5.553	-190
-180	-5.553	-5.532	-5.511	-5.490	-5.469	-5.448	-5.426	-5.405	-5.384	-5.363	-5.341	-180
-170	-5.341	-5.320	-5.298	-5.277	-5.255	-5.233	-5.212	-5.190	-5.168	-5.146	-5.125	-170
-160	-5.125	-5.103	-5.081	-5.059	-5.037	-5.015	-4.992	-4.970	-4.948	-4.926	-4.903	-160
-150	-4.903	-4.881	-4.859	-4.836	-4.814	-4.791	-4.769	-4.746	-4.724	-4.701	-4.678	-150
-140	-4.678	-4.655	-4.633	-4.610	-4.587	-4.564	-4.541	-4.518	-4.495	-4.472	-4.449	-140
-130	-4.449	-4.425	-4.402	-4.379	-4.356	-4.332	-4.309	-4.286	-4.262	-4.239	-4.215	-130
-120	-4.215	-4.192	-4.168	-4.144	-4.121	-4.097	-4.073	-4.050	-4.026	-4.002	-3.978	-120
-110	-3.978	-3.954	-3.930	-3.906	-3.882	-3.858	-3.834	-3.810	-3.786	-3.761	-3.737	-110
-100	-3.737	-3.713	-3.688	-3.664	-3.640	-3.615	-3.591	-3.566	-3.542	-3.517	-3.493	-100
-90	-3.493	-3.468	-3.443	-3.419	-3.394	-3.369	-3.344	-3.320	-3.295	-3.270	-3.245	-90
-80	-3.245	-3.220	-3.195	-3.170	-3.145	-3.120	-3.095	-3.070	-3.044	-3.019	-2.994	-80
-70	-2.994	-2.969	-2.943	-2.918	-2.893	-2.867	-2.842	-2.817	-2.791	-2.766	-2.740	-70
-60	-2.740	-2.714	-2.689	-2.663	-2.638	-2.612	-2.586	-2.560	-2.535	-2.509	-2.483	-60
- 50	-2.483	-2.457	-2.431	-2.405	-2.379	-2.353	-2.327	-2.301	-2.275	-2.249	-2.223	-50
-40	-2.223	-2.197	-2.171	-2.145	-2.118	-2.092	-2.066	-2.040	-2.013	-1.987	-1.961	-40
-30	-1.961	-1.934	-1.908	-1.881	-1.855	-1.828	-1.802	-1.775	-1.749	-1.722	-1.695	-30
-20	-1.695	-1.669	-1.642	-1.615	-1.589	-1.562	-1.535	-1.508	-1.482	-1.455	-1.428	-20
-10	-1.428	-1.401	-1.374	-1.347	-1.320	-1.293	-1.266	-1.239	-1.212	-1.185	-1.158	-10
0	-1.158	-1.131	-1.104	-1.076	-1.049	-1.022	-0.995	-0.967	-0.940	-0.913	-0.886	0
0	-0.886	-0.858	-0.831	-0.803	-0.776	-0.749	-0.721	-0.694	-0.666	-0.639	-0.611	0
10	-0.611	-0.583	-0.556	-0.528	-0.501	-0.473	-0.445	-0.418	-0.390	-0.362	-0.334	10
20	-0.334	-0.307	-0.279	-0.251	-0.223	-0.195	-0.168	-0.140	-0.112	-0.084	-0.056	20
30	-0.056	-0.028	0.000	0.028	0.056	0.084	0.112	0.140	0.168	0.196	0.225	30
40	0.225	0.253	0.281	0.309	0.337	0.365	0.394	0.422	0.450	0.478	0.507	40
50	0.507	0.535	0.563	0.592	0.620	0.649	0.677	0.705	0.734	0.762	0.791	50
60	0.791	0.819	0.848	0.876	0.905	0.933	0.962	0.991	1.019	1.048	1.076	60
70	1.076	1.105	1.134	1.162	1.191	1.220	1.249	1.277	1.306	1.335	1.364	70
80	1.364	1.392	1.421	1.450	1.479	1.508	1.537	1.566	1.594	1.623	1.652	80
90	1.652	1.681	1.710	1.739	1.768	1.797	1.826	1.855	1.884	1.913	1.942	90
100	1.942	1.972	2.001	2.030	2.059	2.088	2.117	2.146	2.175	2.205	2.234	100
110	2.234	2.263	2.292	2.322	2.351	2.380	2.409	2.439	2.468	2.497	2.527	110
120	2.527	2.556	2.585	2.615	2.644	2.673	2.703	2.732	2.762	2.791	2.821	120
130	2.821	2.850	2.880	2.909	2.938	2.968	2.997	3.027	3.057	3.086	3.116	130
140	3.116	3.145	3.175	3.204	3.234	3.264	3.293	3.323	3.353	3.382	3.412	140
150	3.412	3.442	3.471	3.501	3.531	3.560	3.590	3.620	3.650	3.679	3.709	150
160	3.709	3.739	3.769	3.798	3.828	3.858	3.888	3.918	3.948	3.977	4.007	160
170	4.007	4.037	4.067	4.097	4.127	4.157	4.187	4.217	4.246	4.276	4.306	170
180	4.306	4.336	4.366	4.396	4.426	4.456	4.486	4.516	4.546	4.576	4.606	180
190	4.606	4.636	4.666	4.696	4.726	4.757	4.787	4.817	4.847	4.877	4.907	190
200	4.907	4.937	4.967	4.997	5.028	5.058	5.088	5.118	5.148	5.178	5.209	200
210	5.209	5.239	5.269	5.299	5.329	5.360	5.390	5.420	5.450	5.480	5.511	210
220	5.511	5.541	5.571	5.602	5.632	5.662	5.692	5.723	5.753	5.783	5.814	220
230	5.814	5.844	5.874	5.905	5.935	5.965	5.996	6.026	6.056	6.087	6.117	230
240	6.117	6.147	6.178	6.208	6.239	6.269	6.299	6.330	6.360	6.391	6.421	240
250	6.421	6.452	6.482	6.512	6.543	6.573	6.604	6.634	6.665	6.695	6.726	250
260	6.726	6.756	6.787	6.817	6.848	6.878	6.909	6.939	6.970	7.000	7.031	260
270	7.031	7.061	7.092	7.122	7.153	7.184	7.214	7.245	7.275	7.306	7.336	270
280	7.336	7.367	7.398	7.428	7.459	7.489	7.520	7.550	7.581	7.612	7.642	280
290	7.642	7.673	7.704	7.734	7.765	7.795	7.826	7.857	7.887	7.918	7.949	290
°F	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**°F**

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
300	7.949	7.979	8.010	8.041	8.071	8.102	8.133	8.163	8.194	8.225	8.255	300
310	8.255	8.286	8.317	8.347	8.378	8.409	8.439	8.470	8.501	8.532	8.562	310
320	8.562	8.593	8.624	8.654	8.685	8.716	8.747	8.777	8.808	8.839	8.869	320
330	8.869	8.900	8.931	8.962	8.992	9.023	9.054	9.085	9.115	9.146	9.177	330
340	9.177	9.208	9.238	9.269	9.300	9.331	9.362	9.392	9.423	9.454	9.485	340
350	9.485	9.515	9.546	9.577	9.608	9.639	9.669	9.700	9.731	9.762	9.793	350
360	9.793	9.823	9.854	9.885	9.916	9.947	9.977	10.008	10.039	10.070	10.101	360
370	10.101	10.131	10.162	10.193	10.224	10.255	10.285	10.316	10.347	10.378	10.409	370
380	10.409	10.440	10.470	10.501	10.532	10.563	10.594	10.625	10.655	10.686	10.717	380
390	10.717	10.748	10.779	10.810	10.840	10.871	10.902	10.933	10.964	10.995	11.025	390
400	11.025	11.056	11.087	11.118	11.149	11.180	11.211	11.241	11.272	11.303	11.334	400
410	11.334	11.365	11.396	11.426	11.457	11.488	11.519	11.550	11.581	11.612	11.642	410
420	11.642	11.673	11.704	11.735	11.766	11.797	11.828	11.858	11.889	11.920	11.951	420
430	11.951	11.982	12.013	12.044	12.074	12.105	12.136	12.167	12.198	12.229	12.260	430
440	12.260	12.290	12.321	12.352	12.383	12.414	12.445	12.476	12.506	12.537	12.568	440
450	12.568	12.599	12.630	12.661	12.691	12.722	12.753	12.784	12.815	12.846	12.877	450
460	12.877	12.907	12.938	12.969	13.000	13.031	13.062	13.093	13.123	13.154	13.185	460
470	13.185	13.216	13.247	13.278	13.308	13.339	13.370	13.401	13.432	13.463	13.494	470
480	13.494	13.524	13.555	13.586	13.617	13.648	13.679	13.709	13.740	13.771	13.802	480
490	13.802	13.833	13.864	13.894	13.925	13.956	13.987	14.018	14.049	14.079	14.110	490
500	14.110	14.141	14.172	14.203	14.233	14.264	14.295	14.326	14.357	14.388	14.418	500
510	14.418	14.449	14.480	14.511	14.542	14.573	14.603	14.634	14.665	14.696	14.727	510
520	14.727	14.757	14.788	14.819	14.850	14.881	14.911	14.942	14.973	15.004	15.035	520
530	15.035	15.065	15.096	15.127	15.158	15.189	15.219	15.250	15.281	15.312	15.343	530
540	15.343	15.373	15.404	15.435	15.466	15.496	15.527	15.558	15.589	15.620	15.650	540
550	15.650	15.681	15.712	15.743	15.773	15.804	15.835	15.866	15.897	15.927	15.958	550
560	15.958	15.989	16.020	16.050	16.081	16.112	16.143	16.173	16.204	16.235	16.266	560
570	16.266	16.296	16.327	16.358	16.389	16.419	16.450	16.481	16.512	16.542	16.573	570
580	16.573	16.604	16.635	16.665	16.696	16.727	16.758	16.788	16.819	16.850	16.881	580
590	16.881	16.911	16.942	16.973	17.003	17.034	17.065	17.096	17.126	17.157	17.188	590
600	17.188	17.219	17.249	17.280	17.311	17.341	17.372	17.403	17.434	17.464	17.495	600
610	17.495	17.526	17.556	17.587	17.618	17.649	17.679	17.710	17.741	17.771	17.802	610
620	17.802	17.833	17.863	17.894	17.925	17.955	17.986	18.017	18.048	18.078	18.109	620
630	18.109	18.140	18.170	18.201	18.232	18.262	18.293	18.324	18.354	18.385	18.416	630
640	18.416	18.446	18.477	18.508	18.538	18.569	18.600	18.630	18.661	18.692	18.722	640
650	18.722	18.753	18.784	18.814	18.845	18.876	18.906	18.937	18.968	18.998	19.029	650
660	19.029	19.060	19.090	19.121	19.152	19.182	19.213	19.244	19.274	19.305	19.336	660
670	19.336	19.366	19.397	19.428	19.458	19.489	19.520	19.550	19.581	19.612	19.642	670
680	19.642	19.673	19.704	19.734	19.765	19.795	19.826	19.857	19.887	19.918	19.949	680
690	19.949	19.979	20.010	20.041	20.071	20.102	20.132	20.163	20.194	20.224	20.255	690
700	20.255	20.286	20.316	20.347	20.378	20.408	20.439	20.469	20.500	20.531	20.561	700
710	20.561	20.592	20.623	20.653	20.684	20.715	20.745	20.776	20.806	20.837	20.868	710
720	20.868	20.898	20.929	20.960	20.990	21.021	21.052	21.082	21.113	21.143	21.174	720
730	21.174	21.205	21.235	21.266	21.297	21.327	21.358	21.389	21.419	21.450	21.480	730
740	21.480	21.511	21.542	21.572	21.603	21.634	21.664	21.695	21.726	21.756	21.787	740
750	21.787	21.817	21.848	21.879	21.909	21.940	21.971	22.001	22.032	22.063	22.093	750
760	22.093	22.124	22.154	22.185	22.216	22.246	22.277	22.308	22.338	22.369	22.400	760
770	22.400	22.430	22.461	22.492	22.522	22.553	22.584	22.614	22.645	22.676	22.706	770
780	22.706	22.737	22.768	22.798	22.829	22.860	22.890	22.921	22.952	22.982	23.013	780
790	23.013	23.044	23.074	23.105	23.136	23.166	23.197	23.228	23.258	23.289	23.320	790
800	23.320	23.350	23.381	23.412	23.442	23.473	23.504	23.535	23.565	23.596	23.627	800
810	23.627	23.657	23.688	23.719	23.749	23.780	23.811	23.842	23.872	23.903	23.934	810
820	23.934	23.964	23.995	24.026	24.057	24.087	24.118	24.149	24.180	24.210	24.241	820
830	24.241	24.272	24.303	24.333	24.364	24.395	24.426	24.456	24.487	24.518	24.549	830
840	24.549	24.579	24.610	24.641	24.672	24.702	24.733	24.764	24.795	24.826	24.856	840
850	24.856	24.887	24.918	24.949	24.979	25.010	25.041	25.072	25.103	25.134	25.164	850
860	25.164	25.195	25.226	25.257	25.288	25.318	25.349	25.380	25.411	25.442	25.473	860
870	25.473	25.504	25.534	25.565	25.596	25.627	25.658	25.689	25.720	25.750	25.781	870
880	25.781	25.812	25.843	25.874	25.905	25.936	25.967	25.998	26.028	26.059	26.090	880
890	26.090	26.121	26.152	26.183	26.214	26.245	26.276	26.307	26.338	26.369	26.400	890
900	26.400	26.431	26.462	26.493	26.524	26.555	26.586	26.617	26.648	26.679	26.710	900
910	26.710	26.741	26.772	26.803	26.834	26.865	26.896	26.927	26.958	26.989	27.020	910
920	27.020	27.051	27.082	27.113	27.144	27.175	27.206	27.237	27.268	27.299	27.330	920
930	27.330	27.362	27.393	27.424	27.455	27.486	27.517	27.548	27.579	27.610	27.642	930
940	27.642	27.673	27.704	27.735	27.766	27.797	27.829	27.860	27.891	27.922	27.953	940
°F	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**°F**

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO J

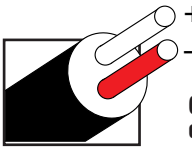
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Hierro vs. Cobre-Níquel



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 a 1382 °F
0 a 750 °C

Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 2.2 °C o 0.75%
Especial: 1.1 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
La reducción, de vacío, inerte; Uso Límitado oxidado a altas temperaturas;
No Recomendado para bajas temperaturas
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32°F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
950	27.953	27.985	28.016	28.047	28.078	28.109	28.141	28.172	28.203	28.234	28.266	950
960	28.266	28.297	28.328	28.359	28.391	28.422	28.453	28.485	28.516	28.547	28.579	960
970	28.579	28.610	28.641	28.672	28.704	28.735	28.767	28.798	28.829	28.861	28.892	970
980	28.892	28.923	28.955	28.986	29.018	29.049	29.080	29.112	29.143	29.175	29.206	980
990	29.206	29.238	29.269	29.301	29.332	29.363	29.395	29.426	29.458	29.489	29.521	990
1000	29.521	29.552	29.584	29.616	29.647	29.679	29.710	29.742	29.773	29.805	29.836	1000
1010	29.836	29.868	29.900	29.931	29.963	29.995	30.026	30.058	30.089	30.121	30.153	1010
1020	30.153	30.184	30.216	30.248	30.279	30.311	30.343	30.375	30.406	30.438	30.470	1020
1030	30.470	30.502	30.533	30.565	30.597	30.629	30.660	30.692	30.724	30.756	30.788	1030
1040	30.788	30.819	30.851	30.883	30.915	30.947	30.979	31.011	31.043	31.074	31.106	1040
1050	31.106	31.138	31.170	31.202	31.234	31.266	31.298	31.330	31.362	31.394	31.426	1050
1060	31.426	31.458	31.490	31.522	31.554	31.586	31.618	31.650	31.682	31.714	31.746	1060
1070	31.746	31.778	31.811	31.843	31.875	31.907	31.939	31.971	32.003	32.035	32.068	1070
1080	32.068	32.100	32.132	32.164	32.196	32.229	32.261	32.293	32.325	32.358	32.390	1080
1090	32.390	32.422	32.455	32.487	32.519	32.551	32.584	32.616	32.648	32.681	32.713	1090
1100	32.713	32.746	32.778	32.810	32.843	32.875	32.908	32.940	32.973	33.005	33.037	1100
1110	33.037	33.070	33.102	33.135	33.167	33.200	33.232	33.265	33.298	33.330	33.363	1110
1120	33.363	33.395	33.428	33.460	33.493	33.526	33.558	33.591	33.624	33.656	33.689	1120
1130	33.689	33.722	33.754	33.787	33.820	33.853	33.885	33.918	33.951	33.984	34.016	1130
1140	34.016	34.049	34.082	34.115	34.148	34.180	34.213	34.246	34.279	34.312	34.345	1140
1150	34.345	34.378	34.411	34.444	34.476	34.509	34.542	34.575	34.608	34.641	34.674	1150
1160	34.674	34.707	34.740	34.773	34.806	34.840	34.873	34.906	34.939	34.972	35.005	1160
1170	35.005	35.038	35.071	35.104	35.138	35.171	35.204	35.237	35.270	35.304	35.337	1170
1180	35.337	35.370	35.403	35.437	35.470	35.503	35.536	35.570	35.603	35.636	35.670	1180
1190	35.670	35.703	35.736	35.770	35.803	35.837	35.870	35.903	35.937	35.970	36.004	1190
1200	36.004	36.037	36.071	36.104	36.138	36.171	36.205	36.238	36.272	36.305	36.339	1200
1210	36.339	36.373	36.406	36.440	36.473	36.507	36.541	36.574	36.608	36.642	36.675	1210
1220	36.675	36.709	36.743	36.777	36.810	36.844	36.878	36.912	36.945	36.979	37.013	1220
1230	37.013	37.047	37.081	37.114	37.148	37.182	37.216	37.250	37.284	37.318	37.352	1230
1240	37.352	37.386	37.420	37.454	37.488	37.522	37.556	37.590	37.624	37.658	37.692	1240
1250	37.692	37.726	37.760	37.794	37.828	37.862	37.896	37.930	37.964	37.999	38.033	1250
1260	38.033	38.067	38.101	38.135	38.169	38.204	38.238	38.272	38.306	38.341	38.375	1260
1270	38.375	38.409	38.444	38.478	38.512	38.546	38.581	38.615	38.650	38.684	38.718	1270
1280	38.718	38.753	38.787	38.822	38.856	38.890	38.925	38.959	38.994	39.028	39.063	1280
1290	39.063	39.097	39.132	39.166	39.201	39.235	39.270	39.305	39.339	39.374	39.408	1290
1300	39.408	39.443	39.478	39.512	39.547	39.582	39.616	39.651	39.686	39.720	39.755	1300
1310	39.755	39.790	39.825	39.859	39.894	39.929	39.964	39.998	40.033	40.068	40.103	1310
1320	40.103	40.138	40.173	40.207	40.242	40.277	40.312	40.347	40.382	40.417	40.452	1320
1330	40.452	40.487	40.522	40.556	40.591	40.626	40.661	40.696	40.731	40.766	40.801	1330
1340	40.801	40.836	40.872	40.907	40.942	40.977	41.012	41.047	41.082	41.117	41.152	1340
1350	41.152	41.187	41.222	41.258	41.293	41.328	41.363	41.398	41.433	41.469	41.504	1350
1360	41.504	41.539	41.574	41.610	41.645	41.680	41.715	41.751	41.786	41.821	41.856	1360
1370	41.856	41.892	41.927	41.962	41.998	42.033	42.068	42.104	42.139	42.174	42.210	1370
1380	42.210	42.245	42.281	42.316	42.351	42.387	42.422	42.458	42.493	42.528	42.564	1380
1390	42.564	42.599	42.635	42.670	42.706	42.741	42.777	42.812	42.848	42.883	42.919	1390
1400	42.919	42.954	42.990	43.025	43.061	43.096	43.132	43.167	43.203	43.239	43.274	1400
1410	43.274	43.310	43.346	43.381	43.417	43.452	43.488	43.524	43.559	43.595	43.631	1410
1420	43.631	43.667	43.702	43.738	43.774	43.809	43.845	43.881	43.917	43.953	43.988	1420
1430	43.988	44.024	44.060	44.096	44.131	44.167	44.203	44.239	44.275	44.310	44.346	1430
1440	44.346	44.382	44.418	44.454	44.490	44.525	44.561	44.597	44.633	44.669	44.705	1440
1450	44.705	44.741	44.777	44.812	44.848	44.884	44.920	44.956	44.992	45.028	45.064	1450
1460	45.064	45.099	45.135	45.171	45.207	45.243	45.279	45.315	45.351	45.387	45.423	1460
1470	45.423	45.458	45.494	45.530	45.566	45.602	45.638	45.674	45.710	45.746	45.782	1470
1480	45.782	45.818	45.853	45.889	45.925	45.961	45.997	46.033	46.069	46.105	46.141	1480
1490	46.141	46.177	46.212	46.248	46.284	46.320	46.356	46.392	46.428	46.464	46.500	1490
1500	46.500	46.535	46.571	46.607	46.643	46.679	46.715	46.751	46.786	46.822	46.858	1500
1510	46.858	46.894	46.930	46.966	47.001	47.037	47.073	47.109	47.145	47.181	47.216	1510
1520	47.216	47.252	47.288	47.324	47.359	47.395	47.431	47.467	47.503	47.538	47.574	1520
1530	47.574	47.610	47.646	47.681	47.717	47.753	47.788	47.824	47.860	47.896	47.931	1530
1540	47.931	47.967	48.003	48.038	48.074	48.110	48.145	48.181	48.217	48.252	48.288	1540
1550	48.288	48.324	48.359	48.395	48.430	48.466	48.502	48.537	48.573	48.608	48.644	1550
1560	48.644	48.679	48.715	48.750	48.786	48.822	48.857	48.893	48.928	48.964	48.999	1560
1570	48.999	49.034	49.070	49.105	49.141	49.176	49.212	49.247	49.283	49.318	49.353	1570
1580	49.353	49.389	49.424	49.460	49.495	49.530	49.566	49.601	49.636	49.672	49.707	1580
1590	49.707	49.742	49.778	49.813	49.848	49.883	49.919	49.954	49.989	50.024	50.060	1590
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1600	50.060	50.095	50.130	50.165	50.200	50.235	50.271	50.306	50.341	50.376	50.411	1600
1610	50.411	50.446	50.481	50.517	50.552	50.587	50.622	50.657	50.692	50.727	50.762	1610
1620	50.762	50.797	50.832	50.867	50.902	50.937	50.972	51.007	51.042	51.077	51.112	1620
1630	51.112	51.147	51.181	51.216	51.251	51.286	51.321	51.356	51.391	51.425	51.460	1630
1640	51.460	51.495	51.530	51.565	51.599	51.634	51.669	51.704	51.738	51.773	51.808	1640
1650	51.808	51.843	51.877	51.912	51.947	51.981	52.016	52.051	52.085	52.120	52.154	1650
1660	52.154	52.189	52.224	52.258	52.293	52.327	52.362	52.396	52.431	52.465	52.500	1660
1670	52.500	52.534	52.569	52.603	52.638	52.672	52.707	52.741	52.776	52.810	52.844	1670
1680	52.844	52.879	52.913	52.947	52.982	53.016	53.050	53.085	53.119	53.153	53.188	1680
1690	53.188	53.222	53.256	53.290	53.325	53.359	53.393	53.427	53.462	53.496	53.530	1690
1700	53.530	53.564	53.598	53.632	53.667	53.701	53.735	53.769	53.803	53.837	53.871	1700
1710	53.871	53.905	53.939	53.973	54.007	54.041	54.075	54.109	54.143	54.177	54.211	1710
1720	54.211	54.245	54.279	54.313	54.347	54.381	54.415	54.449	54.483	54.516	54.550	1720
1730	54.550	54.584	54.618	54.652	54.686	54.719	54.753	54.787	54.821	54.855	54.888	1730
1740	54.888	54.922	54.956	54.990	55.023	55.057	55.091	55.124	55.158	55.192	55.225	1740
1750	55.225	55.259	55.293	55.326	55.360	55.393	55.427	55.461	55.494	55.528	55.561	1750
1760	55.561	55.595	55.628	55.662	55.695	55.729	55.762	55.796	55.829	55.863	55.896	1760
1770	55.896	55.930	55.963	55.997	56.030	56.063	56.097	56.130	56.164	56.197	56.230	1770
1780	56.230	56.264	56.297	56.330	56.364	56.397	56.430	56.464	56.497	56.530	56.564	1780
1790	56.564	56.597	56.630	56.663	56.697	56.730	56.763	56.796	56.829	56.863	56.896	1790
1800	56.896	56.929	56.962	56.995	57.028	57.062	57.095	57.128	57.161	57.194	57.227	1800
1810	57.227	57.260	57.293	57.326	57.360	57.393	57.426	57.459	57.492	57.525	57.558	1810
1820	57.558	57.591	57.624	57.657	57.690	57.723	57.756	57.789	57.822	57.855	57.888	1820
1830	57.888	57.920	57.953	57.986	58.019	58.052	58.085	58.118	58.151	58.184	58.217	1830
1840	58.217	58.249	58.282	58.315	58.348	58.381	58.414	58.446	58.479	58.512	58.545	1840
1850	58.545	58.578	58.610	58.643	58.676	58.709	58.741	58.774	58.807	58.840	58.872	1850
1860	58.872	58.905	58.938	58.971	59.003	59.036	59.069	59.101	59.134	59.167	59.199	1860
1870	59.199	59.232	59.265	59.297	59.330	59.363	59.395	59.428	59.460	59.493	59.526	1870
1880	59.526	59.558	59.591	59.623	59.656	59.689	59.721	59.754	59.786	59.819	59.851	1880
1890	59.851	59.884	59.916	59.949	59.982	60.014	60.047	60.079	60.112	60.144	60.177	1890
1900	60.177	60.209	60.242	60.274	60.307	60.339	60.371	60.404	60.436	60.469	60.501	1900
1910	60.501	60.534	60.566	60.599	60.631	60.663	60.696	60.728	60.761	60.793	60.826	1910
1920	60.826	60.858	60.890	60.923	60.955	60.987	61.020	61.052	61.085	61.117	61.149	1920
1930	61.149	61.182	61.214	61.246	61.279	61.311	61.343	61.376	61.408	61.440	61.473	1930
1940	61.473	61.505	61.537	61.570	61.602	61.634	61.667	61.699	61.731	61.763	61.796	1940
1950	61.796	61.828	61.860	61.893	61.925	61.957	61.989	62.022	62.054	62.086	62.118	1950
1960	62.118	62.151	62.183	62.215	62.247	62.280	62.312	62.344	62.376	62.409	62.441	1960
1970	62.441	62.473	62.505	62.537	62.570	62.602	62.634	62.666	62.699	62.731	62.763	1970
1980	62.763	62.795	62.827	62.860	62.892	62.924	62.956	62.988	63.020	63.053	63.085	1980
1990	63.085	63.117	63.149	63.181	63.214	63.246	63.278	63.310	63.342	63.374	63.406	1990
2000	63.406	63.439	63.471	63.503	63.535	63.567	63.599	63.632	63.664	63.696	63.728	2000
2010	63.728	63.760	63.792	63.824	63.856	63.889	63.921	63.953	63.985	64.017	64.049	2010
2020	64.049	64.081	64.113	64.146	64.178	64.210	64.242	64.274	64.306	64.338	64.370	2020
2030	64.370	64.402	64.435	64.467	64.499	64.531	64.563	64.595	64.627	64.659	64.691	2030
2040	64.691	64.723	64.756	64.788	64.820	64.852	64.884	64.916	64.948	64.980	65.012	2040
2050	65.012	65.044	65.076	65.109	65.141	65.173	65.205	65.237	65.269	65.301	65.333	2050
2060	65.333	65.365	65.397	65.429	65.461	65.493	65.525	65.557	65.590	65.622	65.654	2060
2070	65.654	65.686	65.718	65.750	65.782	65.814	65.846	65.878	65.910	65.942	65.974	2070
2080	65.974	66.006	66.038	66.070	66.102	66.134	66.166	66.199	66.231	66.263	66.295	2080
2090	66.295	66.327	66.359	66.391	66.423	66.455	66.487	66.519	66.551	66.583	66.615	2090
2100	66.615	66.647	66.679	66.711	66.743	66.775	66.807	66.839	66.871	66.903	66.935	2100
2110	66.935	66.967	66.999	67.031	67.063	67.095	67.127	67.159	67.191	67.223	67.255	2110
2120	67.255	67.287	67.319	67.351	67.383	67.415	67.447	67.479	67.511	67.543	67.575	2120
2130	67.575	67.607	67.639	67.671	67.703	67.735	67.767	67.799	67.831	67.863	67.895	2130
2140	67.895	67.927	67.959	67.991	68.023	68.055	68.087	68.119	68.150	68.182	68.214	2140
2150	68.214	68.246	68.278	68.310	68.342	68.374	68.406	68.438	68.470	68.502	68.534	2150
2160	68.534	68.566	68.597	68.629	68.661	68.693	68.725	68.757	68.789	68.821	68.853	2160
2170	68.853	68.884	68.916	68.948	68.980	69.012	69.044	69.076	69.108	69.139	69.171	2170
2180	69.171	69.203	69.235	69.267	69.299	69.330	69.362	69.394	69.426	69.458	69.490	2180
2190	69.490	69.521	69.553									2190
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 328 a 2282 °F
– 200 a 1250 °C

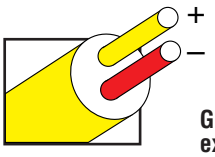
Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 2.2 °C o 0.75% Superior
2.2 °C o 2.0% Inferior 0 °C
Especial: 1.1 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Limpio oxidante e inerte; Uso Limitado en vacío o reducción; rango amplio de temperatura; Calibración más popular
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

°F

Níquel-Cromo vs. Níquel-Aluminio



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO K

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°F
-450							-6.458	-6.457	-6.457	-6.456	-6.456	-450
-440	-6.456	-6.455	-6.454	-6.454	-6.453	-6.452	-6.451	-6.450	-6.449	-6.448	-6.446	-440
-430	-6.446	-6.445	-6.444	-6.443	-6.441	-6.440	-6.438	-6.436	-6.435	-6.433	-6.431	-430
-420	-6.431	-6.429	-6.427	-6.425	-6.423	-6.421	-6.419	-6.416	-6.414	-6.411	-6.409	-420
-410	-6.409	-6.406	-6.404	-6.401	-6.398	-6.395	-6.392	-6.389	-6.386	-6.383	-6.380	-410
-400	-6.380	-6.377	-6.373	-6.370	-6.366	-6.363	-6.359	-6.355	-6.352	-6.348	-6.344	-400
-390	-6.344	-6.340	-6.336	-6.332	-6.328	-6.323	-6.319	-6.315	-6.310	-6.306	-6.301	-390
-380	-6.301	-6.296	-6.292	-6.287	-6.282	-6.277	-6.272	-6.267	-6.262	-6.257	-6.251	-380
-370	-6.251	-6.246	-6.241	-6.235	-6.230	-6.224	-6.218	-6.213	-6.207	-6.201	-6.195	-370
-360	-6.195	-6.189	-6.183	-6.177	-6.171	-6.165	-6.158	-6.152	-6.146	-6.139	-6.133	-360
-350	-6.133	-6.126	-6.119	-6.113	-6.106	-6.099	-6.092	-6.085	-6.078	-6.071	-6.064	-350
-340	-6.064	-6.057	-6.049	-6.042	-6.035	-6.027	-6.020	-6.012	-6.004	-5.997	-5.989	-340
-330	-5.989	-5.981	-5.973	-5.965	-5.957	-5.949	-5.941	-5.933	-5.925	-5.917	-5.908	-330
-320	-5.908	-5.900	-5.891	-5.883	-5.874	-5.866	-5.857	-5.848	-5.840	-5.831	-5.822	-320
-310	-5.822	-5.813	-5.804	-5.795	-5.786	-5.776	-5.767	-5.758	-5.749	-5.739	-5.730	-310
-300	-5.730	-5.720	-5.711	-5.701	-5.691	-5.682	-5.672	-5.662	-5.652	-5.642	-5.632	-300
-290	-5.632	-5.622	-5.612	-5.602	-5.592	-5.581	-5.571	-5.561	-5.550	-5.540	-5.529	-290
-280	-5.529	-5.519	-5.508	-5.497	-5.487	-5.476	-5.465	-5.454	-5.443	-5.432	-5.421	-280
-270	-5.421	-5.410	-5.399	-5.388	-5.377	-5.365	-5.354	-5.343	-5.331	-5.320	-5.308	-270
-260	-5.308	-5.296	-5.285	-5.273	-5.261	-5.250	-5.238	-5.226	-5.214	-5.202	-5.190	-260
-250	-5.190	-5.178	-5.166	-5.153	-5.141	-5.129	-5.117	-5.104	-5.092	-5.079	-5.067	-250
-240	-5.067	-5.054	-5.042	-5.029	-5.016	-5.003	-4.991	-4.978	-4.965	-4.952	-4.939	-240
-230	-4.939	-4.926	-4.913	-4.900	-4.886	-4.873	-4.860	-4.847	-4.833	-4.820	-4.806	-230
-220	-4.806	-4.793	-4.779	-4.766	-4.752	-4.738	-4.724	-4.711	-4.697	-4.683	-4.669	-220
-210	-4.669	-4.655	-4.641	-4.627	-4.613	-4.599	-4.584	-4.570	-4.556	-4.542	-4.527	-210
-200	-4.527	-4.513	-4.498	-4.484	-4.469	-4.455	-4.440	-4.425	-4.411	-4.396	-4.381	-200
-190	-4.381	-4.366	-4.351	-4.336	-4.321	-4.306	-4.291	-4.276	-4.261	-4.246	-4.231	-190
-180	-4.231	-4.215	-4.200	-4.185	-4.169	-4.154	-4.138	-4.123	-4.107	-4.091	-4.076	-180
-170	-4.076	-4.060	-4.044	-4.029	-4.013	-3.997	-3.981	-3.965	-3.949	-3.933	-3.917	-170
-160	-3.917	-3.901	-3.885	-3.869	-3.852	-3.836	-3.820	-3.803	-3.787	-3.771	-3.754	-160
-150	-3.754	-3.738	-3.721	-3.705	-3.688	-3.671	-3.655	-3.638	-3.621	-3.604	-3.587	-150
-140	-3.587	-3.571	-3.554	-3.537	-3.520	-3.503	-3.486	-3.468	-3.451	-3.434	-3.417	-140
-130	-3.417	-3.400	-3.382	-3.365	-3.348	-3.330	-3.313	-3.295	-3.278	-3.260	-3.243	-130
-120	-3.243	-3.225	-3.207	-3.190	-3.172	-3.154	-3.136	-3.119	-3.101	-3.083	-3.065	-120
-110	-3.065	-3.047	-3.029	-3.011	-2.993	-2.975	-2.957	-2.938	-2.920	-2.902	-2.884	-110
-100	-2.884	-2.865	-2.847	-2.829	-2.810	-2.792	-2.773	-2.755	-2.736	-2.718	-2.699	-100
-90	-2.699	-2.680	-2.662	-2.643	-2.624	-2.605	-2.587	-2.568	-2.549	-2.530	-2.511	-90
-80	-2.511	-2.492	-2.473	-2.454	-2.435	-2.416	-2.397	-2.378	-2.359	-2.339	-2.320	-80
-70	-2.320	-2.301	-2.282	-2.262	-2.243	-2.223	-2.204	-2.185	-2.165	-2.146	-2.126	-70
-60	-2.126	-2.106	-2.087	-2.067	-2.048	-2.028	-2.008	-1.988	-1.969	-1.949	-1.929	-60
-50	-1.929	-1.909	-1.889	-1.869	-1.850	-1.830	-1.810	-1.790	-1.770	-1.749	-1.729	-50
-40	-1.729	-1.709	-1.689	-1.669	-1.649	-1.628	-1.608	-1.588	-1.568	-1.547	-1.527	-40
-30	-1.527	-1.507	-1.486	-1.466	-1.445	-1.425	-1.404	-1.384	-1.363	-1.343	-1.322	-30
-20	-1.322	-1.301	-1.281	-1.260	-1.239	-1.218	-1.198	-1.177	-1.156	-1.135	-1.114	-20
-10	-1.114	-1.094	-1.073	-1.052	-1.031	-1.010	-0.989	-0.968	-0.947	-0.926	-0.905	-10
0	-0.905	-0.883	-0.862	-0.841	-0.820	-0.799	-0.778	-0.756	-0.735	-0.714	-0.692	0
0	-0.692	-0.671	-0.650	-0.628	-0.607	-0.586	-0.564	-0.543	-0.521	-0.500	-0.478	0
10	-0.478	-0.457	-0.435	-0.413	-0.392	-0.370	-0.349	-0.327	-0.305	-0.284	-0.262	10
20	-0.262	-0.240	-0.218	-0.197	-0.175	-0.153	-0.131	-0.109	-0.088	-0.066	-0.044	20
30	-0.044	-0.022	0.000	0.022	0.044	0.066	0.088	0.110	0.132	0.154	0.176	30
40	0.176	0.198	0.220	0.242	0.264	0.286	0.308	0.330	0.353	0.375	0.397	40
50	0.397	0.419	0.441	0.463	0.486	0.508	0.530	0.552	0.575	0.597	0.619	50
60	0.619	0.642	0.664	0.686	0.709	0.731	0.753	0.776	0.798	0.821	0.843	60
70	0.843	0.865	0.888	0.910	0.933	0.955	0.978	1.000	1.023	1.045	1.068	70
80	1.068	1.090	1.113	1.136	1.158	1.181	1.203	1.226	1.249	1.271	1.294	80
90	1.294	1.316	1.339	1.362	1.384	1.407	1.430	1.453	1.475	1.498	1.521	90
°F	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**°F**

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
100	1.521	1.543	1.566	1.589	1.612	1.635	1.657	1.680	1.703	1.726	1.749	100
110	1.749	1.771	1.794	1.817	1.840	1.863	1.886	1.909	1.931	1.954	1.977	110
120	1.977	2.000	2.023	2.046	2.069	2.092	2.115	2.138	2.161	2.184	2.207	120
130	2.207	2.230	2.253	2.276	2.298	2.321	2.344	2.367	2.390	2.413	2.436	130
140	2.436	2.459	2.483	2.506	2.529	2.552	2.575	2.598	2.621	2.644	2.667	140
150	2.667	2.690	2.713	2.736	2.759	2.782	2.805	2.828	2.851	2.874	2.897	150
160	2.897	2.920	2.944	2.967	2.990	3.013	3.036	3.059	3.082	3.105	3.128	160
170	3.128	3.151	3.174	3.197	3.220	3.244	3.267	3.290	3.313	3.336	3.359	170
180	3.359	3.382	3.405	3.428	3.451	3.474	3.497	3.520	3.544	3.567	3.590	180
190	3.590	3.613	3.636	3.659	3.682	3.705	3.728	3.751	3.774	3.797	3.820	190
200	3.820	3.843	3.866	3.889	3.912	3.935	3.958	3.981	4.004	4.027	4.050	200
210	4.050	4.073	4.096	4.119	4.142	4.165	4.188	4.211	4.234	4.257	4.280	210
220	4.280	4.303	4.326	4.349	4.372	4.395	4.417	4.440	4.463	4.486	4.509	220
230	4.509	4.532	4.555	4.578	4.601	4.623	4.646	4.669	4.692	4.715	4.738	230
240	4.738	4.760	4.783	4.806	4.829	4.852	4.874	4.897	4.920	4.943	4.965	240
250	4.965	4.988	5.011	5.034	5.056	5.079	5.102	5.124	5.147	5.170	5.192	250
260	5.192	5.215	5.238	5.260	5.283	5.306	5.328	5.351	5.374	5.396	5.419	260
270	5.419	5.441	5.464	5.487	5.509	5.532	5.554	5.577	5.599	5.622	5.644	270
280	5.644	5.667	5.690	5.712	5.735	5.757	5.779	5.802	5.824	5.847	5.869	280
290	5.869	5.892	5.914	5.937	5.959	5.982	6.004	6.026	6.049	6.071	6.094	290
300	6.094	6.116	6.138	6.161	6.183	6.205	6.228	6.250	6.272	6.295	6.317	300
310	6.317	6.339	6.362	6.384	6.406	6.429	6.451	6.473	6.496	6.518	6.540	310
320	6.540	6.562	6.585	6.607	6.629	6.652	6.674	6.696	6.718	6.741	6.763	320
330	6.763	6.785	6.807	6.829	6.852	6.874	6.896	6.918	6.941	6.963	6.985	330
340	6.985	7.007	7.029	7.052	7.074	7.096	7.118	7.140	7.163	7.185	7.207	340
350	7.207	7.229	7.251	7.273	7.296	7.318	7.340	7.362	7.384	7.407	7.429	350
360	7.429	7.451	7.473	7.495	7.517	7.540	7.562	7.584	7.606	7.628	7.650	360
370	7.650	7.673	7.695	7.717	7.739	7.761	7.783	7.806	7.828	7.850	7.872	370
380	7.872	7.894	7.917	7.939	7.961	7.983	8.005	8.027	8.050	8.072	8.094	380
390	8.094	8.116	8.138	8.161	8.183	8.205	8.227	8.250	8.272	8.294	8.316	390
400	8.316	8.338	8.361	8.383	8.405	8.427	8.450	8.472	8.494	8.516	8.539	400
410	8.539	8.561	8.583	8.605	8.628	8.650	8.672	8.694	8.717	8.739	8.761	410
420	8.761	8.784	8.806	8.828	8.851	8.873	8.895	8.918	8.940	8.962	8.985	420
430	8.985	9.007	9.029	9.052	9.074	9.096	9.119	9.141	9.163	9.186	9.208	430
440	9.208	9.231	9.253	9.275	9.298	9.320	9.343	9.365	9.388	9.410	9.432	440
450	9.432	9.455	9.477	9.500	9.522	9.545	9.567	9.590	9.612	9.635	9.657	450
460	9.657	9.680	9.702	9.725	9.747	9.770	9.792	9.815	9.837	9.860	9.882	460
470	9.882	9.905	9.927	9.950	9.973	9.995	10.018	10.040	10.063	10.086	10.108	470
480	10.108	10.131	10.153	10.176	10.199	10.221	10.244	10.267	10.289	10.312	10.334	480
490	10.334	10.357	10.380	10.402	10.425	10.448	10.471	10.493	10.516	10.539	10.561	490
500	10.561	10.584	10.607	10.629	10.652	10.675	10.698	10.720	10.743	10.766	10.789	500
510	10.789	10.811	10.834	10.857	10.880	10.903	10.925	10.948	10.971	10.994	11.017	510
520	11.017	11.039	11.062	11.085	11.108	11.131	11.154	11.176	11.199	11.222	11.245	520
530	11.245	11.268	11.291	11.313	11.336	11.359	11.382	11.405	11.428	11.451	11.474	530
540	11.474	11.497	11.519	11.542	11.565	11.588	11.611	11.634	11.657	11.680	11.703	540
550	11.703	11.726	11.749	11.772	11.795	11.818	11.841	11.864	11.887	11.910	11.933	550
560	11.933	11.956	11.978	12.001	12.024	12.047	12.070	12.093	12.116	12.140	12.163	560
570	12.163	12.186	12.209	12.232	12.255	12.278	12.301	12.324	12.347	12.370	12.393	570
580	12.393	12.416	12.439	12.462	12.485	12.508	12.531	12.554	12.577	12.600	12.624	580
590	12.624	12.647	12.670	12.693	12.716	12.739	12.762	12.785	12.808	12.831	12.855	590
600	12.855	12.878	12.901	12.924	12.947	12.970	12.993	13.016	13.040	13.063	13.086	600
610	13.086	13.109	13.132	13.155	13.179	13.202	13.225	13.248	13.271	13.294	13.318	610
620	13.318	13.341	13.364	13.387	13.410	13.433	13.457	13.480	13.503	13.526	13.549	620
630	13.549	13.573	13.596	13.619	13.642	13.665	13.689	13.712	13.735	13.758	13.782	630
640	13.782	13.805	13.828	13.851	13.874	13.898	13.921	13.944	13.967	13.991	14.014	640
650	14.014	14.037	14.060	14.084	14.107	14.130	14.154	14.177	14.200	14.223	14.247	650
660	14.247	14.270	14.293	14.316	14.340	14.363	14.386	14.410	14.433	14.456	14.479	660
670	14.479	14.503	14.526	14.549	14.573	14.596	14.619	14.643	14.666	14.689	14.713	670
680	14.713	14.736	14.759	14.783	14.806	14.829	14.853	14.876	14.899	14.923	14.946	680
690	14.946	14.969	14.993	15.016	15.039	15.063	15.086	15.109	15.133	15.156	15.179	690
°F	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**°F**

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO K

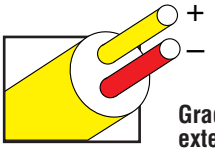
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Níquel-Cromo vs. Níquel-Aluminio



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 328 a 2282 °F
– 200 a 1250 °C

Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 2.2 °C o 0.75% Superior
2.2 °C o 2.0% Inferior 0 °C
Especial: 1.1 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Limpio oxidante e inerte; Uso Limitado en vacío o reducción; rango amplio de temperatura; Calibración más popular
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
700	15.179	15.203	15.226	15.250	15.273	15.296	15.320	15.343	15.366	15.390	15.413	700
710	15.413	15.437	15.460	15.483	15.507	15.530	15.554	15.577	15.600	15.624	15.647	710
720	15.647	15.671	15.694	15.717	15.741	15.764	15.788	15.811	15.834	15.858	15.881	720
730	15.881	15.905	15.928	15.952	15.975	15.998	16.022	16.045	16.069	16.092	16.116	730
740	16.116	16.139	16.163	16.186	16.209	16.233	16.256	16.280	16.303	16.327	16.350	740
750	16.350	16.374	16.397	16.421	16.444	16.468	16.491	16.514	16.538	16.561	16.585	750
760	16.585	16.608	16.632	16.655	16.679	16.702	16.726	16.749	16.773	16.796	16.820	760
770	16.820	16.843	16.867	16.890	16.914	16.937	16.961	16.984	17.008	17.031	17.055	770
780	17.055	17.078	17.102	17.125	17.149	17.173	17.196	17.220	17.243	17.267	17.290	780
790	17.290	17.314	17.337	17.361	17.384	17.408	17.431	17.455	17.478	17.502	17.526	790
800	17.526	17.549	17.573	17.596	17.620	17.643	17.667	17.690	17.714	17.738	17.761	800
810	17.761	17.785	17.808	17.832	17.855	17.879	17.902	17.926	17.950	17.973	17.997	810
820	17.997	18.020	18.044	18.068	18.091	18.115	18.138	18.162	18.185	18.209	18.233	820
830	18.233	18.256	18.280	18.303	18.327	18.351	18.374	18.398	18.421	18.445	18.469	830
840	18.469	18.492	18.516	18.539	18.563	18.587	18.610	18.634	18.657	18.681	18.705	840
850	18.705	18.728	18.752	18.776	18.799	18.823	18.846	18.870	18.894	18.917	18.941	850
860	18.941	18.965	18.988	19.012	19.035	19.059	19.083	19.106	19.130	19.154	19.177	860
870	19.177	19.201	19.224	19.248	19.272	19.295	19.319	19.343	19.366	19.390	19.414	870
880	19.414	19.437	19.461	19.485	19.508	19.532	19.556	19.579	19.603	19.626	19.650	880
890	19.650	19.674	19.697	19.721	19.745	19.768	19.792	19.816	19.839	19.863	19.887	890
900	19.887	19.910	19.934	19.958	19.981	20.005	20.029	20.052	20.076	20.100	20.123	900
910	20.123	20.147	20.171	20.194	20.218	20.242	20.265	20.289	20.313	20.336	20.360	910
920	20.360	20.384	20.407	20.431	20.455	20.479	20.502	20.526	20.550	20.573	20.597	920
930	20.597	20.621	20.644	20.668	20.692	20.715	20.739	20.763	20.786	20.810	20.834	930
940	20.834	20.857	20.881	20.905	20.929	20.952	20.976	21.000	21.023	21.047	21.071	940
950	21.071	21.094	21.118	21.142	21.165	21.189	21.213	21.236	21.260	21.284	21.308	950
960	21.308	21.331	21.355	21.379	21.402	21.426	21.450	21.473	21.497	21.521	21.544	960
970	21.544	21.568	21.592	21.616	21.639	21.663	21.687	21.710	21.734	21.758	21.781	970
980	21.781	21.805	21.829	21.852	21.876	21.900	21.924	21.947	21.971	21.995	22.018	980
990	22.018	22.042	22.066	22.089	22.113	22.137	22.160	22.184	22.208	22.232	22.255	990
1000	22.255	22.279	22.303	22.326	22.350	22.374	22.397	22.421	22.445	22.468	22.492	1000
1010	22.492	22.516	22.540	22.563	22.587	22.611	22.634	22.658	22.682	22.705	22.729	1010
1020	22.729	22.753	22.776	22.800	22.824	22.847	22.871	22.895	22.919	22.942	22.966	1020
1030	22.966	22.990	23.013	23.037	23.061	23.084	23.108	23.132	23.155	23.179	23.203	1030
1040	23.203	23.226	23.250	23.274	23.297	23.321	23.345	23.368	23.392	23.416	23.439	1040
1050	23.439	23.463	23.487	23.510	23.534	23.558	23.581	23.605	23.629	23.652	23.676	1050
1060	23.676	23.700	23.723	23.747	23.771	23.794	23.818	23.842	23.865	23.889	23.913	1060
1070	23.913	23.936	23.960	23.984	24.007	24.031	24.055	24.078	24.102	24.126	24.149	1070
1080	24.149	24.173	24.197	24.220	24.244	24.267	24.291	24.315	24.338	24.362	24.386	1080
1090	24.386	24.409	24.433	24.457	24.480	24.504	24.527	24.551	24.575	24.598	24.622	1090
1100	24.622	24.646	24.669	24.693	24.717	24.740	24.764	24.787	24.811	24.835	24.858	1100
1110	24.858	24.882	24.905	24.929	24.953	24.976	25.000	25.024	25.047	25.071	25.094	1110
1120	25.094	25.118	25.142	25.165	25.189	25.212	25.236	25.260	25.283	25.307	25.330	1120
1130	25.330	25.354	25.377	25.401	25.425	25.448	25.472	25.495	25.519	25.543	25.566	1130
1140	25.566	25.590	25.613	25.637	25.660	25.684	25.708	25.731	25.755	25.778	25.802	1140
1150	25.802	25.825	25.849	25.873	25.896	25.920	25.943	25.967	25.990	26.014	26.037	1150
1160	26.037	26.061	26.084	26.108	26.132	26.155	26.179	26.202	26.226	26.249	26.273	1160
1170	26.273	26.296	26.320	26.343	26.367	26.390	26.414	26.437	26.461	26.484	26.508	1170
1180	26.508	26.532	26.555	26.579	26.602	26.626	26.649	26.673	26.696	26.720	26.743	1180
1190	26.743	26.767	26.790	26.814	26.837	26.861	26.884	26.907	26.931	26.954	26.978	1190
1200	26.978	27.001	27.025	27.048	27.072	27.095	27.119	27.142	27.166	27.189	27.213	1200
1210	27.213	27.236	27.259	27.283	27.306	27.330	27.353	27.377	27.400	27.424	27.447	1210
1220	27.447	27.471	27.494	27.517	27.541	27.564	27.588	27.611	27.635	27.658	27.681	1220
1230	27.681	27.705	27.728	27.752	27.775	27.798	27.822	27.845	27.869	27.892	27.915	1230
1240	27.915	27.939	27.962	27.986	28.009	28.032	28.056	28.079	28.103	28.126	28.149	1240
1250	28.149	28.173	28.196	28.219	28.243	28.266	28.289	28.313	28.336	28.360	28.383	1250
1260	28.383	28.406	28.430	28.453	28.476	28.500	28.523	28.546	28.570	28.593	28.616	1260
1270	28.616	28.640	28.663	28.686	28.710	28.733	28.756	28.780	28.803	28.826	28.849	1270
1280	28.849	28.873	28.896	28.919	28.943	28.966	28.989	29.013	29.036	29.059	29.082	1280
1290	29.082	29.106	29.129	29.152	29.176	29.199	29.222	29.245	29.269	29.292	29.315	1290
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1300	29.315	29.338	29.362	29.385	29.408	29.431	29.455	29.478	29.501	29.524	29.548	1300
1310	29.548	29.571	29.594	29.617	29.640	29.664	29.687	29.710	29.733	29.757	29.780	1310
1320	29.780	29.803	29.826	29.849	29.873	29.896	29.919	29.942	29.965	29.989	30.012	1320
1330	30.012	30.035	30.058	30.081	30.104	30.128	30.151	30.174	30.197	30.220	30.243	1330
1340	30.243	30.267	30.290	30.313	30.336	30.359	30.382	30.405	30.429	30.452	30.475	1340
1350	30.475	30.498	30.521	30.544	30.567	30.590	30.613	30.637	30.660	30.683	30.706	1350
1360	30.706	30.729	30.752	30.775	30.798	30.821	30.844	30.868	30.891	30.914	30.937	1360
1370	30.937	30.960	30.983	31.006	31.029	31.052	31.075	31.098	31.121	31.144	31.167	1370
1380	31.167	31.190	31.213	31.236	31.260	31.283	31.306	31.329	31.352	31.375	31.398	1380
1390	31.398	31.421	31.444	31.467	31.490	31.513	31.536	31.559	31.582	31.605	31.628	1390
1400	31.628	31.651	31.674	31.697	31.720	31.743	31.766	31.789	31.812	31.834	31.857	1400
1410	31.857	31.880	31.903	31.926	31.949	31.972	31.995	32.018	32.041	32.064	32.087	1410
1420	32.087	32.110	32.133	32.156	32.179	32.202	32.224	32.247	32.270	32.293	32.316	1420
1430	32.316	32.339	32.362	32.385	32.408	32.431	32.453	32.476	32.499	32.522	32.545	1430
1440	32.545	32.568	32.591	32.614	32.636	32.659	32.682	32.705	32.728	32.751	32.774	1440
1450	32.774	32.796	32.819	32.842	32.865	32.888	32.911	32.933	32.956	32.979	33.002	1450
1460	33.002	33.025	33.047	33.070	33.093	33.116	33.139	33.161	33.184	33.207	33.230	1460
1470	33.230	33.253	33.275	33.298	33.321	33.344	33.366	33.389	33.412	33.435	33.458	1470
1480	33.458	33.480	33.503	33.526	33.548	33.571	33.594	33.617	33.639	33.662	33.685	1480
1490	33.685	33.708	33.730	33.753	33.776	33.798	33.821	33.844	33.867	33.889	33.912	1490
1500	33.912	33.935	33.957	33.980	34.003	34.025	34.048	34.071	34.093	34.116	34.139	1500
1510	34.139	34.161	34.184	34.207	34.229	34.252	34.275	34.297	34.320	34.343	34.365	1510
1520	34.365	34.388	34.410	34.433	34.456	34.478	34.501	34.524	34.546	34.569	34.591	1520
1530	34.591	34.614	34.637	34.659	34.682	34.704	34.727	34.750	34.772	34.795	34.817	1530
1540	34.817	34.840	34.862	34.885	34.908	34.930	34.953	34.975	34.998	35.020	35.043	1540
1550	35.043	35.065	35.088	35.110	35.133	35.156	35.178	35.201	35.223	35.246	35.268	1550
1560	35.268	35.291	35.313	35.336	35.358	35.381	35.403	35.426	35.448	35.471	35.493	1560
1570	35.493	35.516	35.538	35.560	35.583	35.605	35.628	35.650	35.673	35.695	35.718	1570
1580	35.718	35.740	35.763	35.785	35.807	35.830	35.852	35.875	35.897	35.920	35.942	1580
1590	35.942	35.964	35.987	36.009	36.032	36.054	36.076	36.099	36.121	36.144	36.166	1590
1600	36.166	36.188	36.211	36.233	36.256	36.278	36.300	36.323	36.345	36.367	36.390	1600
1610	36.390	36.412	36.434	36.457	36.479	36.501	36.524	36.546	36.568	36.591	36.613	1610
1620	36.613	36.635	36.658	36.680	36.702	36.725	36.747	36.769	36.792	36.814	36.836	1620
1630	36.836	36.859	36.881	36.903	36.925	36.948	36.970	36.992	37.014	37.037	37.059	1630
1640	37.059	37.081	37.104	37.126	37.148	37.170	37.193	37.215	37.237	37.259	37.281	1640
1650	37.281	37.304	37.326	37.348	37.370	37.393	37.415	37.437	37.459	37.481	37.504	1650
1660	37.504	37.526	37.548	37.570	37.592	37.615	37.637	37.659	37.681	37.703	37.725	1660
1670	37.725	37.748	37.770	37.792	37.814	37.836	37.858	37.881	37.903	37.925	37.947	1670
1680	37.947	37.969	37.991	38.013	38.036	38.058	38.080	38.102	38.124	38.146	38.168	1680
1690	38.168	38.190	38.212	38.235	38.257	38.279	38.301	38.323	38.345	38.367	38.389	1690
1700	38.389	38.411	38.433	38.455	38.477	38.499	38.522	38.544	38.566	38.588	38.610	1700
1710	38.610	38.632	38.654	38.676	38.698	38.720	38.742	38.764	38.786	38.808	38.830	1710
1720	38.830	38.852	38.874	38.896	38.918	38.940	38.962	38.984	39.006	39.028	39.050	1720
1730	39.050	39.072	39.094	39.116	39.138	39.160	39.182	39.204	39.226	39.248	39.270	1730
1740	39.270	39.292	39.314	39.335	39.357	39.379	39.401	39.423	39.445	39.467	39.489	1740
1750	39.489	39.511	39.533	39.555	39.577	39.599	39.620	39.642	39.664	39.686	39.708	1750
1760	39.708	39.730	39.752	39.774	39.796	39.817	39.839	39.861	39.883	39.905	39.927	1760
1770	39.927	39.949	39.970	39.992	40.014	40.036	40.058	40.080	40.101	40.123	40.145	1770
1780	40.145	40.167	40.189	40.211	40.232	40.254	40.276	40.298	40.320	40.341	40.363	1780
1790	40.363	40.385	40.407	40.429	40.450	40.472	40.494	40.516	40.537	40.559	40.581	1790
1800	40.581	40.603	40.624	40.646	40.668	40.690	40.711	40.733	40.755	40.777	40.798	1800
1810	40.798	40.820	40.842	40.864	40.885	40.907	40.929	40.950	40.972	40.994	41.015	1810
1820	41.015	41.037	41.059	41.081	41.102	41.124	41.146	41.167	41.189	41.211	41.232	1820
1830	41.232	41.254	41.276	41.297	41.319	41.341	41.362	41.384	41.405	41.427	41.449	1830
1840	41.449	41.470	41.492	41.514	41.535	41.557	41.578	41.600	41.622	41.643	41.665	1840
1850	41.665	41.686	41.708	41.730	41.751	41.773	41.794	41.816	41.838	41.859	41.881	1850
1860	41.881	41.902	41.924	41.945	41.967	41.988	42.010	42.032	42.053	42.075	42.096	1860
1870	42.096	42.118	42.139	42.161	42.182	42.204	42.225	42.247	42.268	42.290	42.311	1870
1880	42.311	42.333	42.354	42.376	42.397	42.419	42.440	42.462	42.483	42.505	42.526	1880
1890	42.526	42.548	42.569	42.591	42.612	42.633	42.655	42.676	42.698	42.719	42.741	1890
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 328 a 2282 °F
– 200 a 1250 °C

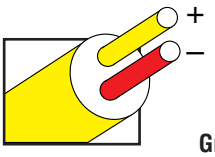
Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 2.2 °C o 0.75% Superior
2.2 °C o 2.0% Inferior 0 °C
Especial: 1.1 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Limpio oxidante e inerte; Uso Limitado en vacío o reducción; rango amplio de temperatura; Calibración más popular
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

°F

Níquel-Cromo vs. Níquel-Aluminio



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO K

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1900	42.741	42.762	42.783	42.805	42.826	42.848	42.869	42.891	42.912	42.933	42.955	1900
1910	42.955	42.976	42.998	43.019	43.040	43.062	43.083	43.104	43.126	43.147	43.169	1910
1920	43.169	43.190	43.211	43.233	43.254	43.275	43.297	43.318	43.339	43.361	43.382	1920
1930	43.382	43.403	43.425	43.446	43.467	43.489	43.510	43.531	43.552	43.574	43.595	1930
1940	43.595	43.616	43.638	43.659	43.680	43.701	43.723	43.744	43.765	43.787	43.808	1940
1950	43.808	43.829	43.850	43.872	43.893	43.914	43.935	43.957	43.978	43.999	44.020	1950
1960	44.020	44.041	44.063	44.084	44.105	44.126	44.147	44.169	44.190	44.211	44.232	1960
1970	44.232	44.253	44.275	44.296	44.317	44.338	44.359	44.380	44.402	44.423	44.444	1970
1980	44.444	44.465	44.486	44.507	44.528	44.550	44.571	44.592	44.613	44.634	44.655	1980
1990	44.655	44.676	44.697	44.719	44.740	44.761	44.782	44.803	44.824	44.845	44.866	1990
2000	44.866	44.887	44.908	44.929	44.950	44.971	44.992	45.014	45.035	45.056	45.077	2000
2010	45.077	45.098	45.119	45.140	45.161	45.182	45.203	45.224	45.245	45.266	45.287	2010
2020	45.287	45.308	45.329	45.350	45.371	45.392	45.413	45.434	45.455	45.476	45.497	2020
2030	45.497	45.518	45.539	45.560	45.580	45.601	45.622	45.643	45.664	45.685	45.706	2030
2040	45.706	45.727	45.748	45.769	45.790	45.811	45.832	45.852	45.873	45.894	45.915	2040
2050	45.915	45.936	45.957	45.978	45.999	46.019	46.040	46.061	46.082	46.103	46.124	2050
2060	46.124	46.145	46.165	46.186	46.207	46.228	46.249	46.269	46.290	46.311	46.332	2060
2070	46.332	46.353	46.373	46.394	46.415	46.436	46.457	46.477	46.498	46.519	46.540	2070
2080	46.540	46.560	46.581	46.602	46.623	46.643	46.664	46.685	46.706	46.726	46.747	2080
2090	46.747	46.768	46.789	46.809	46.830	46.851	46.871	46.892	46.913	46.933	46.954	2090
2100	46.954	46.975	46.995	47.016	47.037	47.057	47.078	47.099	47.119	47.140	47.161	2100
2110	47.161	47.181	47.202	47.223	47.243	47.264	47.284	47.305	47.326	47.346	47.367	2110
2120	47.367	47.387	47.408	47.429	47.449	47.470	47.490	47.511	47.531	47.552	47.573	2120
2130	47.573	47.593	47.614	47.634	47.655	47.675	47.696	47.716	47.737	47.757	47.778	2130
2140	47.778	47.798	47.819	47.839	47.860	47.880	47.901	47.921	47.942	47.962	47.983	2140
2150	47.983	48.003	48.024	48.044	48.065	48.085	48.105	48.126	48.146	48.167	48.187	2150
2160	48.187	48.208	48.228	48.248	48.269	48.289	48.310	48.330	48.350	48.371	48.391	2160
2170	48.391	48.411	48.432	48.452	48.473	48.493	48.513	48.534	48.554	48.574	48.595	2170
2180	48.595	48.615	48.635	48.656	48.676	48.696	48.717	48.737	48.757	48.777	48.798	2180
2190	48.798	48.818	48.838	48.859	48.879	48.899	48.919	48.940	48.960	48.980	49.000	2190
2200	49.000	49.021	49.041	49.061	49.081	49.101	49.122	49.142	49.162	49.182	49.202	2200
2210	49.202	49.223	49.243	49.263	49.283	49.303	49.323	49.344	49.364	49.384	49.404	2210
2220	49.404	49.424	49.444	49.465	49.485	49.505	49.525	49.545	49.565	49.585	49.605	2220
2230	49.605	49.625	49.645	49.666	49.686	49.706	49.726	49.746	49.766	49.786	49.806	2230
2240	49.806	49.826	49.846	49.866	49.886	49.906	49.926	49.946	49.966	49.986	50.006	2240
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
2250	50.006	50.026	50.046	50.066	50.086	50.106	50.126	50.146	50.166	50.186	50.206	2250
2260	50.206	50.226	50.246	50.266	50.286	50.306	50.326	50.346	50.366	50.385	50.405	2260
2270	50.405	50.425	50.445	50.465	50.485	50.505	50.525	50.545	50.564	50.584	50.604	2270
2280	50.604	50.624	50.644	50.664	50.684	50.703	50.723	50.743	50.763	50.783	50.802	2280
2290	50.802	50.822	50.842	50.862	50.882	50.901	50.921	50.941	50.961	50.981	51.000	2290
2300	51.000	51.020	51.040	51.060	51.079	51.099	51.119	51.139	51.158	51.178	51.198	2300
2310	51.198	51.217	51.237	51.257	51.276	51.296	51.316	51.336	51.355	51.375	51.395	2310
2320	51.395	51.414	51.434	51.453	51.473	51.493	51.512	51.532	51.552	51.571	51.591	2320
2330	51.591	51.611	51.630	51.650	51.669	51.689	51.708	51.728	51.748	51.767	51.787	2330
2340	51.787	51.806	51.826	51.845	51.865	51.885	51.904	51.924	51.943	51.963	51.982	2340
2350	51.982	52.002	52.021	52.041	52.060	52.080	52.099	52.119	52.138	52.158	52.177	2350
2360	52.177	52.197	52.216	52.235	52.255	52.274	52.294	52.313	52.333	52.352	52.371	2360
2370	52.371	52.391	52.410	52.430	52.449	52.468	52.488	52.507	52.527	52.546	52.565	2370
2380	52.565	52.585	52.604	52.623	52.643	52.662	52.681	52.701	52.720	52.739	52.759	2380
239052.759		52.778	52.797	52.817	52.836	52.855	52.875	52.894	52.913	52.932	52.952	2390
2400	52.952	52.971	52.990	53.010	53.029	53.048	53.067	53.087	53.106	53.125	53.144	2400
2410	53.144	53.163	53.183	53.202	53.221	53.240	53.260	53.279	53.298	53.317	53.336	2410
2420	53.336	53.355	53.375	53.394	53.413	53.432	53.451	53.470	53.490	53.509	53.528	2420
2430	53.528	53.547	53.566	53.585	53.604	53.623	53.643	53.662	53.681	53.700	53.719	2430
2440	53.719	53.738	53.757	53.776	53.795	53.814	53.833	53.852	53.871	53.890	53.910	2440
2450	53.910	53.929	53.948	53.967	53.986	54.005	54.024	54.043	54.062	54.081	54.100	2450
2460	54.100	54.119	54.138	54.157	54.176	54.195	54.214	54.233	54.252	54.271	54.289	2460
2470	54.289	54.308	54.327	54.346	54.365	54.384	54.403	54.422	54.441	54.460	54.479	2470
2480	54.479	54.498	54.517	54.536	54.554	54.573	54.592	54.611	54.630	54.649	54.668	2480
2490	54.668	54.687	54.705	54.724	54.743	54.762	54.781	54.800	54.819	54.837	54.856	2490
2500	54.856	54.875	54.894									2500
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO E

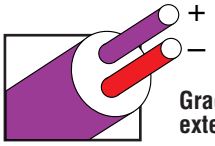
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Níquel-Cromo vs. Cobre-Níquel



MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 328 a 1652 °F
– 200 a 900 °C

Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.7 °C o 0.5% Superior 0 °C
1.7 °C o 1.0% Inferior 0 °C
Especial: 1.0 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; Uso Limitado en vacío o reducción; Mayor Cambio EMF por Grado
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°F
-450							-9.835	-9.834	-9.833	-9.832	-9.830	-450
-440	-9.830	-9.829	-9.827	-9.825	-9.823	-9.821	-9.819	-9.817	-9.814	-9.812	-9.809	-440
-430	-9.809	-9.806	-9.803	-9.800	-9.797	-9.793	-9.790	-9.786	-9.782	-9.779	-9.775	-430
-420	-9.775	-9.771	-9.766	-9.762	-9.758	-9.753	-9.749	-9.744	-9.739	-9.734	-9.729	-420
-410	-9.729	-9.724	-9.718	-9.713	-9.707	-9.702	-9.696	-9.690	-9.684	-9.678	-9.672	-410
-400	-9.672	-9.666	-9.659	-9.653	-9.646	-9.639	-9.632	-9.625	-9.618	-9.611	-9.604	-400
-390	-9.604	-9.597	-9.589	-9.581	-9.574	-9.566	-9.558	-9.550	-9.542	-9.534	-9.525	-390
-380	-9.525	-9.517	-9.508	-9.500	-9.491	-9.482	-9.473	-9.464	-9.455	-9.446	-9.436	-380
-370	-9.436	-9.427	-9.417	-9.408	-9.398	-9.388	-9.378	-9.368	-9.358	-9.348	-9.338	-370
-360	-9.338	-9.327	-9.317	-9.306	-9.295	-9.285	-9.274	-9.263	-9.252	-9.241	-9.229	-360
-350	-9.229	-9.218	-9.207	-9.195	-9.184	-9.172	-9.160	-9.148	-9.136	-9.124	-9.112	-350
-340	-9.112	-9.100	-9.088	-9.075	-9.063	-9.050	-9.038	-9.025	-9.012	-8.999	-8.986	-340
-330	-8.986	-8.973	-8.960	-8.947	-8.934	-8.920	-8.907	-8.893	-8.880	-8.866	-8.852	-330
-320	-8.852	-8.839	-8.825	-8.811	-8.797	-8.782	-8.768	-8.754	-8.739	-8.725	-8.710	-320
-310	-8.710	-8.696	-8.681	-8.666	-8.652	-8.637	-8.622	-8.607	-8.591	-8.576	-8.561	-310
-300	-8.561	-8.546	-8.530	-8.515	-8.499	-8.483	-8.468	-8.452	-8.436	-8.420	-8.404	-300
-290	-8.404	-8.388	-8.372	-8.356	-8.339	-8.323	-8.307	-8.290	-8.273	-8.257	-8.240	-290
-280	-8.240	-8.223	-8.206	-8.189	-8.173	-8.155	-8.138	-8.121	-8.104	-8.087	-8.069	-280
-270	-8.069	-8.052	-8.034	-8.017	-7.999	-7.981	-7.963	-7.945	-7.928	-7.910	-7.891	-270
-260	-7.891	-7.873	-7.855	-7.837	-7.819	-7.800	-7.782	-7.763	-7.745	-7.726	-7.707	-260
-250	-7.707	-7.688	-7.670	-7.651	-7.632	-7.613	-7.593	-7.574	-7.555	-7.536	-7.516	-250
-240	-7.516	-7.497	-7.478	-7.458	-7.438	-7.419	-7.399	-7.379	-7.359	-7.339	-7.319	-240
-230	-7.319	-7.299	-7.279	-7.259	-7.239	-7.219	-7.198	-7.178	-7.157	-7.137	-7.116	-230
-220	-7.116	-7.096	-7.075	-7.054	-7.033	-7.013	-6.992	-6.971	-6.950	-6.928	-6.907	-220
-210	-6.907	-6.886	-6.865	-6.843	-6.822	-6.801	-6.779	-6.757	-6.736	-6.714	-6.692	-210
-200	-6.692	-6.671	-6.649	-6.627	-6.605	-6.583	-6.561	-6.539	-6.516	-6.494	-6.472	-200
-190	-6.472	-6.449	-6.427	-6.405	-6.382	-6.359	-6.337	-6.314	-6.291	-6.269	-6.246	-190
-180	-6.246	-6.223	-6.200	-6.177	-6.154	-6.130	-6.107	-6.084	-6.061	-6.037	-6.014	-180
-170	-6.014	-5.991	-5.967	-5.943	-5.920	-5.896	-5.872	-5.849	-5.825	-5.801	-5.777	-170
-160	-5.777	-5.753	-5.729	-5.705	-5.681	-5.656	-5.632	-5.608	-5.584	-5.559	-5.535	-160
-150	-5.535	-5.510	-5.486	-5.461	-5.436	-5.412	-5.387	-5.362	-5.337	-5.312	-5.287	-150
-140	-5.287	-5.262	-5.237	-5.212	-5.187	-5.162	-5.136	-5.111	-5.086	-5.060	-5.035	-140
-130	-5.035	-5.009	-4.984	-4.958	-4.932	-4.907	-4.881	-4.855	-4.829	-4.803	-4.777	-130
-120	-4.777	-4.751	-4.725	-4.699	-4.673	-4.647	-4.621	-4.594	-4.568	-4.542	-4.515	-120
-110	-4.515	-4.489	-4.462	-4.436	-4.409	-4.382	-4.355	-4.329	-4.302	-4.275	-4.248	-110
-100	-4.248	-4.221	-4.194	-4.167	-4.140	-4.113	-4.086	-4.058	-4.031	-4.004	-3.976	-100
-90	-3.976	-3.949	-3.922	-3.894	-3.867	-3.839	-3.811	-3.784	-3.756	-3.728	-3.700	-90
-80	-3.700	-3.672	-3.645	-3.617	-3.589	-3.561	-3.532	-3.504	-3.476	-3.448	-3.420	-80
-70	-3.420	-3.391	-3.363	-3.335	-3.306	-3.278	-3.249	-3.221	-3.192	-3.163	-3.135	-70
-60	-3.135	-3.106	-3.077	-3.048	-3.020	-2.991	-2.962	-2.933	-2.904	-2.875	-2.846	-60
-50	-2.846	-2.816	-2.787	-2.758	-2.729	-2.699	-2.670	-2.641	-2.611	-2.582	-2.552	-50
-40	-2.552	-2.523	-2.493	-2.463	-2.434	-2.404	-2.374	-2.344	-2.315	-2.285	-2.255	-40
-30	-2.255	-2.225	-2.195	-2.165	-2.135	-2.105	-2.074	-2.044	-2.014	-1.984	-1.953	-30
-20	-1.953	-1.923	-1.893	-1.862	-1.832	-1.801	-1.771	-1.740	-1.709	-1.679	-1.648	-20
-10	-1.648	-1.617	-1.587	-1.556	-1.525	-1.494	-1.463	-1.432	-1.401	-1.370	-1.339	-10
0	-1.339	-1.308	-1.277	-1.245	-1.214	-1.183	-1.152	-1.120	-1.089	-1.057	-1.026	0
0	-1.026	-0.994	-0.963	-0.931	-0.900	-0.868	-0.836	-0.805	-0.773	-0.741	-0.709	0
10	-0.709	-0.677	-0.645	-0.614	-0.582	-0.550	-0.517	-0.485	-0.453	-0.421	-0.389	10
20	-0.389	-0.357	-0.324	-0.292	-0.260	-0.227	-0.195	-0.163	-0.130	-0.098	-0.065	20
30	-0.065	-0.033	0.000	0.033	0.065	0.098	0.131	0.163	0.196	0.229	0.262	30
40	0.262	0.294	0.327	0.360	0.393	0.426	0.459	0.492	0.525	0.558	0.591	40
50	0.591	0.624	0.657	0.691	0.724	0.757	0.790	0.824	0.857	0.890	0.924	50
60	0.924	0.957	0.990	1.024	1.057	1.091	1.124	1.158	1.192	1.225	1.259	60
70	1.259	1.292	1.326	1.360	1.394	1.427	1.461	1.495	1.529	1.563	1.597	70
80	1.597	1.631	1.665	1.699	1.733	1.767	1.801	1.835	1.869	1.904	1.938	80
90	1.938	1.972	2.006	2.041	2.075	2.109	2.144	2.178	2.212	2.247	2.281	90
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
100	2.281	2.316	2.351	2.385	2.420	2.454	2.489	2.524	2.558	2.593	2.628	100
110	2.628	2.663	2.698	2.733	2.767	2.802	2.837	2.872	2.907	2.942	2.977	110
120	2.977	3.012	3.048	3.083	3.118	3.153	3.188	3.224	3.259	3.294	3.330	120
130	3.330	3.365	3.400	3.436	3.471	3.507	3.542	3.578	3.613	3.649	3.685	130
140	3.685	3.720	3.756	3.792	3.827	3.863	3.899	3.935	3.970	4.006	4.042	140
150	4.042	4.078	4.114	4.150	4.186	4.222	4.258	4.294	4.330	4.366	4.403	150
160	4.403	4.439	4.475	4.511	4.547	4.584	4.620	4.656	4.693	4.729	4.766	160
170	4.766	4.802	4.839	4.875	4.912	4.948	4.985	5.021	5.058	5.095	5.131	170
180	5.131	5.168	5.205	5.242	5.278	5.315	5.352	5.389	5.426	5.463	5.500	180
190	5.500	5.537	5.574	5.611	5.648	5.685	5.722	5.759	5.796	5.833	5.871	190
200	5.871	5.908	5.945	5.982	6.020	6.057	6.094	6.132	6.169	6.207	6.244	200
210	6.244	6.281	6.319	6.356	6.394	6.432	6.469	6.507	6.544	6.582	6.620	210
220	6.620	6.658	6.695	6.733	6.771	6.809	6.847	6.884	6.922	6.960	6.998	220
230	6.998	7.036	7.074	7.112	7.150	7.188	7.226	7.264	7.302	7.341	7.379	230
240	7.379	7.417	7.455	7.493	7.532	7.570	7.608	7.647	7.685	7.723	7.762	240
250	7.762	7.800	7.839	7.877	7.916	7.954	7.993	8.031	8.070	8.108	8.147	250
260	8.147	8.186	8.224	8.263	8.302	8.340	8.379	8.418	8.457	8.496	8.535	260
270	8.535	8.573	8.612	8.651	8.690	8.729	8.768	8.807	8.846	8.885	8.924	270
280	8.924	8.963	9.002	9.041	9.081	9.120	9.159	9.198	9.237	9.277	9.316	280
290	9.316	9.355	9.395	9.434	9.473	9.513	9.552	9.591	9.631	9.670	9.710	290
300	9.710	9.749	9.789	9.828	9.868	9.907	9.947	9.987	10.026	10.066	10.106	300
310	10.106	10.145	10.185	10.225	10.265	10.304	10.344	10.384	10.424	10.464	10.503	310
320	10.503	10.543	10.583	10.623	10.663	10.703	10.743	10.783	10.823	10.863	10.903	320
330	10.903	10.943	10.983	11.024	11.064	11.104	11.144	11.184	11.224	11.265	11.305	330
340	11.305	11.345	11.385	11.426	11.466	11.506	11.547	11.587	11.627	11.668	11.708	340
350	11.708	11.749	11.789	11.830	11.870	11.911	11.951	11.992	12.032	12.073	12.113	350
360	12.113	12.154	12.195	12.235	12.276	12.317	12.357	12.398	12.439	12.480	12.520	360
370	12.520	12.561	12.602	12.643	12.684	12.724	12.765	12.806	12.847	12.888	12.929	370
380	12.929	12.970	13.011	13.052	13.093	13.134	13.175	13.216	13.257	13.298	13.339	380
390	13.339	13.380	13.421	13.462	13.504	13.545	13.586	13.627	13.668	13.710	13.751	390
400	13.751	13.792	13.833	13.875	13.916	13.957	13.999	14.040	14.081	14.123	14.164	400
410	14.164	14.205	14.247	14.288	14.330	14.371	14.413	14.454	14.496	14.537	14.579	410
420	14.579	14.620	14.662	14.704	14.745	14.787	14.828	14.870	14.912	14.953	14.995	420
430	14.995	15.037	15.078	15.120	15.162	15.204	15.245	15.287	15.329	15.371	15.413	430
440	15.413	15.454	15.496	15.538	15.580	15.622	15.664	15.706	15.748	15.790	15.831	440
450	15.831	15.873	15.915	15.957	15.999	16.041	16.083	16.125	16.168	16.210	16.252	450
460	16.252	16.294	16.336	16.378	16.420	16.462	16.504	16.547	16.589	16.631	16.673	460
470	16.673	16.715	16.758	16.800	16.842	16.884	16.927	16.969	17.011	17.054	17.096	470
480	17.096	17.138	17.181	17.223	17.265	17.308	17.350	17.392	17.435	17.477	17.520	480
490	17.520	17.562	17.605	17.647	17.690	17.732	17.775	17.817	17.860	17.902	17.945	490
500	17.945	17.987	18.030	18.073	18.115	18.158	18.200	18.243	18.286	18.328	18.371	500
510	18.371	18.414	18.456	18.499	18.542	18.585	18.627	18.670	18.713	18.756	18.798	510
520	18.798	18.841	18.884	18.927	18.969	19.012	19.055	19.098	19.141	19.184	19.227	520
530	19.227	19.269	19.312	19.355	19.398	19.441	19.484	19.527	19.570	19.613	19.656	530
540	19.656	19.699	19.742	19.785	19.828	19.871	19.914	19.957	20.000	20.043	20.086	540
550	20.086	20.129	20.172	20.216	20.259	20.302	20.345	20.388	20.431	20.474	20.517	550
560	20.517	20.561	20.604	20.647	20.690	20.733	20.777	20.820	20.863	20.906	20.950	560
570	20.950	20.993	21.036	21.080	21.123	21.166	21.209	21.253	21.296	21.339	21.383	570
580	21.383	21.426	21.470	21.513	21.556	21.600	21.643	21.686	21.730	21.773	21.817	580
590	21.817	21.860	21.904	21.947	21.991	22.034	22.078	22.121	22.165	22.208	22.252	590
600	22.252	22.295	22.339	22.382	22.426	22.469	22.513	22.556	22.600	22.644	22.687	600
610	22.687	22.731	22.774	22.818	22.862	22.905	22.949	22.993	23.036	23.080	23.124	610
620	23.124	23.167	23.211	23.255	23.298	23.342	23.386	23.429	23.473	23.517	23.561	620
630	23.561	23.604	23.648	23.692	23.736	23.780	23.823	23.867	23.911	23.955	23.999	630
640	23.999	24.042	24.086	24.130	24.174	24.218	24.262	24.305	24.349	24.393	24.437	640
650	24.437	24.481	24.525	24.569	24.613	24.657	24.701	24.745	24.789	24.832	24.876	650
660	24.876	24.920	24.964	25.008	25.052	25.096	25.140	25.184	25.228	25.272	25.316	660
670	25.316	25.360	25.404	25.448	25.493	25.537	25.581	25.625	25.669	25.713	25.757	670
680	25.757	25.801	25.845	25.889	25.933	25.977	26.022	26.066	26.110	26.154	26.198	680
690	26.198	26.242	26.286	26.331	26.375	26.419	26.463	26.507	26.552	26.596	26.640	690
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 328 a 1652 °F
– 200 a 900 °C

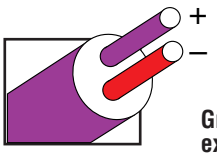
Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.7 °C o 0.5% Superior 0 °C
1.7 °C o 1.0% Inferior 0 °C
Especial: 1.0 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; Uso Limitado en vacío o reducción; Mayor Cambio EMF por Grado
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

°F

Níquel-Cromo vs. Cobre-Níquel



Grado de extensión

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

Código de color IEC

Código de color ANSI

TIPO E

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
700	26.640	26.684	26.728	26.773	26.817	26.861	26.905	26.950	26.994	27.038	27.082	700
710	27.082	27.127	27.171	27.215	27.259	27.304	27.348	27.392	27.437	27.481	27.525	710
720	27.525	27.570	27.614	27.658	27.703	27.747	27.791	27.836	27.880	27.924	27.969	720
730	27.969	28.013	28.057	28.102	28.146	28.191	28.235	28.279	28.324	28.368	28.413	730
740	28.413	28.457	28.501	28.546	28.590	28.635	28.679	28.724	28.768	28.813	28.857	740
750	28.857	28.901	28.946	28.990	29.035	29.079	29.124	29.168	29.213	29.257	29.302	750
760	29.302	29.346	29.391	29.435	29.480	29.525	29.569	29.614	29.658	29.703	29.747	760
770	29.747	29.792	29.836	29.881	29.925	29.970	30.015	30.059	30.104	30.148	30.193	770
780	30.193	30.238	30.282	30.327	30.371	30.416	30.461	30.505	30.550	30.595	30.639	780
790	30.639	30.684	30.728	30.773	30.818	30.862	30.907	30.952	30.996	31.041	31.086	790
800	31.086	31.130	31.175	31.220	31.264	31.309	31.354	31.398	31.443	31.488	31.533	800
810	31.533	31.577	31.622	31.667	31.711	31.756	31.801	31.846	31.890	31.935	31.980	810
820	31.980	32.025	32.069	32.114	32.159	32.204	32.248	32.293	32.338	32.383	32.427	820
830	32.427	32.472	32.517	32.562	32.606	32.651	32.696	32.741	32.786	32.830	32.875	830
840	32.875	32.920	32.965	33.010	33.054	33.099	33.144	33.189	33.234	33.278	33.323	840
850	33.323	33.368	33.413	33.458	33.503	33.547	33.592	33.637	33.682	33.727	33.772	850
860	33.772	33.816	33.861	33.906	33.951	33.996	34.041	34.086	34.130	34.175	34.220	860
870	34.220	34.265	34.310	34.355	34.400	34.445	34.489	34.534	34.579	34.624	34.669	870
880	34.669	34.714	34.759	34.804	34.849	34.893	34.938	34.983	35.028	35.073	35.118	880
890	35.118	35.163	35.208	35.253	35.298	35.343	35.387	35.432	35.477	35.522	35.567	890
900	35.567	35.612	35.657	35.702	35.747	35.792	35.837	35.882	35.927	35.972	36.016	900
910	36.016	36.061	36.106	36.151	36.196	36.241	36.286	36.331	36.376	36.421	36.466	910
920	36.466	36.511	36.556	36.601	36.646	36.691	36.736	36.781	36.826	36.870	36.915	920
930	36.915	36.960	37.005	37.050	37.095	37.140	37.185	37.230	37.275	37.320	37.365	930
940	37.365	37.410	37.455	37.500	37.545	37.590	37.635	37.680	37.725	37.770	37.815	940
950	37.815	37.860	37.905	37.950	37.995	38.040	38.085	38.130	38.175	38.220	38.265	950
960	38.265	38.309	38.354	38.399	38.444	38.489	38.534	38.579	38.624	38.669	38.714	960
970	38.714	38.759	38.804	38.849	38.894	38.939	38.984	39.029	39.074	39.119	39.164	970
980	39.164	39.209	39.254	39.299	39.344	39.389	39.434	39.479	39.524	39.569	39.614	980
990	39.614	39.659	39.704	39.749	39.794	39.839	39.884	39.929	39.974	40.019	40.064	990
1000	40.064	40.109	40.154	40.199	40.243	40.288	40.333	40.378	40.423	40.468	40.513	1000
1010	40.513	40.558	40.603	40.648	40.693	40.738	40.783	40.828	40.873	40.918	40.963	1010
1020	40.963	41.008	41.053	41.098	41.143	41.188	41.233	41.278	41.323	41.368	41.412	1020
1030	41.412	41.457	41.502	41.547	41.592	41.637	41.682	41.727	41.772	41.817	41.862	1030
1040	41.862	41.907	41.952	41.997	42.042	42.087	42.132	42.176	42.221	42.266	42.311	1040
1050	42.311	42.356	42.401	42.446	42.491	42.536	42.581	42.626	42.671	42.715	42.760	1050
1060	42.760	42.805	42.850	42.895	42.940	42.985	43.030	43.075	43.120	43.165	43.209	1060
1070	43.209	43.254	43.299	43.344	43.389	43.434	43.479	43.524	43.569	43.613	43.658	1070
1080	43.658	43.703	43.748	43.793	43.838	43.883	43.928	43.972	44.017	44.062	44.107	1080
1090	44.107	44.152	44.197	44.242	44.286	44.331	44.376	44.421	44.466	44.511	44.555	1090
1100	44.555	44.600	44.645	44.690	44.735	44.780	44.824	44.869	44.914	44.959	45.004	1100
1110	45.004	45.049	45.093	45.138	45.183	45.228	45.273	45.317	45.362	45.407	45.452	1110
1120	45.452	45.497	45.541	45.586	45.631	45.676	45.720	45.765	45.810	45.855	45.900	1120
1130	45.900	45.944	45.989	46.034	46.079	46.123	46.168	46.213	46.258	46.302	46.347	1130
1140	46.347	46.392	46.437	46.481	46.526	46.571	46.616	46.660	46.705	46.750	46.794	1140
1150	46.794	46.839	46.884	46.929	46.973	47.018	47.063	47.107	47.152	47.197	47.241	1150
1160	47.241	47.286	47.331	47.375	47.420	47.465	47.509	47.554	47.599	47.643	47.688	1160
1170	47.688	47.733	47.777	47.822	47.867	47.911	47.956	48.001	48.045	48.090	48.135	1170
1180	48.135	48.179	48.224	48.268	48.313	48.358	48.402	48.447	48.492	48.536	48.581	1180
1190	48.581	48.625	48.670	48.715	48.759	48.804	48.848	48.893	48.937	48.982	49.027	1190
1200	49.027	49.071	49.116	49.160	49.205	49.249	49.294	49.338	49.383	49.428	49.472	1200
1210	49.472	49.517	49.561	49.606	49.650	49.695	49.739	49.784	49.828	49.873	49.917	1210
1220	49.917	49.962	50.006	50.051	50.095	50.140	50.184	50.229	50.273	50.318	50.362	1220
1230	50.362	50.407	50.451	50.495	50.540	50.584	50.629	50.673	50.718	50.762	50.807	1230
1240	50.807	50.851	50.895	50.940	50.984	51.029	51.073	51.118	51.162	51.206	51.251	1240
1250	51.251	51.295	51.340	51.384	51.428	51.473	51.517	51.561	51.606	51.650	51.695	1250
1260	51.695	51.739	51.783	51.828	51.872	51.916	51.961	52.005	52.049	52.094	52.138	1260
1270	52.138	52.182	52.227	52.271	52.315	52.360	52.404	52.448	52.493	52.537	52.581	1270
1280	52.581	52.625	52.670	52.714	52.758	52.803	52.847	52.891	52.935	52.980	53.024	1280
1290	53.024	53.068	53.112	53.157	53.201	53.245	53.289	53.334	53.378	53.422	53.466	1290
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1300	53.466	53.510	53.555	53.599	53.643	53.687	53.732	53.776	53.820	53.864	53.908	1300
1310	53.908	53.952	53.997	54.041	54.085	54.129	54.173	54.218	54.262	54.306	54.350	1310
1320	54.350	54.394	54.438	54.482	54.527	54.571	54.615	54.659	54.703	54.747	54.791	1320
1330	54.791	54.835	54.879	54.924	54.968	55.012	55.056	55.100	55.144	55.188	55.232	1330
1340	55.232	55.276	55.320	55.364	55.408	55.453	55.497	55.541	55.585	55.629	55.673	1340
1350	55.673	55.717	55.761	55.805	55.849	55.893	55.937	55.981	56.025	56.069	56.113	1350
1360	56.113	56.157	56.201	56.245	56.289	56.333	56.377	56.421	56.465	56.509	56.553	1360
1370	56.553	56.597	56.641	56.685	56.729	56.773	56.816	56.860	56.904	56.948	56.992	
1370												
1380	56.992	57.036	57.080	57.124	57.168	57.212	57.256	57.300	57.344	57.387	57.431	1380
1390	57.431	57.475	57.519	57.563	57.607	57.651	57.695	57.738	57.782	57.826	57.870	1390
1400	57.870	57.914	57.958	58.002	58.045	58.089	58.133	58.177	58.221	58.265	58.308	1400
1410	58.308	58.352	58.396	58.440	58.484	58.527	58.571	58.615	58.659	58.702	58.746	1410
1420	58.746	58.790	58.834	58.878	58.921	58.965	59.009	59.053	59.096	59.140	59.184	1420
1430	59.184	59.228	59.271	59.315	59.359	59.402	59.446	59.490	59.534	59.577	59.621	1430
1440	59.621	59.665	59.708	59.752	59.796	59.839	59.883	59.927	59.970	60.014	60.058	1440
1450	60.058	60.101	60.145	60.189	60.232	60.276	60.320	60.363	60.407	60.451	60.494	1450
1460	60.494	60.538	60.581	60.625	60.669	60.712	60.756	60.799	60.843	60.887	60.930	1460
1470	60.930	60.974	61.017	61.061	61.105	61.148	61.192	61.235	61.279	61.322	61.366	1470
1480	61.366	61.409	61.453	61.496	61.540	61.583	61.627	61.671	61.714	61.758	61.801	1480
1490	61.801	61.845	61.888	61.932	61.975	62.018	62.062	62.105	62.149	62.192	62.236	1490
1500	62.236	62.279	62.323	62.366	62.410	62.453	62.496	62.540	62.583	62.627	62.670	1500
1510	62.670	62.714	62.757	62.800	62.844	62.887	62.931	62.974	63.017	63.061	63.104	1510
1520	63.104	63.148	63.191	63.234	63.278	63.321	63.364	63.408	63.451	63.494	63.538	1520
1530	63.538	63.581	63.624	63.668	63.711	63.754	63.798	63.841	63.884	63.927	63.971	1530
1540	63.971	64.014	64.057	64.101	64.144	64.187	64.230	64.274	64.317	64.360	64.403	1540
1550	64.403	64.447	64.490	64.533	64.576	64.619	64.663	64.706	64.749	64.792	64.835	1550
1560	64.835	64.879	64.922	64.965	65.008	65.051	65.094	65.138	65.181	65.224	65.267	1560
1570	65.267	65.310	65.353	65.396	65.440	65.483	65.526	65.569	65.612	65.655	65.698	1570
1580	65.698	65.741	65.784	65.827	65.871	65.914	65.957	66.000	66.043	66.086	66.129	1580
1590	66.129	66.172	66.215	66.258	66.301	66.344	66.387	66.430	66.473	66.516	66.559	1590
1600	66.559	66.602	66.645	66.688	66.731	66.774	66.817	66.860	66.903	66.946	66.989	1600
1610	66.989	67.031	67.074	67.117	67.160	67.203	67.246	67.289	67.332	67.375	67.418	1610
1620	67.418	67.460	67.503	67.546	67.589	67.632	67.675	67.718	67.760	67.803	67.846	1620
1630	67.846	67.889	67.932	67.974	68.017	68.060	68.103	68.146	68.188	68.231	68.274	1630
1640	68.274	68.317	68.359	68.402	68.445	68.488	68.530	68.573	68.616	68.659	68.701	1640
1650	68.701	68.744	68.787	68.829	68.872	68.915	68.957	69.000	69.043	69.085	69.128	1650
1660	69.128	69.171	69.213	69.256	69.298	69.341	69.384	69.426	69.469	69.511	69.554	1660
1670	69.554	69.597	69.639	69.682	69.724	69.767	69.809	69.852	69.894	69.937	69.979	1670
1680	69.979	70.022	70.064	70.107	70.149	70.192	70.234	70.277	70.319	70.362	70.404	1680
1690	70.404	70.447	70.489	70.531	70.574	70.616	70.659	70.701	70.744	70.786	70.828	1690
1700	70.828	70.871	70.913	70.955	70.998	71.040	71.082	71.125	71.167	71.209	71.252	1700
1710	71.252	71.294	71.336	71.379	71.421	71.463	71.506	71.548	71.590	71.632	71.675	1710
1720	71.675	71.717	71.759	71.801	71.844	71.886	71.928	71.970	72.012	72.055	72.097	1720
1730	72.097	72.139	72.181	72.223	72.266	72.308	72.350	72.392	72.434	72.476	72.518	1730
1740	72.518	72.561	72.603	72.645	72.687	72.729	72.771	72.813	72.855	72.897	72.939	1740
1750	72.939	72.981	73.023	73.066	73.108	73.150	73.192	73.234	73.276	73.318	73.360	1750
1760	73.360	73.402	73.444	73.486	73.528	73.570	73.612	73.654	73.696	73.738	73.780	1760
1770	73.780	73.821	73.863	73.905	73.947	73.989	74.031	74.073	74.115	74.157	74.199	1770
1780	74.199	74.241	74.283	74.324	74.366	74.408	74.450	74.492	74.534	74.576	74.618	1780
1790	74.618	74.659	74.701	74.743	74.785	74.827	74.869	74.910	74.952	74.994	75.036	1790
1800	75.036	75.078	75.120	75.161	75.203	75.245	75.287	75.329	75.370	75.412	75.454	1800
1810	75.454	75.496	75.538	75.579	75.621	75.663	75.705	75.746	75.788	75.830	75.872	1810
1820	75.872	75.913	75.955	75.997	76.039	76.081	76.122	76.164	76.206	76.248	76.289	1820
1830	76.289	76.331	76.373									1830
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO T

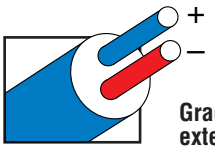
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Cobre vs. Cobre-Níquel



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 328 a 662 °F
– 200 a 350 °C

Grado de extensión
– 76 a 212 °F
– 60 a 100 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.0 °C o 0.75% Superior
0 °C 1.0 °C o 1.5% Inferior 0 °C
Especial: 0.5 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidantes suaves, Reducción en vacío o inerte; Bueno cuando existe humedad; Baja temperatura y criogénicas
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°F
-450							-6.258	-6.257	-6.256	-6.255	-6.254	-450
-440	-6.254	-6.253	-6.252	-6.251	-6.250	-6.248	-6.247	-6.245	-6.243	-6.242	-6.240	-440
-430	-6.240	-6.238	-6.236	-6.234	-6.232	-6.230	-6.227	-6.225	-6.222	-6.220	-6.217	-430
-420	-6.217	-6.215	-6.212	-6.209	-6.206	-6.203	-6.200	-6.197	-6.194	-6.191	-6.187	-420
-410	-6.187	-6.184	-6.180	-6.177	-6.173	-6.170	-6.166	-6.162	-6.158	-6.154	-6.150	-410
-400	-6.150	-6.146	-6.141	-6.137	-6.133	-6.128	-6.124	-6.119	-6.115	-6.110	-6.105	-400
-390	-6.105	-6.100	-6.095	-6.090	-6.085	-6.080	-6.075	-6.069	-6.064	-6.059	-6.053	-390
-380	-6.053	-6.047	-6.042	-6.036	-6.030	-6.025	-6.019	-6.013	-6.007	-6.001	-5.994	-380
-370	-5.994	-5.988	-5.982	-5.976	-5.969	-5.963	-5.956	-5.950	-5.943	-5.937	-5.930	-370
-360	-5.930	-5.923	-5.916	-5.909	-5.902	-5.896	-5.888	-5.881	-5.874	-5.867	-5.860	-360
-350	-5.860	-5.853	-5.845	-5.838	-5.830	-5.823	-5.815	-5.808	-5.800	-5.792	-5.785	-350
-340	-5.785	-5.777	-5.769	-5.761	-5.753	-5.745	-5.737	-5.729	-5.721	-5.713	-5.705	-340
-330	-5.705	-5.697	-5.688	-5.680	-5.672	-5.663	-5.655	-5.646	-5.638	-5.629	-5.620	-330
-320	-5.620	-5.612	-5.603	-5.594	-5.585	-5.577	-5.568	-5.559	-5.550	-5.541	-5.532	-320
-310	-5.532	-5.523	-5.513	-5.504	-5.495	-5.486	-5.476	-5.467	-5.458	-5.448	-5.439	-310
-300	-5.439	-5.429	-5.420	-5.410	-5.400	-5.391	-5.381	-5.371	-5.361	-5.351	-5.341	-300
-290	-5.341	-5.332	-5.322	-5.312	-5.301	-5.291	-5.281	-5.271	-5.261	-5.250	-5.240	-290
-280	-5.240	-5.230	-5.219	-5.209	-5.198	-5.188	-5.177	-5.167	-5.156	-5.145	-5.135	-280
-270	-5.135	-5.124	-5.113	-5.102	-5.091	-5.081	-5.070	-5.059	-5.048	-5.036	-5.025	-270
-260	-5.025	-5.014	-5.003	-4.992	-4.980	-4.969	-4.958	-4.946	-4.935	-4.923	-4.912	-260
-250	-4.912	-4.900	-4.889	-4.877	-4.865	-4.854	-4.842	-4.830	-4.818	-4.806	-4.794	-250
-240	-4.794	-4.783	-4.771	-4.759	-4.746	-4.734	-4.722	-4.710	-4.698	-4.685	-4.673	-240
-230	-4.673	-4.661	-4.648	-4.636	-4.624	-4.611	-4.599	-4.586	-4.573	-4.561	-4.548	-230
-220	-4.548	-4.535	-4.523	-4.510	-4.497	-4.484	-4.471	-4.458	-4.445	-4.432	-4.419	-220
-210	-4.419	-4.406	-4.393	-4.380	-4.366	-4.353	-4.340	-4.326	-4.313	-4.300	-4.286	-210
-200	-4.286	-4.273	-4.259	-4.246	-4.232	-4.218	-4.205	-4.191	-4.177	-4.163	-4.149	-200
-190	-4.149	-4.136	-4.122	-4.108	-4.094	-4.080	-4.066	-4.052	-4.037	-4.023	-4.009	-190
-180	-4.009	-3.995	-3.980	-3.966	-3.952	-3.937	-3.923	-3.908	-3.894	-3.879	-3.865	-180
-170	-3.865	-3.850	-3.836	-3.821	-3.806	-3.791	-3.777	-3.762	-3.747	-3.732	-3.717	-170
-160	-3.717	-3.702	-3.687	-3.672	-3.657	-3.642	-3.626	-3.611	-3.596	-3.581	-3.565	-160
-150	-3.565	-3.550	-3.535	-3.519	-3.504	-3.488	-3.473	-3.457	-3.441	-3.426	-3.410	-150
-140	-3.410	-3.394	-3.379	-3.363	-3.347	-3.331	-3.315	-3.299	-3.283	-3.267	-3.251	-140
-130	-3.251	-3.235	-3.219	-3.203	-3.187	-3.171	-3.154	-3.138	-3.122	-3.105	-3.089	-130
-120	-3.089	-3.072	-3.056	-3.040	-3.023	-3.006	-2.990	-2.973	-2.956	-2.940	-2.923	-120
-110	-2.923	-2.906	-2.889	-2.873	-2.856	-2.839	-2.822	-2.805	-2.788	-2.771	-2.754	-110
-100	-2.754	-2.737	-2.719	-2.702	-2.685	-2.668	-2.651	-2.633	-2.616	-2.598	-2.581	-100
-90	-2.581	-2.564	-2.546	-2.529	-2.511	-2.493	-2.476	-2.458	-2.440	-2.423	-2.405	-90
-80	-2.405	-2.387	-2.369	-2.351	-2.334	-2.316	-2.298	-2.280	-2.262	-2.244	-2.225	-80
-70	-2.225	-2.207	-2.189	-2.171	-2.153	-2.134	-2.116	-2.098	-2.079	-2.061	-2.043	-70
-60	-2.043	-2.024	-2.006	-1.987	-1.969	-1.950	-1.931	-1.913	-1.894	-1.875	-1.857	-60
-50	-1.857	-1.838	-1.819	-1.800	-1.781	-1.762	-1.743	-1.724	-1.705	-1.686	-1.667	-50
-40	-1.667	-1.648	-1.629	-1.610	-1.591	-1.572	-1.552	-1.533	-1.514	-1.494	-1.475	-40
-30	-1.475	-1.456	-1.436	-1.417	-1.397	-1.378	-1.358	-1.338	-1.319	-1.299	-1.279	-30
-20	-1.279	-1.260	-1.240	-1.220	-1.200	-1.181	-1.161	-1.141	-1.121	-1.101	-1.081	-20
-10	-1.081	-1.061	-1.041	-1.021	-1.001	-0.980	-0.960	-0.940	-0.920	-0.900	-0.879	-10
0	-0.879	-0.859	-0.839	-0.818	-0.798	-0.777	-0.757	-0.736	-0.716	-0.695	-0.675	0
0	-0.675	-0.654	-0.633	-0.613	-0.592	-0.571	-0.550	-0.530	-0.509	-0.488	-0.467	0
10	-0.467	-0.446	-0.425	-0.404	-0.383	-0.362	-0.341	-0.320	-0.299	-0.278	-0.256	10
20	-0.256	-0.235	-0.214	-0.193	-0.171	-0.150	-0.129	-0.107	-0.086	-0.064	-0.043	20
30	-0.043	-0.022	0.000	0.022	0.043	0.065	0.086	0.108	0.130	0.151	0.173	30
40	0.173	0.195	0.216	0.238	0.260	0.282	0.303	0.325	0.347	0.369	0.391	40
50	0.391	0.413	0.435	0.457	0.479	0.501	0.523	0.545	0.567	0.589	0.611	50
60	0.611	0.634	0.656	0.678	0.700	0.723	0.745	0.767	0.790	0.812	0.834	60
70	0.834	0.857	0.879	0.902	0.924	0.947	0.969	0.992	1.015	1.037	1.060	70
80	1.060	1.083	1.105	1.128	1.151	1.174	1.196	1.219	1.242	1.265	1.288	80
90	1.288	1.311	1.334	1.357	1.380	1.403	1.426	1.449	1.472	1.496	1.519	90
100	1.519	1.542	1.565	1.588	1.612	1.635	1.658	1.682	1.705	1.729	1.752	100
110	1.752	1.776	1.799	1.823	1.846	1.870	1.893	1.917	1.941	1.964	1.988	110
120	1.988	2.012	2.036	2.060	2.083	2.107	2.131	2.155	2.179	2.203	2.227	120
130	2.227	2.251	2.275	2.299	2.323	2.347	2.371	2.395	2.420	2.444	2.468	130
140	2.468	2.492	2.517	2.541	2.565	2.590	2.614	2.639	2.663	2.687	2.712	140
°F	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**°F**

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
150	2.712	2.737	2.761	2.786	2.810	2.835	2.860	2.884	2.909	2.934	2.958	150
160	2.958	2.983	3.008	3.033	3.058	3.082	3.107	3.132	3.157	3.182	3.207	160
170	3.207	3.232	3.257	3.282	3.307	3.333	3.358	3.383	3.408	3.433	3.459	170
180	3.459	3.484	3.509	3.534	3.560	3.585	3.610	3.636	3.661	3.687	3.712	180
190	3.712	3.738	3.763	3.789	3.814	3.840	3.866	3.891	3.917	3.943	3.968	190
200	3.968	3.994	4.020	4.046	4.071	4.097	4.123	4.149	4.175	4.201	4.227	200
210	4.227	4.253	4.279	4.305	4.331	4.357	4.383	4.409	4.435	4.461	4.487	210
220	4.487	4.513	4.540	4.566	4.592	4.618	4.645	4.671	4.697	4.724	4.750	220
230	4.750	4.776	4.803	4.829	4.856	4.882	4.909	4.935	4.962	4.988	5.015	230
240	5.015	5.042	5.068	5.095	5.122	5.148	5.175	5.202	5.228	5.255	5.282	240
250	5.282	5.309	5.336	5.363	5.389	5.416	5.443	5.470	5.497	5.524	5.551	250
260	5.551	5.578	5.605	5.632	5.660	5.687	5.714	5.741	5.768	5.795	5.823	260
270	5.823	5.850	5.877	5.904	5.932	5.959	5.986	6.014	6.041	6.068	6.096	270
280	6.096	6.123	6.151	6.178	6.206	6.233	6.261	6.288	6.316	6.343	6.371	280
290	6.371	6.399	6.426	6.454	6.482	6.510	6.537	6.565	6.593	6.621	6.648	290
300	6.648	6.676	6.704	6.732	6.760	6.788	6.816	6.844	6.872	6.900	6.928	300
310	6.928	6.956	6.984	7.012	7.040	7.068	7.096	7.124	7.152	7.181	7.209	310
320	7.209	7.237	7.265	7.294	7.322	7.350	7.378	7.407	7.435	7.463	7.492	320
330	7.492	7.520	7.549	7.577	7.606	7.634	7.663	7.691	7.720	7.748	7.777	330
340	7.777	7.805	7.834	7.863	7.891	7.920	7.949	7.977	8.006	8.035	8.064	340
350	8.064	8.092	8.121	8.150	8.179	8.208	8.237	8.266	8.294	8.323	8.352	350
360	8.352	8.381	8.410	8.439	8.468	8.497	8.526	8.555	8.585	8.614	8.643	360
370	8.643	8.672	8.701	8.730	8.759	8.789	8.818	8.847	8.876	8.906	8.935	370
380	8.935	8.964	8.994	9.023	9.052	9.082	9.111	9.141	9.170	9.200	9.229	380
390	9.229	9.259	9.288	9.318	9.347	9.377	9.406	9.436	9.466	9.495	9.525	390
400	9.525	9.555	9.584	9.614	9.644	9.673	9.703	9.733	9.763	9.793	9.822	400
410	9.822	9.852	9.882	9.912	9.942	9.972	10.002	10.032	10.062	10.092	10.122	410
420	10.122	10.152	10.182	10.212	10.242	10.272	10.302	10.332	10.362	10.392	10.423	420
430	10.423	10.453	10.483	10.513	10.543	10.574	10.604	10.634	10.664	10.695	10.725	430
440	10.725	10.755	10.786	10.816	10.847	10.877	10.907	10.938	10.968	10.999	11.029	440
450	11.029	11.060	11.090	11.121	11.151	11.182	11.213	11.243	11.274	11.304	11.335	450
460	11.335	11.366	11.396	11.427	11.458	11.489	11.519	11.550	11.581	11.612	11.643	460
470	11.643	11.673	11.704	11.735	11.766	11.797	11.828	11.859	11.890	11.920	11.951	470
480	11.951	11.982	12.013	12.044	12.075	12.106	12.138	12.169	12.200	12.231	12.262	480
490	12.262	12.293	12.324	12.355	12.386	12.418	12.449	12.480	12.511	12.543	12.574	490
500	12.574	12.605	12.636	12.668	12.699	12.730	12.762	12.793	12.824	12.856	12.887	500
510	12.887	12.919	12.950	12.982	13.013	13.045	13.076	13.108	13.139	13.171	13.202	510
520	13.202	13.234	13.265	13.297	13.328	13.360	13.392	13.423	13.455	13.487	13.518	520
530	13.518	13.550	13.582	13.614	13.645	13.677	13.709	13.741	13.772	13.804	13.836	530
540	13.836	13.868	13.900	13.932	13.964	13.995	14.027	14.059	14.091	14.123	14.155	540
550	14.155	14.187	14.219	14.251	14.283	14.315	14.347	14.379	14.411	14.444	14.476	550
560	14.476	14.508	14.540	14.572	14.604	14.636	14.669	14.701	14.733	14.765	14.797	560
570	14.797	14.830	14.862	14.894	14.926	14.959	14.991	15.023	15.056	15.088	15.121	570
580	15.121	15.153	15.185	15.218	15.250	15.283	15.315	15.347	15.380	15.412	15.445	580
590	15.445	15.477	15.510	15.543	15.575	15.608	15.640	15.673	15.705	15.738	15.771	590
600	15.771	15.803	15.836	15.869	15.901	15.934	15.967	15.999	16.032	16.065	16.098	600
610	16.098	16.130	16.163	16.196	16.229	16.262	16.295	16.327	16.360	16.393	16.426	610
620	16.426	16.459	16.492	16.525	16.558	16.591	16.624	16.657	16.690	16.723	16.756	620
630	16.756	16.789	16.822	16.855	16.888	16.921	16.954	16.987	17.020	17.053	17.086	630
640	17.086	17.120	17.153	17.186	17.219	17.252	17.286	17.319	17.352	17.385	17.418	640
650	17.418	17.452	17.485	17.518	17.552	17.585	17.618	17.652	17.685	17.718	17.752	650
660	17.752	17.785	17.819	17.852	17.886	17.919	17.952	17.986	18.019	18.053	18.086	660
670	18.086	18.120	18.153	18.187	18.221	18.254	18.288	18.321	18.355	18.389	18.422	670
680	18.422	18.456	18.490	18.523	18.557	18.591	18.624	18.658	18.692	18.725	18.759	680
690	18.759	18.793	18.827	18.861	18.894	18.928	18.962	18.996	19.030	19.064	19.097	690
700	19.097	19.131	19.165	19.199	19.233	19.267	19.301	19.335	19.369	19.403	19.437	700
710	19.437	19.471	19.505	19.539	19.573	19.607	19.641	19.675	19.709	19.743	19.777	710
720	19.777	19.811	19.845	19.879	19.913	19.947	19.982	20.016	20.050	20.084	20.118	720
730	20.118	20.152	20.187	20.221	20.255	20.289	20.323	20.358	20.392	20.426	20.460	730
740	20.460	20.495	20.529	20.563	20.597	20.632	20.666	20.700	20.735	20.769	20.803	740
750	20.803	20.838	20.872									750
°F	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**°F**

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

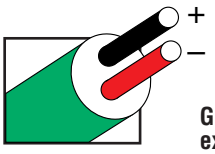
Grado de termopar
32 a 2642 °F
0 a 1450 °C

Grado de extensión
32 a 300 °F
0 a 150 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.5 °C o 0.25%
Especial: 0.6 °C o 0.1%
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

°F

Platino-10% Rodio vs. Platino



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO S

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°F
-50			-0.236	-0.233	-0.231	-0.229	-0.227	-0.224	-0.222	-0.220	-0.218	-50
-40	-0.218	-0.215	-0.213	-0.211	-0.208	-0.206	-0.204	-0.201	-0.199	-0.197	-0.194	-40
-30	-0.194	-0.192	-0.190	-0.187	-0.185	-0.182	-0.180	-0.178	-0.175	-0.173	-0.170	-30
-20	-0.170	-0.168	-0.165	-0.163	-0.160	-0.158	-0.155	-0.153	-0.150	-0.148	-0.145	-20
-10	-0.145	-0.142	-0.140	-0.137	-0.135	-0.132	-0.129	-0.127	-0.124	-0.122	-0.119	-10
0	-0.119	-0.116	-0.114	-0.111	-0.108	-0.106	-0.103	-0.100	-0.097	-0.095	-0.092	0
0	-0.092	-0.089	-0.086	-0.084	-0.081	-0.078	-0.075	-0.073	-0.070	-0.067	-0.064	0
10	-0.064	-0.061	-0.058	-0.056	-0.053	-0.050	-0.047	-0.044	-0.041	-0.038	-0.035	10
20	-0.035	-0.033	-0.030	-0.027	-0.024	-0.021	-0.018	-0.015	-0.012	-0.009	-0.006	20
30	-0.006	-0.003	0.000	0.003	0.006	0.009	0.012	0.015	0.018	0.021	0.024	30
40	0.024	0.027	0.030	0.033	0.037	0.040	0.043	0.046	0.049	0.052	0.055	40
50	0.055	0.058	0.062	0.065	0.068	0.071	0.074	0.077	0.081	0.084	0.087	50
60	0.087	0.090	0.093	0.097	0.100	0.103	0.106	0.110	0.113	0.116	0.119	60
70	0.119	0.123	0.126	0.129	0.133	0.136	0.139	0.143	0.146	0.149	0.153	70
80	0.153	0.156	0.159	0.163	0.166	0.169	0.173	0.176	0.180	0.183	0.186	80
90	0.186	0.190	0.193	0.197	0.200	0.204	0.207	0.210	0.214	0.217	0.221	90
100	0.221	0.224	0.228	0.231	0.235	0.238	0.242	0.245	0.249	0.252	0.256	100
110	0.256	0.260	0.263	0.267	0.270	0.274	0.277	0.281	0.285	0.288	0.292	110
120	0.292	0.295	0.299	0.303	0.306	0.310	0.313	0.317	0.321	0.324	0.328	120
130	0.328	0.332	0.335	0.339	0.343	0.346	0.350	0.354	0.357	0.361	0.365	130
140	0.365	0.369	0.372	0.376	0.380	0.384	0.387	0.391	0.395	0.399	0.402	140
150	0.402	0.406	0.410	0.414	0.417	0.421	0.425	0.429	0.433	0.436	0.440	150
160	0.440	0.444	0.448	0.452	0.456	0.459	0.463	0.467	0.471	0.475	0.479	160
170	0.479	0.483	0.487	0.490	0.494	0.498	0.502	0.506	0.510	0.514	0.518	170
180	0.518	0.522	0.526	0.530	0.534	0.538	0.541	0.545	0.549	0.553	0.557	180
190	0.557	0.561	0.565	0.569	0.573	0.577	0.581	0.585	0.589	0.593	0.597	190
200	0.597	0.601	0.605	0.609	0.613	0.617	0.622	0.626	0.630	0.634	0.638	200
210	0.638	0.642	0.646	0.650	0.654	0.658	0.662	0.666	0.670	0.675	0.679	210
220	0.679	0.683	0.687	0.691	0.695	0.699	0.703	0.708	0.712	0.716	0.720	220
230	0.720	0.724	0.728	0.732	0.737	0.741	0.745	0.749	0.753	0.758	0.762	230
240	0.762	0.766	0.770	0.774	0.779	0.783	0.787	0.791	0.795	0.800	0.804	240
250	0.804	0.808	0.812	0.817	0.821	0.825	0.829	0.834	0.838	0.842	0.847	250
260	0.847	0.851	0.855	0.859	0.864	0.868	0.872	0.877	0.881	0.885	0.889	260
270	0.889	0.894	0.898	0.902	0.907	0.911	0.915	0.920	0.924	0.928	0.933	270
280	0.933	0.937	0.942	0.946	0.950	0.955	0.959	0.963	0.968	0.972	0.977	280
290	0.977	0.981	0.985	0.990	0.994	0.998	1.003	1.007	1.012	1.016	1.021	290
300	1.021	1.025	1.029	1.034	1.038	1.043	1.047	1.052	1.056	1.061	1.065	300
310	1.065	1.069	1.074	1.078	1.083	1.087	1.092	1.096	1.101	1.105	1.110	310
320	1.110	1.114	1.119	1.123	1.128	1.132	1.137	1.141	1.146	1.150	1.155	320
330	1.155	1.159	1.164	1.168	1.173	1.177	1.182	1.186	1.191	1.196	1.200	330
340	1.200	1.205	1.209	1.214	1.218	1.223	1.227	1.232	1.237	1.241	1.246	340
350	1.246	1.250	1.255	1.260	1.264	1.269	1.273	1.278	1.283	1.287	1.292	350
360	1.292	1.296	1.301	1.306	1.310	1.315	1.319	1.324	1.329	1.333	1.338	360
370	1.338	1.343	1.347	1.352	1.357	1.361	1.366	1.371	1.375	1.380	1.385	370
380	1.385	1.389	1.394	1.399	1.403	1.408	1.413	1.417	1.422	1.427	1.431	380
390	1.431	1.436	1.441	1.445	1.450	1.455	1.460	1.464	1.469	1.474	1.478	390
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
400	1.478	1.483	1.488	1.493	1.497	1.502	1.507	1.512	1.516	1.521	1.526	400
410	1.526	1.531	1.535	1.540	1.545	1.550	1.554	1.559	1.564	1.569	1.573	410
420	1.573	1.578	1.583	1.588	1.592	1.597	1.602	1.607	1.612	1.616	1.621	420
430	1.621	1.626	1.631	1.636	1.640	1.645	1.650	1.655	1.660	1.664	1.669	430
440	1.669	1.674	1.679	1.684	1.689	1.693	1.698	1.703	1.708	1.713	1.718	440
450	1.718	1.722	1.727	1.732	1.737	1.742	1.747	1.752	1.756	1.761	1.766	450
460	1.766	1.771	1.776	1.781	1.786	1.790	1.795	1.800	1.805	1.810	1.815	460
470	1.815	1.820	1.825	1.829	1.834	1.839	1.844	1.849	1.854	1.859	1.864	470
480	1.864	1.869	1.874	1.878	1.883	1.888	1.893	1.898	1.903	1.908	1.913	480
490	1.913	1.918	1.923	1.928	1.933	1.938	1.942	1.947	1.952	1.957	1.962	490
500	1.962	1.967	1.972	1.977	1.982	1.987	1.992	1.997	2.002	2.007	2.012	500
510	2.012	2.017	2.022	2.027	2.032	2.037	2.042	2.047	2.052	2.057	2.062	510
520	2.062	2.067	2.072	2.076	2.081	2.086	2.091	2.096	2.101	2.106	2.111	520
530	2.111	2.116	2.121	2.126	2.131	2.136	2.141	2.147	2.152	2.157	2.162	530
540	2.162	2.167	2.172	2.177	2.182	2.187	2.192	2.197	2.202	2.207	2.212	540
550	2.212	2.217	2.222	2.227	2.232	2.237	2.242	2.247	2.252	2.257	2.262	550
560	2.262	2.267	2.272	2.277	2.283	2.288	2.293	2.298	2.303	2.308	2.313	560
570	2.313	2.318	2.323	2.328	2.333	2.338	2.343	2.348	2.354	2.359	2.364	570
580	2.364	2.369	2.374	2.379	2.384	2.389	2.394	2.399	2.404	2.410	2.415	580
590	2.415	2.420	2.425	2.430	2.435	2.440	2.445	2.450	2.455	2.461	2.466	590
600	2.466	2.471	2.476	2.481	2.486	2.491	2.496	2.502	2.507	2.512	2.517	600
610	2.517	2.522	2.527	2.532	2.537	2.543	2.548	2.553	2.558	2.563	2.568	610
620	2.568	2.574	2.579	2.584	2.589	2.594	2.599	2.604	2.610	2.615	2.620	620
630	2.620	2.625	2.630	2.635	2.641	2.646	2.651	2.656	2.661	2.666	2.672	630
640	2.672	2.677	2.682	2.687	2.692	2.697	2.703	2.708	2.713	2.718	2.723	640
650	2.723	2.729	2.734	2.739	2.744	2.749	2.755	2.760	2.765	2.770	2.775	650
660	2.775	2.781	2.786	2.791	2.796	2.801	2.807	2.812	2.817	2.822	2.827	660
670	2.827	2.833	2.838	2.843	2.848	2.854	2.859	2.864	2.869	2.874	2.880	670
680	2.880	2.885	2.890	2.895	2.901	2.906	2.911	2.916	2.922	2.927	2.932	680
690	2.932	2.937	2.943	2.948	2.953	2.958	2.964	2.969	2.974	2.979	2.985	690
700	2.985	2.990	2.995	3.000	3.006	3.011	3.016	3.021	3.027	3.032	3.037	700
710	3.037	3.042	3.048	3.053	3.058	3.063	3.069	3.074	3.079	3.085	3.090	710
720	3.090	3.095	3.100	3.106	3.111	3.116	3.122	3.127	3.132	3.137	3.143	
720												
730	3.143	3.148	3.153	3.159	3.164	3.169	3.174	3.180	3.185	3.190	3.196	730
740	3.196	3.201	3.206	3.212	3.217	3.222	3.227	3.233	3.238	3.243	3.249	740
750	3.249	3.254	3.259	3.265	3.270	3.275	3.281	3.286	3.291	3.297	3.302	750
760	3.302	3.307	3.313	3.318	3.323	3.329	3.334	3.339	3.345	3.350	3.355	760
770	3.355	3.361	3.366	3.371	3.377	3.382	3.387	3.393	3.398	3.403	3.409	770
780	3.409	3.414	3.419	3.425	3.430	3.435	3.441	3.446	3.451	3.457	3.462	780
790	3.462	3.468	3.473	3.478	3.484	3.489	3.494	3.500	3.505	3.510	3.516	790
800	3.516	3.521	3.527	3.532	3.537	3.543	3.548	3.553	3.559	3.564	3.570	800
810	3.570	3.575	3.580	3.586	3.591	3.596	3.602	3.607	3.613	3.618	3.623	810
820	3.623	3.629	3.634	3.640	3.645	3.650	3.656	3.661	3.667	3.672	3.677	820
830	3.677	3.683	3.688	3.694	3.699	3.704	3.710	3.715	3.721	3.726	3.731	830
840	3.731	3.737	3.742	3.748	3.753	3.758	3.764	3.769	3.775	3.780	3.786	840
850	3.786	3.791	3.796	3.802	3.807	3.813	3.818	3.823	3.829	3.834	3.840	850
860	3.840	3.845	3.851	3.856	3.862	3.867	3.872	3.878	3.883	3.889	3.894	860
870	3.894	3.900	3.905	3.910	3.916	3.921	3.927	3.932	3.938	3.943	3.949	870
880	3.949	3.954	3.959	3.965	3.970	3.976	3.981	3.987	3.992	3.998	4.003	880
890	4.003	4.009	4.014	4.020	4.025	4.030	4.036	4.041	4.047	4.052	4.058	890
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO S

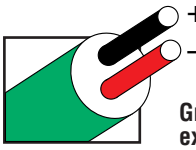
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Platino-10% Rodio vs. Platino



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 a 2642 °F
0 a 1450 °C

Grado de extensión
32 a 300 °F
0 a 150 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.5 °C o 0.25%
Especial: 0.6 °C o 0.1%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura

TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°F
900	4.058	4.063	4.069	4.074	4.080	4.085	4.091	4.096	4.102	4.107	4.113	900
910	4.113	4.118	4.123	4.129	4.134	4.140	4.145	4.151	4.156	4.162	4.167	910
920	4.167	4.173	4.178	4.184	4.189	4.195	4.200	4.206	4.211	4.217	4.222	920
930	4.222	4.228	4.233	4.239	4.244	4.250	4.255	4.261	4.266	4.272	4.277	930
940	4.277	4.283	4.288	4.294	4.299	4.305	4.310	4.316	4.321	4.327	4.332	940
950	4.332	4.338	4.343	4.349	4.355	4.360	4.366	4.371	4.377	4.382	4.388	950
960	4.388	4.393	4.399	4.404	4.410	4.415	4.421	4.426	4.432	4.437	4.443	960
970	4.443	4.449	4.454	4.460	4.465	4.471	4.476	4.482	4.487	4.493	4.498	970
980	4.498	4.504	4.510	4.515	4.521	4.526	4.532	4.537	4.543	4.548	4.554	980
990	4.554	4.559	4.565	4.571	4.576	4.582	4.587	4.593	4.598	4.604	4.610	990
1000	4.610	4.615	4.621	4.626	4.632	4.637	4.643	4.648	4.654	4.660	4.665	1000
1010	4.665	4.671	4.676	4.682	4.688	4.693	4.699	4.704	4.710	4.715	4.721	1010
1020	4.721	4.727	4.732	4.738	4.743	4.749	4.755	4.760	4.766	4.771	4.777	1020
1030	4.777	4.782	4.788	4.794	4.799	4.805	4.810	4.816	4.822	4.827	4.833	1030
1040	4.833	4.838	4.844	4.850	4.855	4.861	4.866	4.872	4.878	4.883	4.889	1040
1050	4.889	4.895	4.900	4.906	4.911	4.917	4.923	4.928	4.934	4.939	4.945	1050
1060	4.945	4.951	4.956	4.962	4.968	4.973	4.979	4.984	4.990	4.996	5.001	1060
1070	5.001	5.007	5.013	5.018	5.024	5.030	5.035	5.041	5.046	5.052	5.058	1070
1080	5.058	5.063	5.069	5.075	5.080	5.086	5.092	5.097	5.103	5.109	5.114	1080
1090	5.114	5.120	5.125	5.131	5.137	5.142	5.148	5.154	5.159	5.165	5.171	1090
1100	5.171	5.176	5.182	5.188	5.193	5.199	5.205	5.210	5.216	5.222	5.227	1100
1110	5.227	5.233	5.239	5.244	5.250	5.256	5.261	5.267	5.273	5.278	5.284	1110
1120	5.284	5.290	5.295	5.301	5.307	5.312	5.318	5.324	5.330	5.335	5.341	1120
1130	5.341	5.347	5.352	5.358	5.364	5.369	5.375	5.381	5.386	5.392	5.398	1130
1140	5.398	5.404	5.409	5.415	5.421	5.426	5.432	5.438	5.443	5.449	5.455	1140
1150	5.455	5.461	5.466	5.472	5.478	5.483	5.489	5.495	5.501	5.506	5.512	1150
1160	5.512	5.518	5.523	5.529	5.535	5.541	5.546	5.552	5.558	5.563	5.569	1160
1170	5.569	5.575	5.581	5.586	5.592	5.598	5.604	5.609	5.615	5.621	5.627	1170
1180	5.627	5.632	5.638	5.644	5.649	5.655	5.661	5.667	5.672	5.678	5.684	1180
1190	5.684	5.690	5.695	5.701	5.707	5.713	5.718	5.724	5.730	5.736	5.741	1190
1200	5.741	5.747	5.753	5.759	5.764	5.770	5.776	5.782	5.788	5.793	5.799	1200
1210	5.799	5.805	5.811	5.816	5.822	5.828	5.834	5.839	5.845	5.851	5.857	1210
1220	5.857	5.863	5.868	5.874	5.880	5.886	5.891	5.897	5.903	5.909	5.915	1220
1230	5.915	5.920	5.926	5.932	5.938	5.944	5.949	5.955	5.961	5.967	5.972	1230
1240	5.972	5.978	5.984	5.990	5.996	6.001	6.007	6.013	6.019	6.025	6.030	1240
1250	6.030	6.036	6.042	6.048	6.054	6.060	6.065	6.071	6.077	6.083	6.089	1250
1260	6.089	6.094	6.100	6.106	6.112	6.118	6.124	6.129	6.135	6.141	6.147	1260
1270	6.147	6.153	6.158	6.164	6.170	6.176	6.182	6.188	6.193	6.199	6.205	1270
1280	6.205	6.211	6.217	6.223	6.228	6.234	6.240	6.246	6.252	6.258	6.264	1280
1290	6.264	6.269	6.275	6.281	6.287	6.293	6.299	6.305	6.310	6.316	6.322	1290
1300	6.322	6.328	6.334	6.340	6.346	6.351	6.357	6.363	6.369	6.375	6.381	1300
1310	6.381	6.387	6.392	6.398	6.404	6.410	6.416	6.422	6.428	6.434	6.439	1310
1320	6.439	6.445	6.451	6.457	6.463	6.469	6.475	6.481	6.486	6.492	6.498	1320
1330	6.498	6.504	6.510	6.516	6.522	6.528	6.534	6.539	6.545	6.551	6.557	1330
1340	6.557	6.563	6.569	6.575	6.581	6.587	6.593	6.598	6.604	6.610	6.616	1340
1350	6.616	6.622	6.628	6.634	6.640	6.646	6.652	6.658	6.664	6.669	6.675	1350
1360	6.675	6.681	6.687	6.693	6.699	6.705	6.711	6.717	6.723	6.729	6.735	1360
1370	6.735	6.741	6.746	6.752	6.758	6.764	6.770	6.776	6.782	6.788	6.794	1370
1380	6.794	6.800	6.806	6.812	6.818	6.824	6.830	6.836	6.842	6.847	6.853	1380
1390	6.853	6.859	6.865	6.871	6.877	6.883	6.889	6.895	6.901	6.907	6.913	1390
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1400	6.913	6.919	6.925	6.931	6.937	6.943	6.949	6.955	6.961	6.967	6.973	1400
1410	6.973	6.979	6.985	6.991	6.997	7.003	7.008	7.014	7.020	7.026	7.032	1410
1420	7.032	7.038	7.044	7.050	7.056	7.062	7.068	7.074	7.080	7.086	7.092	1420
1430	7.092	7.098	7.104	7.110	7.116	7.122	7.128	7.134	7.140	7.146	7.152	1430
1440	7.152	7.158	7.164	7.170	7.176	7.182	7.188	7.194	7.200	7.206	7.212	1440
1450	7.212	7.218	7.224	7.230	7.236	7.242	7.249	7.255	7.261	7.267	7.273	1450
1460	7.273	7.279	7.285	7.291	7.297	7.303	7.309	7.315	7.321	7.327	7.333	1460
1470	7.333	7.339	7.345	7.351	7.357	7.363	7.369	7.375	7.381	7.387	7.393	1470
1480	7.393	7.399	7.405	7.411	7.418	7.424	7.430	7.436	7.442	7.448	7.454	1480
1490	7.454	7.460	7.466	7.472	7.478	7.484	7.490	7.496	7.502	7.508	7.514	1490
1500	7.514	7.521	7.527	7.533	7.539	7.545	7.551	7.557	7.563	7.569	7.575	1500
1510	7.575	7.581	7.587	7.593	7.600	7.606	7.612	7.618	7.624	7.630	7.636	1510
1520	7.636	7.642	7.648	7.654	7.660	7.667	7.673	7.679	7.685	7.691	7.697	1520
1530	7.697	7.703	7.709	7.715	7.721	7.728	7.734	7.740	7.746	7.752	7.758	1530
1540	7.758	7.764	7.770	7.776	7.783	7.789	7.795	7.801	7.807	7.813	7.819	1540
1550	7.819	7.825	7.832	7.838	7.844	7.850	7.856	7.862	7.868	7.874	7.881	1550
1560	7.881	7.887	7.893	7.899	7.905	7.911	7.917	7.923	7.930	7.936	7.942	1560
1570	7.942	7.948	7.954	7.960	7.966	7.973	7.979	7.985	7.991	7.997	8.003	1570
1580	8.003	8.010	8.016	8.022	8.028	8.034	8.040	8.047	8.053	8.059	8.065	1580
1590	8.065	8.071	8.077	8.083	8.090	8.096	8.102	8.108	8.114	8.121	8.127	1590
1600	8.127	8.133	8.139	8.145	8.151	8.158	8.164	8.170	8.176	8.182	8.189	1600
1610	8.189	8.195	8.201	8.207	8.213	8.219	8.226	8.232	8.238	8.244	8.250	1610
1620	8.250	8.257	8.263	8.269	8.275	8.281	8.288	8.294	8.300	8.306	8.312	1620
1630	8.312	8.319	8.325	8.331	8.337	8.343	8.350	8.356	8.362	8.368	8.375	1630
1640	8.375	8.381	8.387	8.393	8.399	8.406	8.412	8.418	8.424	8.431	8.437	1640
1650	8.437	8.443	8.449	8.455	8.462	8.468	8.474	8.480	8.487	8.493	8.499	1650
1660	8.499	8.505	8.512	8.518	8.524	8.530	8.537	8.543	8.549	8.555	8.562	1660
1670	8.562	8.568	8.574	8.580	8.587	8.593	8.599	8.605	8.612	8.618	8.624	1670
1680	8.624	8.630	8.637	8.643	8.649	8.655	8.662	8.668	8.674	8.680	8.687	1680
1690	8.687	8.693	8.699	8.706	8.712	8.718	8.724	8.731	8.737	8.743	8.749	1690
1700	8.749	8.756	8.762	8.768	8.775	8.781	8.787	8.793	8.800	8.806	8.812	1700
1710	8.812	8.819	8.825	8.831	8.837	8.844	8.850	8.856	8.863	8.869	8.875	1710
1720	8.875	8.882	8.888	8.894	8.900	8.907	8.913	8.919	8.926	8.932	8.938	1720
1730	8.938	8.945	8.951	8.957	8.964	8.970	8.976	8.983	8.989	8.995	9.001	1730
1740	9.001	9.008	9.014	9.020	9.027	9.033	9.039	9.046	9.052	9.058	9.065	1740
1750	9.065	9.071	9.077	9.084	9.090	9.096	9.103	9.109	9.115	9.122	9.128	1750
1760	9.128	9.134	9.141	9.147	9.153	9.160	9.166	9.172	9.179	9.185	9.192	1760
1770	9.192	9.198	9.204	9.211	9.217	9.223	9.230	9.236	9.242	9.249	9.255	1770
1780	9.255	9.261	9.268	9.274	9.281	9.287	9.293	9.300	9.306	9.312	9.319	1780
1790	9.319	9.325	9.331	9.338	9.344	9.351	9.357	9.363	9.370	9.376	9.382	1790
1800	9.382	9.389	9.395	9.402	9.408	9.414	9.421	9.427	9.434	9.440	9.446	1800
1810	9.446	9.453	9.459	9.465	9.472	9.478	9.485	9.491	9.497	9.504	9.510	1810
1820	9.510	9.517	9.523	9.529	9.536	9.542	9.549	9.555	9.561	9.568	9.574	1820
1830	9.574	9.581	9.587	9.594	9.600	9.606	9.613	9.619	9.626	9.632	9.638	1830
1840	9.638	9.645	9.651	9.658	9.664	9.671	9.677	9.683	9.690	9.696	9.703	1840
1850	9.703	9.709	9.716	9.722	9.728	9.735	9.741	9.748	9.754	9.761	9.767	1850
1860	9.767	9.773	9.780	9.786	9.793	9.799	9.806	9.812	9.819	9.825	9.831	1860
1870	9.831	9.838	9.844	9.851	9.857	9.864	9.870	9.877	9.883	9.889	9.896	1870
1880	9.896	9.902	9.909	9.915	9.922	9.928	9.935	9.941	9.948	9.954	9.961	1880
1890	9.961	9.967	9.973	9.980	9.986	9.993	9.999	10.006	10.012	10.019	10.025	1890
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

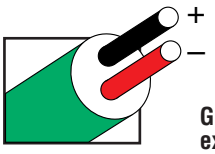
Grado de termopar
32 a 2642 °F
0 a 1450 °C

Grado de extensión
32 a 300 °F
0 a 150 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.5 °C o 0.25%
Especial: 0.6 °C o 0.1%
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

°F

Platino-10% Rodio vs. Platino



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TYPE S

Reference Tables NIST Monograph 175 Revised to ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1900	10.025	10.032	10.038	10.045	10.051	10.058	10.064	10.071	10.077	10.084	10.090	1900
1910	10.090	10.097	10.103	10.110	10.116	10.123	10.129	10.136	10.142	10.149	10.155	1910
1920	10.155	10.162	10.168	10.175	10.181	10.188	10.194	10.201	10.207	10.214	10.220	1920
1930	10.220	10.227	10.233	10.240	10.246	10.253	10.259	10.266	10.272	10.279	10.285	1930
1940	10.285	10.292	10.298	10.305	10.311	10.318	10.324	10.331	10.337	10.344	10.350	1940
1950	10.350	10.357	10.363	10.370	10.376	10.383	10.390	10.396	10.403	10.409	10.416	1950
1960	10.416	10.422	10.429	10.435	10.442	10.448	10.455	10.461	10.468	10.475	10.481	1960
1970	10.481	10.488	10.494	10.501	10.507	10.514	10.520	10.527	10.533	10.540	10.547	1970
1980	10.547	10.553	10.560	10.566	10.573	10.579	10.586	10.592	10.599	10.606	10.612	1980
1990	10.612	10.619	10.625	10.632	10.638	10.645	10.651	10.658	10.665	10.671	10.678	1990
2000	10.678	10.684	10.691	10.697	10.704	10.711	10.717	10.724	10.730	10.737	10.743	2000
2010	10.743	10.750	10.757	10.763	10.770	10.776	10.783	10.789	10.796	10.803	10.809	2010
2020	10.809	10.816	10.822	10.829	10.836	10.842	10.849	10.855	10.862	10.868	10.875	2020
2030	10.875	10.882	10.888	10.895	10.901	10.908	10.915	10.921	10.928	10.934	10.941	2030
2040	10.941	10.948	10.954	10.961	10.967	10.974	10.981	10.987	10.994	11.000	11.007	2040
2050	11.007	11.014	11.020	11.027	11.033	11.040	11.047	11.053	11.060	11.066	11.073	2050
2060	11.073	11.080	11.086	11.093	11.099	11.106	11.113	11.119	11.126	11.132	11.139	2060
2070	11.139	11.146	11.152	11.159	11.166	11.172	11.179	11.185	11.192	11.199	11.205	2070
2080	11.205	11.212	11.219	11.225	11.232	11.238	11.245	11.252	11.258	11.265	11.272	2080
2090	11.272	11.278	11.285	11.291	11.298	11.305	11.311	11.318	11.325	11.331	11.338	2090
2100	11.338	11.345	11.351	11.358	11.364	11.371	11.378	11.384	11.391	11.398	11.404	2100
2110	11.404	11.411	11.418	11.424	11.431	11.437	11.444	11.451	11.457	11.464	11.471	2110
2120	11.471	11.477	11.484	11.491	11.497	11.504	11.511	11.517	11.524	11.531	11.537	2120
2130	11.537	11.544	11.550	11.557	11.564	11.570	11.577	11.584	11.590	11.597	11.604	2130
2140	11.604	11.610	11.617	11.624	11.630	11.637	11.644	11.650	11.657	11.664	11.670	2140
2150	11.670	11.677	11.684	11.690	11.697	11.704	11.710	11.717	11.724	11.730	11.737	2150
2160	11.737	11.744	11.750	11.757	11.764	11.770	11.777	11.784	11.790	11.797	11.804	2160
2170	11.804	11.810	11.817	11.824	11.830	11.837	11.844	11.850	11.857	11.864	11.870	2170
2180	11.870	11.877	11.884	11.890	11.897	11.904	11.910	11.917	11.924	11.931	11.937	2180
2190	11.937	11.944	11.951	11.957	11.964	11.971	11.977	11.984	11.991	11.997	12.004	2190
2200	12.004	12.011	12.017	12.024	12.031	12.037	12.044	12.051	12.058	12.064	12.071	2200
2210	12.071	12.078	12.084	12.091	12.098	12.104	12.111	12.118	12.124	12.131	12.138	2210
2220	12.138	12.145	12.151	12.158	12.165	12.171	12.178	12.185	12.191	12.198	12.205	2220
2230	12.205	12.211	12.218	12.225	12.232	12.238	12.245	12.252	12.258	12.265	12.272	2230
2240	12.272	12.278	12.285	12.292	12.299	12.305	12.312	12.319	12.325	12.332	12.339	2240
2250	12.339	12.346	12.352	12.359	12.366	12.372	12.379	12.386	12.392	12.399	12.406	2250
2260	12.406	12.413	12.419	12.426	12.433	12.439	12.446	12.453	12.460	12.466	12.473	2260
2270	12.473	12.480	12.486	12.493	12.500	12.507	12.513	12.520	12.527	12.533	12.540	2270
2280	12.540	12.547	12.554	12.560	12.567	12.574	12.580	12.587	12.594	12.601	12.607	2280
2290	12.607	12.614	12.621	12.627	12.634	12.641	12.648	12.654	12.661	12.668	12.675	2290
2300	12.675	12.681	12.688	12.695	12.701	12.708	12.715	12.722	12.728	12.735	12.742	2300
2310	12.742	12.748	12.755	12.762	12.769	12.775	12.782	12.789	12.796	12.802	12.809	2310
2320	12.809	12.816	12.822	12.829	12.836	12.843	12.849	12.856	12.863	12.870	12.876	2320
2330	12.876	12.883	12.890	12.896	12.903	12.910	12.917	12.923	12.930	12.937	12.944	2330
2340	12.944	12.950	12.957	12.964	12.971	12.977	12.984	12.991	12.997	13.004	13.011	2340
2350	13.011	13.018	13.024	13.031	13.038	13.045	13.051	13.058	13.065	13.072	13.078	2350
2360	13.078	13.085	13.092	13.098	13.105	13.112	13.119	13.125	13.132	13.139	13.146	2360
2370	13.146	13.152	13.159	13.166	13.173	13.179	13.186	13.193	13.199	13.206	13.213	2370
2380	13.213	13.220	13.226	13.233	13.240	13.247	13.253	13.260	13.267	13.274	13.280	2380
2390	13.280	13.287	13.294	13.301	13.307	13.314	13.321	13.328	13.334	13.341	13.348	2390
°F	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**°F**

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
2400	13.348	13.354	13.361	13.368	13.375	13.381	13.388	13.395	13.402	13.408	13.415	2400
2410	13.415	13.422	13.429	13.435	13.442	13.449	13.456	13.462	13.469	13.476	13.483	2410
2420	13.483	13.489	13.496	13.503	13.510	13.516	13.523	13.530	13.537	13.543	13.550	2420
2430	13.550	13.557	13.563	13.570	13.577	13.584	13.590	13.597	13.604	13.611	13.617	2430
2440	13.617	13.624	13.631	13.638	13.644	13.651	13.658	13.665	13.671	13.678	13.685	2440
2450	13.685	13.692	13.698	13.705	13.712	13.719	13.725	13.732	13.739	13.746	13.752	2450
2460	13.752	13.759	13.766	13.773	13.779	13.786	13.793	13.800	13.806	13.813	13.820	2460
2470	13.820	13.826	13.833	13.840	13.847	13.853	13.860	13.867	13.874	13.880	13.887	2470
2480	13.887	13.894	13.901	13.907	13.914	13.921	13.928	13.934	13.941	13.948	13.955	2480
2490	13.955	13.961	13.968	13.975	13.982	13.988	13.995	14.002	14.009	14.015	14.022	2490
2500	14.022	14.029	14.036	14.042	14.049	14.056	14.063	14.069	14.076	14.083	14.089	2500
2510	14.089	14.096	14.103	14.110	14.116	14.123	14.130	14.137	14.143	14.150	14.157	2510
2520	14.157	14.164	14.170	14.177	14.184	14.191	14.197	14.204	14.211	14.218	14.224	2520
2530	14.224	14.231	14.238	14.245	14.251	14.258	14.265	14.272	14.278	14.285	14.292	2530
2540	14.292	14.298	14.305	14.312	14.319	14.325	14.332	14.339	14.346	14.352	14.359	2540
2550	14.359	14.366	14.373	14.379	14.386	14.393	14.400	14.406	14.413	14.420	14.426	2550
2560	14.426	14.433	14.440	14.447	14.453	14.460	14.467	14.474	14.480	14.487	14.494	2560
2570	14.494	14.501	14.507	14.514	14.521	14.528	14.534	14.541	14.548	14.554	14.561	2570
2580	14.561	14.568	14.575	14.581	14.588	14.595	14.602	14.608	14.615	14.622	14.629	2580
2590	14.629	14.635	14.642	14.649	14.655	14.662	14.669	14.676	14.682	14.689	14.696	2590
2600	14.696	14.703	14.709	14.716	14.723	14.729	14.736	14.743	14.750	14.756	14.763	2600
2610	14.763	14.770	14.777	14.783	14.790	14.797	14.803	14.810	14.817	14.824	14.830	2610
2620	14.830	14.837	14.844	14.851	14.857	14.864	14.871	14.877	14.884	14.891	14.898	2620
2630	14.898	14.904	14.911	14.918	14.925	14.931	14.938	14.945	14.951	14.958	14.965	2630
2640	14.965	14.972	14.978	14.985	14.992	14.998	15.005	15.012	15.019	15.025	15.032	2640
2650	15.032	15.039	15.045	15.052	15.059	15.066	15.072	15.079	15.086	15.092	15.099	2650
2660	15.099	15.106	15.113	15.119	15.126	15.133	15.139	15.146	15.153	15.160	15.166	2660
2670	15.166	15.173	15.180	15.186	15.193	15.200	15.207	15.213	15.220	15.227	15.233	2670
2680	15.233	15.240	15.247	15.254	15.260	15.267	15.274	15.280	15.287	15.294	15.300	2680
2690	15.300	15.307	15.314	15.321	15.327	15.334	15.341	15.347	15.354	15.361	15.367	2690
2700	15.367	15.374	15.381	15.388	15.394	15.401	15.408	15.414	15.421	15.428	15.434	2700
2710	15.434	15.441	15.448	15.455	15.461	15.468	15.475	15.481	15.488	15.495	15.501	2710
2720	15.501	15.508	15.515	15.521	15.528	15.535	15.542	15.548	15.555	15.562	15.568	2720
2730	15.568	15.575	15.582	15.588	15.595	15.602	15.608	15.615	15.622	15.628	15.635	2730
2740	15.635	15.642	15.649	15.655	15.662	15.669	15.675	15.682	15.689	15.695	15.702	2740
2750	15.702	15.709	15.715	15.722	15.729	15.735	15.742	15.749	15.755	15.762	15.769	2750
2760	15.769	15.775	15.782	15.789	15.795	15.802	15.809	15.815	15.822	15.829	15.835	2760
2770	15.835	15.842	15.849	15.855	15.862	15.869	15.875	15.882	15.889	15.895	15.902	2770
2780	15.902	15.909	15.915	15.922	15.929	15.935	15.942	15.949	15.955	15.962	15.969	2780
2790	15.969	15.975	15.982	15.989	15.995	16.002	16.009	16.015	16.022	16.029	16.035	2790
2800	16.035	16.042	16.049	16.055	16.062	16.069	16.075	16.082	16.089	16.095	16.102	2800
2810	16.102	16.108	16.115	16.122	16.128	16.135	16.142	16.148	16.155	16.162	16.168	2810
2820	16.168	16.175	16.182	16.188	16.195	16.202	16.208	16.215	16.221	16.228	16.235	2820
2830	16.235	16.241	16.248	16.255	16.261	16.268	16.275	16.281	16.288	16.294	16.301	2830
2840	16.301	16.308	16.314	16.321	16.328	16.334	16.341	16.347	16.354	16.361	16.367	2840
2850	16.367	16.374	16.381	16.387	16.394	16.400	16.407	16.414	16.420	16.427	16.434	2850
2860	16.434	16.440	16.447	16.453	16.460	16.467	16.473	16.480	16.486	16.493	16.500	2860
2870	16.500	16.506	16.513	16.520	16.526	16.533	16.539	16.546	16.553	16.559	16.566	2870
2880	16.566	16.572	16.579	16.586	16.592	16.599	16.605	16.612	16.619	16.625	16.632	2880
2890	16.632	16.638	16.645	16.652	16.658	16.665	16.671	16.678	16.685	16.691	16.698	2890
°F	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**°F**

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO S

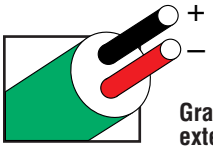
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Platino-10% Rodio vs. Platino



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 a 2642 °F
0 a 1450 °C

Grado de extensión
32 a 300 °F
0 a 150 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.5 °C o 0.25%
Especial: 0.6 °C o 0.1%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura

TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
2900	16.698	16.704	16.711	16.718	16.724	16.731	16.737	16.744	16.751	16.757	16.764	2900
2910	16.764	16.770	16.777	16.783	16.790	16.797	16.803	16.810	16.816	16.823	16.829	2910
2920	16.829	16.836	16.843	16.849	16.856	16.862	16.869	16.876	16.882	16.889	16.895	2920
2930	16.895	16.902	16.908	16.915	16.922	16.928	16.935	16.941	16.948	16.954	16.961	2930
2940	16.961	16.967	16.974	16.981	16.987	16.994	17.000	17.007	17.013	17.020	17.026	2940
2950	17.026	17.033	17.040	17.046	17.053	17.059	17.066	17.072	17.079	17.085	17.092	2950
2960	17.092	17.099	17.105	17.112	17.118	17.125	17.131	17.138	17.144	17.151	17.157	2960
2970	17.157	17.164	17.171	17.177	17.184	17.190	17.197	17.203	17.210	17.216	17.223	2970
2980	17.223	17.229	17.236	17.242	17.249	17.255	17.262	17.268	17.275	17.282	17.288	2980
2990	17.288	17.295	17.301	17.308	17.314	17.321	17.327	17.334	17.340	17.347	17.353	2990
3000	17.353	17.360	17.366	17.373	17.379	17.386	17.392	17.399	17.405	17.412	17.418	3000
3010	17.418	17.425	17.431	17.438	17.444	17.451	17.457	17.464	17.470	17.477	17.483	3010
3020	17.483	17.490	17.496	17.503	17.509	17.516	17.522	17.529	17.535	17.542	17.548	3020
3030	17.548	17.555	17.561	17.568	17.574	17.581	17.587	17.594	17.600	17.607	17.613	3030
3040	17.613	17.620	17.626	17.633	17.639	17.645	17.652	17.658	17.665	17.671	17.678	3040
3050	17.678	17.684	17.691	17.697	17.704	17.710	17.717	17.723	17.729	17.736	17.742	3050
3060	17.742	17.749	17.755	17.762	17.768	17.775	17.781	17.787	17.794	17.800	17.807	3060
3070	17.807	17.813	17.819	17.826	17.832	17.839	17.845	17.852	17.858	17.864	17.871	3070
3080	17.871	17.877	17.884	17.890	17.896	17.903	17.909	17.915	17.922	17.928	17.935	3080
3090	17.935	17.941	17.947	17.954	17.960	17.966	17.973	17.979	17.985	17.992	17.998	3090
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
3100	17.998	18.004	18.011	18.017	18.023	18.030	18.036	18.042	18.049	18.055	18.061	3100
3110	18.061	18.068	18.074	18.080	18.086	18.093	18.099	18.105	18.112	18.118	18.124	3110
3120	18.124	18.130	18.137	18.143	18.149	18.155	18.162	18.168	18.174	18.180	18.187	3120
3130	18.187	18.193	18.199	18.205	18.211	18.218	18.224	18.230	18.236	18.242	18.248	3130
3140	18.248	18.255	18.261	18.267	18.273	18.279	18.285	18.292	18.298	18.304	18.310	3140
3150	18.310	18.316	18.322	18.328	18.334	18.341	18.347	18.353	18.359	18.365	18.371	3150
3160	18.371	18.377	18.383	18.389	18.395	18.401	18.407	18.413	18.419	18.425	18.431	3160
3170	18.431	18.437	18.443	18.449	18.455	18.461	18.467	18.473	18.479	18.485	18.491	3170
3180	18.491	18.497	18.503	18.509	18.515	18.521	18.527	18.533	18.539	18.545	18.551	3180
3190	18.551	18.557	18.562	18.568	18.574	18.580	18.586	18.592	18.598	18.603	18.609	3190
3200	18.609	18.615	18.621	18.627	18.633	18.638	18.644	18.650	18.656	18.661	18.667	3200
3210	18.667	18.673	18.679	18.684	18.690							3210
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

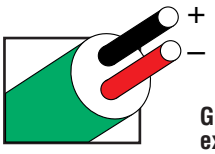
Grado de termopar
32 a 2642 °F
0 a 1450 °C

Grado de extensión
32 a 300 °F
0 a 150 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.5 °C o 0.25%
Especial: 0.6 °C o 0.1%
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

°F

Platino-13% Rodio vs. Platino



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO R

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°F
-50			-0.226	-0.224	-0.222	-0.220	-0.218	-0.216	-0.214	-0.212	-0.210	-50
-40	-0.210	-0.208	-0.205	-0.203	-0.201	-0.199	-0.197	-0.194	-0.192	-0.190	-0.188	-40
-30	-0.188	-0.185	-0.183	-0.181	-0.179	-0.176	-0.174	-0.172	-0.169	-0.167	-0.165	-30
-20	-0.165	-0.162	-0.160	-0.158	-0.155	-0.153	-0.150	-0.148	-0.145	-0.143	-0.141	-20
-10	-0.141	-0.138	-0.136	-0.133	-0.131	-0.128	-0.126	-0.123	-0.121	-0.118	-0.116	-10
0	-0.116	-0.113	-0.110	-0.108	-0.105	-0.103	-0.100	-0.097	-0.095	-0.092	-0.090	0
0	-0.090	-0.087	-0.084	-0.082	-0.079	-0.076	-0.073	-0.071	-0.068	-0.065	-0.063	0
10	-0.063	-0.060	-0.057	-0.054	-0.051	-0.049	-0.046	-0.043	-0.040	-0.037	-0.035	10
20	-0.035	-0.032	-0.029	-0.026	-0.023	-0.020	-0.017	-0.015	-0.012	-0.009	-0.006	20
30	-0.006	-0.003	0.000	0.003	0.006	0.009	0.012	0.015	0.018	0.021	0.024	30
40	0.024	0.027	0.030	0.033	0.036	0.039	0.042	0.045	0.048	0.051	0.054	40
50	0.054	0.057	0.060	0.064	0.067	0.070	0.073	0.076	0.079	0.082	0.086	50
60	0.086	0.089	0.092	0.095	0.098	0.102	0.105	0.108	0.111	0.114	0.118	60
70	0.118	0.121	0.124	0.127	0.131	0.134	0.137	0.141	0.144	0.147	0.151	70
80	0.151	0.154	0.157	0.161	0.164	0.167	0.171	0.174	0.177	0.181	0.184	80
90	0.184	0.188	0.191	0.194	0.198	0.201	0.205	0.208	0.212	0.215	0.218	90
100	0.218	0.222	0.225	0.229	0.232	0.236	0.239	0.243	0.246	0.250	0.254	100
110	0.254	0.257	0.261	0.264	0.268	0.271	0.275	0.278	0.282	0.286	0.289	110
120	0.289	0.293	0.296	0.300	0.304	0.307	0.311	0.315	0.318	0.322	0.326	120
130	0.326	0.329	0.333	0.337	0.340	0.344	0.348	0.352	0.355	0.359	0.363	130
140	0.363	0.366	0.370	0.374	0.378	0.382	0.385	0.389	0.393	0.397	0.400	140
150	0.400	0.404	0.408	0.412	0.416	0.420	0.423	0.427	0.431	0.435	0.439	150
160	0.439	0.443	0.447	0.450	0.454	0.458	0.462	0.466	0.470	0.474	0.478	160
170	0.478	0.482	0.486	0.489	0.493	0.497	0.501	0.505	0.509	0.513	0.517	170
180	0.517	0.521	0.525	0.529	0.533	0.537	0.541	0.545	0.549	0.553	0.557	180
190	0.557	0.561	0.565	0.569	0.573	0.578	0.582	0.586	0.590	0.594	0.598	190
200	0.598	0.602	0.606	0.610	0.614	0.618	0.623	0.627	0.631	0.635	0.639	200
210	0.639	0.643	0.647	0.652	0.656	0.660	0.664	0.668	0.672	0.677	0.681	210
220	0.681	0.685	0.689	0.693	0.698	0.702	0.706	0.710	0.715	0.719	0.723	220
230	0.723	0.727	0.732	0.736	0.740	0.744	0.749	0.753	0.757	0.761	0.766	230
240	0.766	0.770	0.774	0.779	0.783	0.787	0.792	0.796	0.800	0.805	0.809	240
250	0.809	0.813	0.818	0.822	0.826	0.831	0.835	0.839	0.844	0.848	0.853	250
260	0.853	0.857	0.861	0.866	0.870	0.875	0.879	0.883	0.888	0.892	0.897	260
270	0.897	0.901	0.906	0.910	0.915	0.919	0.923	0.928	0.932	0.937	0.941	270
280	0.941	0.946	0.950	0.955	0.959	0.964	0.968	0.973	0.977	0.982	0.986	280
290	0.986	0.991	0.995	1.000	1.005	1.009	1.014	1.018	1.023	1.027	1.032	290
300	1.032	1.036	1.041	1.046	1.050	1.055	1.059	1.064	1.069	1.073	1.078	300
310	1.078	1.082	1.087	1.092	1.096	1.101	1.105	1.110	1.115	1.119	1.124	310
320	1.124	1.129	1.133	1.138	1.143	1.147	1.152	1.157	1.161	1.166	1.171	320
330	1.171	1.175	1.180	1.185	1.190	1.194	1.199	1.204	1.208	1.213	1.218	330
340	1.218	1.223	1.227	1.232	1.237	1.242	1.246	1.251	1.256	1.261	1.265	340
350	1.265	1.270	1.275	1.280	1.284	1.289	1.294	1.299	1.304	1.308	1.313	350
360	1.313	1.318	1.323	1.328	1.332	1.337	1.342	1.347	1.352	1.356	1.361	360
370	1.361	1.366	1.371	1.376	1.381	1.386	1.390	1.395	1.400	1.405	1.410	370
380	1.410	1.415	1.420	1.425	1.429	1.434	1.439	1.444	1.449	1.454	1.459	380
390	1.459	1.464	1.469	1.473	1.478	1.483	1.488	1.493	1.498	1.503	1.508	390
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
400	1.508	1.513	1.518	1.523	1.528	1.533	1.538	1.543	1.548	1.553	1.558	400
410	1.558	1.563	1.568	1.572	1.577	1.582	1.587	1.592	1.597	1.602	1.607	410
420	1.607	1.612	1.617	1.622	1.627	1.632	1.638	1.643	1.648	1.653	1.658	420
430	1.658	1.663	1.668	1.673	1.678	1.683	1.688	1.693	1.698	1.703	1.708	430
440	1.708	1.713	1.718	1.723	1.728	1.733	1.739	1.744	1.749	1.754	1.759	440
450	1.759	1.764	1.769	1.774	1.779	1.784	1.790	1.795	1.800	1.805	1.810	450
460	1.810	1.815	1.820	1.825	1.831	1.836	1.841	1.846	1.851	1.856	1.861	460
470	1.861	1.867	1.872	1.877	1.882	1.887	1.892	1.898	1.903	1.908	1.913	470
480	1.913	1.918	1.923	1.929	1.934	1.939	1.944	1.949	1.955	1.960	1.965	480
490	1.965	1.970	1.975	1.981	1.986	1.991	1.996	2.002	2.007	2.012	2.017	490
500	2.017	2.022	2.028	2.033	2.038	2.043	2.049	2.054	2.059	2.064	2.070	500
510	2.070	2.075	2.080	2.085	2.091	2.096	2.101	2.107	2.112	2.117	2.122	510
520	2.122	2.128	2.133	2.138	2.144	2.149	2.154	2.159	2.165	2.170	2.175	520
530	2.175	2.181	2.186	2.191	2.197	2.202	2.207	2.213	2.218	2.223	2.229	530
540	2.229	2.234	2.239	2.245	2.250	2.255	2.261	2.266	2.271	2.277	2.282	540
550	2.282	2.287	2.293	2.298	2.304	2.309	2.314	2.320	2.325	2.330	2.336	550
560	2.336	2.341	2.347	2.352	2.357	2.363	2.368	2.374	2.379	2.384	2.390	560
570	2.390	2.395	2.401	2.406	2.411	2.417	2.422	2.428	2.433	2.438	2.444	570
580	2.444	2.449	2.455	2.460	2.466	2.471	2.477	2.482	2.487	2.493	2.498	580
590	2.498	2.504	2.509	2.515	2.520	2.526	2.531	2.537	2.542	2.547	2.553	590
600	2.553	2.558	2.564	2.569	2.575	2.580	2.586	2.591	2.597	2.602	2.608	600
610	2.608	2.613	2.619	2.624	2.630	2.635	2.641	2.646	2.652	2.657	2.663	610
620	2.663	2.668	2.674	2.679	2.685	2.690	2.696	2.701	2.707	2.713	2.718	620
630	2.718	2.724	2.729	2.735	2.740	2.746	2.751	2.757	2.762	2.768	2.773	630
640	2.773	2.779	2.785	2.790	2.796	2.801	2.807	2.812	2.818	2.824	2.829	640
650	2.829	2.835	2.840	2.846	2.851	2.857	2.863	2.868	2.874	2.879	2.885	650
660	2.885	2.891	2.896	2.902	2.907	2.913	2.919	2.924	2.930	2.935	2.941	660
670	2.941	2.947	2.952	2.958	2.964	2.969	2.975	2.980	2.986	2.992	2.997	670
680	2.997	3.003	3.009	3.014	3.020	3.026	3.031	3.037	3.042	3.048	3.054	680
690	3.054	3.059	3.065	3.071	3.076	3.082	3.088	3.093	3.099	3.105	3.110	690
700	3.110	3.116	3.122	3.127	3.133	3.139	3.144	3.150	3.156	3.161	3.167	700
710	3.167	3.173	3.179	3.184	3.190	3.196	3.201	3.207	3.213	3.218	3.224	710
720	3.224	3.230	3.236	3.241	3.247	3.253	3.258	3.264	3.270	3.276	3.281	720
730	3.281	3.287	3.293	3.298	3.304	3.310	3.316	3.321	3.327	3.333	3.339	730
740	3.339	3.344	3.350	3.356	3.362	3.367	3.373	3.379	3.385	3.390	3.396	740
750	3.396	3.402	3.408	3.413	3.419	3.425	3.431	3.437	3.442	3.448	3.454	750
760	3.454	3.460	3.465	3.471	3.477	3.483	3.489	3.494	3.500	3.506	3.512	760
770	3.512	3.517	3.523	3.529	3.535	3.541	3.546	3.552	3.558	3.564	3.570	770
780	3.570	3.576	3.581	3.587	3.593	3.599	3.605	3.610	3.616	3.622	3.628	780
790	3.628	3.634	3.640	3.645	3.651	3.657	3.663	3.669	3.675	3.680	3.686	790
800	3.686	3.692	3.698	3.704	3.710	3.716	3.721	3.727	3.733	3.739	3.745	800
810	3.745	3.751	3.757	3.762	3.768	3.774	3.780	3.786	3.792	3.798	3.803	810
820	3.803	3.809	3.815	3.821	3.827	3.833	3.839	3.845	3.851	3.856	3.862	820
830	3.862	3.868	3.874	3.880	3.886	3.892	3.898	3.904	3.909	3.915	3.921	830
840	3.921	3.927	3.933	3.939	3.945	3.951	3.957	3.963	3.969	3.975	3.980	840
850	3.980	3.986	3.992	3.998	4.004	4.010	4.016	4.022	4.028	4.034	4.040	850
860	4.040	4.046	4.052	4.058	4.064	4.069	4.075	4.081	4.087	4.093	4.099	860
870	4.099	4.105	4.111	4.117	4.123	4.129	4.135	4.141	4.147	4.153	4.159	870
880	4.159	4.165	4.171	4.177	4.183	4.189	4.195	4.201	4.207	4.213	4.219	880
890	4.219	4.225	4.231	4.237	4.243	4.249	4.255	4.261	4.267	4.273	4.279	890
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO R

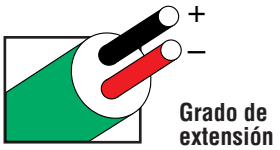
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Platino-13% Rodio vs. Platino



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 a 2642 °F
0 a 1450 °C

Grado de extensión
32 a 300 °F
0 a 150 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.5 °C o 0.25%
Especial: 0.6 °C o 0.1%
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
900	4.279	4.285	4.291	4.297	4.303	4.309	4.315	4.321	4.327	4.333	4.339	900
910	4.339	4.345	4.351	4.357	4.363	4.369	4.375	4.381	4.387	4.393	4.399	910
920	4.399	4.405	4.411	4.417	4.423	4.429	4.435	4.441	4.447	4.453	4.459	920
930	4.459	4.465	4.471	4.477	4.483	4.489	4.495	4.502	4.508	4.514	4.520	930
940	4.520	4.526	4.532	4.538	4.544	4.550	4.556	4.562	4.568	4.574	4.580	940
950	4.580	4.586	4.593	4.599	4.605	4.611	4.617	4.623	4.629	4.635	4.641	950
960	4.641	4.647	4.653	4.659	4.666	4.672	4.678	4.684	4.690	4.696	4.702	960
970	4.702	4.708	4.714	4.720	4.727	4.733	4.739	4.745	4.751	4.757	4.763	970
980	4.763	4.769	4.775	4.782	4.788	4.794	4.800	4.806	4.812	4.818	4.824	980
990	4.824	4.831	4.837	4.843	4.849	4.855	4.861	4.867	4.874	4.880	4.886	990
1000	4.886	4.892	4.898	4.904	4.910	4.917	4.923	4.929	4.935	4.941	4.947	1000
1010	4.947	4.954	4.960	4.966	4.972	4.978	4.984	4.991	4.997	5.003	5.009	1010
1020	5.009	5.015	5.021	5.028	5.034	5.040	5.046	5.052	5.059	5.065	5.071	1020
1030	5.071	5.077	5.083	5.090	5.096	5.102	5.108	5.114	5.121	5.127	5.133	1030
1040	5.133	5.139	5.145	5.152	5.158	5.164	5.170	5.176	5.183	5.189	5.195	1040
1050	5.195	5.201	5.207	5.214	5.220	5.226	5.232	5.239	5.245	5.251	5.257	1050
1060	5.257	5.264	5.270	5.276	5.282	5.289	5.295	5.301	5.307	5.313	5.320	1060
1070	5.320	5.326	5.332	5.338	5.345	5.351	5.357	5.364	5.370	5.376	5.382	1070
1080	5.382	5.389	5.395	5.401	5.407	5.414	5.420	5.426	5.432	5.439	5.445	1080
1090	5.445	5.451	5.458	5.464	5.470	5.476	5.483	5.489	5.495	5.502	5.508	1090
1100	5.508	5.514	5.520	5.527	5.533	5.539	5.546	5.552	5.558	5.565	5.571	1100
1110	5.571	5.577	5.583	5.590	5.596	5.602	5.609	5.615	5.621	5.628	5.634	1110
1120	5.634	5.640	5.647	5.653	5.659	5.666	5.672	5.678	5.685	5.691	5.697	1120
1130	5.697	5.704	5.710	5.716	5.723	5.729	5.735	5.742	5.748	5.754	5.761	1130
1140	5.761	5.767	5.773	5.780	5.786	5.792	5.799	5.805	5.812	5.818	5.824	1140
1150	5.824	5.831	5.837	5.843	5.850	5.856	5.862	5.869	5.875	5.882	5.888	1150
1160	5.888	5.894	5.901	5.907	5.913	5.920	5.926	5.933	5.939	5.945	5.952	1160
1170	5.952	5.958	5.965	5.971	5.977	5.984	5.990	5.997	6.003	6.009	6.016	1170
1180	6.016	6.022	6.029	6.035	6.041	6.048	6.054	6.061	6.067	6.074	6.080	1180
1190	6.080	6.086	6.093	6.099	6.106	6.112	6.119	6.125	6.131	6.138	6.144	1190
1200	6.144	6.151	6.157	6.164	6.170	6.176	6.183	6.189	6.196	6.202	6.209	1200
1210	6.209	6.215	6.222	6.228	6.235	6.241	6.247	6.254	6.260	6.267	6.273	1210
1220	6.273	6.280	6.286	6.293	6.299	6.306	6.312	6.319	6.325	6.332	6.338	1220
1230	6.338	6.345	6.351	6.358	6.364	6.370	6.377	6.383	6.390	6.396	6.403	1230
1240	6.403	6.409	6.416	6.422	6.429	6.435	6.442	6.448	6.455	6.461	6.468	1240
1250	6.468	6.474	6.481	6.488	6.494	6.501	6.507	6.514	6.520	6.527	6.533	1250
1260	6.533	6.540	6.546	6.553	6.559	6.566	6.572	6.579	6.585	6.592	6.598	1260
1270	6.598	6.605	6.612	6.618	6.625	6.631	6.638	6.644	6.651	6.657	6.664	1270
1280	6.664	6.671	6.677	6.684	6.690	6.697	6.703	6.710	6.716	6.723	6.730	1280
1290	6.730	6.736	6.743	6.749	6.756	6.762	6.769	6.776	6.782	6.789	6.795	1290
1300	6.795	6.802	6.809	6.815	6.822	6.828	6.835	6.841	6.848	6.855	6.861	1300
1310	6.861	6.868	6.874	6.881	6.888	6.894	6.901	6.907	6.914	6.921	6.927	1310
1320	6.927	6.934	6.941	6.947	6.954	6.960	6.967	6.974	6.980	6.987	6.994	1320
1330	6.994	7.000	7.007	7.013	7.020	7.027	7.033	7.040	7.047	7.053	7.060	1330
1340	7.060	7.067	7.073	7.080	7.086	7.093	7.100	7.106	7.113	7.120	7.126	1340
1350	7.126	7.133	7.140	7.146	7.153	7.160	7.166	7.173	7.180	7.186	7.193	1350
1360	7.193	7.200	7.206	7.213	7.220	7.226	7.233	7.240	7.247	7.253	7.260	1360
1370	7.260	7.267	7.273	7.280	7.287	7.293	7.300	7.307	7.313	7.320	7.327	1370
1380	7.327	7.334	7.340	7.347	7.354	7.360	7.367	7.374	7.381	7.387	7.394	1380
1390	7.394	7.401	7.407	7.414	7.421	7.428	7.434	7.441	7.448	7.454	7.461	1390
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1400	7.461	7.468	7.475	7.481	7.488	7.495	7.502	7.508	7.515	7.522	7.529	1400
1410	7.529	7.535	7.542	7.549	7.556	7.562	7.569	7.576	7.583	7.589	7.596	1410
1420	7.596	7.603	7.610	7.616	7.623	7.630	7.637	7.644	7.650	7.657	7.664	1420
1430	7.664	7.671	7.677	7.684	7.691	7.698	7.705	7.711	7.718	7.725	7.732	1430
1440	7.732	7.739	7.745	7.752	7.759	7.766	7.772	7.779	7.786	7.793	7.800	1440
1450	7.800	7.807	7.813	7.820	7.827	7.834	7.841	7.847	7.854	7.861	7.868	1450
1460	7.868	7.875	7.882	7.888	7.895	7.902	7.909	7.916	7.922	7.929	7.936	1460
1470	7.936	7.943	7.950	7.957	7.964	7.970	7.977	7.984	7.991	7.998	8.005	1470
1480	8.005	8.011	8.018	8.025	8.032	8.039	8.046	8.053	8.059	8.066	8.073	1480
1490	8.073	8.080	8.087	8.094	8.101	8.108	8.114	8.121	8.128	8.135	8.142	1490
1500	8.142	8.149	8.156	8.163	8.169	8.176	8.183	8.190	8.197	8.204	8.211	1500
1510	8.211	8.218	8.225	8.232	8.238	8.245	8.252	8.259	8.266	8.273	8.280	1510
1520	8.280	8.287	8.294	8.301	8.308	8.314	8.321	8.328	8.335	8.342	8.349	1520
1530	8.349	8.356	8.363	8.370	8.377	8.384	8.391	8.398	8.405	8.411	8.418	1530
1540	8.418	8.425	8.432	8.439	8.446	8.453	8.460	8.467	8.474	8.481	8.488	1540
1550	8.488	8.495	8.502	8.509	8.516	8.523	8.530	8.537	8.544	8.551	8.557	1550
1560	8.557	8.564	8.571	8.578	8.585	8.592	8.599	8.606	8.613	8.620	8.627	1560
1570	8.627	8.634	8.641	8.648	8.655	8.662	8.669	8.676	8.683	8.690	8.697	1570
1580	8.697	8.704	8.711	8.718	8.725	8.732	8.739	8.746	8.753	8.760	8.767	1580
1590	8.767	8.774	8.781	8.788	8.795	8.802	8.809	8.816	8.823	8.830	8.837	1590
1600	8.837	8.844	8.852	8.859	8.866	8.873	8.880	8.887	8.894	8.901	8.908	1600
1610	8.908	8.915	8.922	8.929	8.936	8.943	8.950	8.957	8.964	8.971	8.978	1610
1620	8.978	8.985	8.992	8.999	9.007	9.014	9.021	9.028	9.035	9.042	9.049	1620
1630	9.049	9.056	9.063	9.070	9.077	9.084	9.091	9.098	9.106	9.113	9.120	1630
1640	9.120	9.127	9.134	9.141	9.148	9.155	9.162	9.169	9.176	9.184	9.191	1640
1650	9.191	9.198	9.205	9.212	9.219	9.226	9.233	9.240	9.248	9.255	9.262	1650
1660	9.262	9.269	9.276	9.283	9.290	9.297	9.304	9.312	9.319	9.326	9.333	1660
1670	9.333	9.340	9.347	9.354	9.361	9.369	9.376	9.383	9.390	9.397	9.404	1670
1680	9.404	9.411	9.419	9.426	9.433	9.440	9.447	9.454	9.461	9.469	9.476	1680
1690	9.476	9.483	9.490	9.497	9.504	9.512	9.519	9.526	9.533	9.540	9.547	1690
1700	9.547	9.555	9.562	9.569	9.576	9.583	9.590	9.598	9.605	9.612	9.619	1700
1710	9.619	9.626	9.634	9.641	9.648	9.655	9.662	9.670	9.677	9.684	9.691	1710
1720	9.691	9.698	9.706	9.713	9.720	9.727	9.734	9.742	9.749	9.756	9.763	1720
1730	9.763	9.770	9.778	9.785	9.792	9.799	9.806	9.814	9.821	9.828	9.835	1730
1740	9.835	9.843	9.850	9.857	9.864	9.872	9.879	9.886	9.893	9.900	9.908	1740
1750	9.908	9.915	9.922	9.929	9.937	9.944	9.951	9.958	9.966	9.973	9.980	1750
1760	9.980	9.987	9.995	10.002	10.009	10.016	10.024	10.031	10.038	10.046	10.053	1760
1770	10.053	10.060	10.067	10.075	10.082	10.089	10.096	10.104	10.111	10.118	10.126	1770
1780	10.126	10.133	10.140	10.147	10.155	10.162	10.169	10.177	10.184	10.191	10.198	1780
1790	10.198	10.206	10.213	10.220	10.228	10.235	10.242	10.250	10.257	10.264	10.271	1790
1800	10.271	10.279	10.286	10.293	10.301	10.308	10.315	10.323	10.330	10.337	10.345	1800
1810	10.345	10.352	10.359	10.367	10.374	10.381	10.389	10.396	10.403	10.411	10.418	1810
1820	10.418	10.425	10.433	10.440	10.447	10.455	10.462	10.469	10.477	10.484	10.491	1820
1830	10.491	10.499	10.506	10.513	10.521	10.528	10.535	10.543	10.550	10.557	10.565	1830
1840	10.565	10.572	10.580	10.587	10.594	10.602	10.609	10.616	10.624	10.631	10.638	1840
1850	10.638	10.646	10.653	10.661	10.668	10.675	10.683	10.690	10.698	10.705	10.712	1850
1860	10.712	10.720	10.727	10.734	10.742	10.749	10.757	10.764	10.771	10.779	10.786	1860
1870	10.786	10.794	10.801	10.808	10.816	10.823	10.831	10.838	10.845	10.853	10.860	1870
1880	10.860	10.868	10.875	10.883	10.890	10.897	10.905	10.912	10.920	10.927	10.934	1880
1890	10.934	10.942	10.949	10.957	10.964	10.972	10.979	10.986	10.994	11.001	11.009	1890
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 a 2642 °F
0 a 1450 °C

Grado de extensión
32 a 300 °F
0 a 150 °C

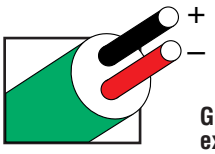
LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.5 °C o 0.25%
Especial: 0.6 °C o 0.1%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura

TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

°F

Platino-13% Rodio vs. Platino



Grado de extensión

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

Código de color IEC

Código de color ANSI

TIPO R

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1900	11.009	11.016	11.024	11.031	11.039	11.046	11.053	11.061	11.068	11.076	11.083	1900
1910	11.083	11.091	11.098	11.106	11.113	11.121	11.128	11.135	11.143	11.150	11.158	1910
1920	11.158	11.165	11.173	11.180	11.188	11.195	11.203	11.210	11.218	11.225	11.233	1920
1930	11.233	11.240	11.247	11.255	11.262	11.270	11.277	11.285	11.292	11.300	11.307	1930
1940	11.307	11.315	11.322	11.330	11.337	11.345	11.352	11.360	11.367	11.375	11.382	1940
1950	11.382	11.390	11.397	11.405	11.412	11.420	11.427	11.435	11.442	11.450	11.457	1950
1960	11.457	11.465	11.472	11.480	11.487	11.495	11.502	11.510	11.518	11.525	11.533	1960
1970	11.533	11.540	11.548	11.555	11.563	11.570	11.578	11.585	11.593	11.600	11.608	1970
1980	11.608	11.615	11.623	11.631	11.638	11.646	11.653	11.661	11.668	11.676	11.683	1980
1990	11.683	11.691	11.698	11.706	11.714	11.721	11.729	11.736	11.744	11.751	11.759	1990
2000	11.759	11.766	11.774	11.782	11.789	11.797	11.804	11.812	11.819	11.827	11.834	2000
2010	11.834	11.842	11.850	11.857	11.865	11.872	11.880	11.888	11.895	11.903	11.910	2010
2020	11.910	11.918	11.925	11.933	11.941	11.948	11.956	11.963	11.971	11.979	11.986	2020
2030	11.986	11.994	12.001	12.009	12.016	12.024	12.032	12.039	12.047	12.054	12.062	2030
2040	12.062	12.070	12.077	12.085	12.092	12.100	12.108	12.115	12.123	12.131	12.138	2040
2050	12.138	12.146	12.153	12.161	12.169	12.176	12.184	12.191	12.199	12.207	12.214	2050
2060	12.214	12.222	12.230	12.237	12.245	12.252	12.260	12.268	12.275	12.283	12.291	2060
2070	12.291	12.298	12.306	12.313	12.321	12.329	12.336	12.344	12.352	12.359	12.367	2070
2080	12.367	12.375	12.382	12.390	12.397	12.405	12.413	12.420	12.428	12.436	12.443	2080
2090	12.443	12.451	12.459	12.466	12.474	12.482	12.489	12.497	12.505	12.512	12.520	2090
2100	12.520	12.528	12.535	12.543	12.551	12.558	12.566	12.574	12.581	12.589	12.597	2100
2110	12.597	12.604	12.612	12.620	12.627	12.635	12.643	12.650	12.658	12.666	12.673	2110
2120	12.673	12.681	12.689	12.696	12.704	12.712	12.719	12.727	12.735	12.742	12.750	2120
2130	12.750	12.758	12.765	12.773	12.781	12.788	12.796	12.804	12.812	12.819	12.827	2130
2140	12.827	12.835	12.842	12.850	12.858	12.865	12.873	12.881	12.889	12.896	12.904	2140
2150	12.904	12.912	12.919	12.927	12.935	12.942	12.950	12.958	12.966	12.973	12.981	2150
2160	12.981	12.989	12.996	13.004	13.012	13.019	13.027	13.035	13.043	13.050	13.058	2160
2170	13.058	13.066	13.073	13.081	13.089	13.097	13.104	13.112	13.120	13.128	13.135	2170
2180	13.135	13.143	13.151	13.158	13.166	13.174	13.182	13.189	13.197	13.205	13.213	2180
2190	13.213	13.220	13.228	13.236	13.243	13.251	13.259	13.267	13.274	13.282	13.290	2190
2200	13.290	13.298	13.305	13.313	13.321	13.329	13.336	13.344	13.352	13.359	13.367	2200
2210	13.367	13.375	13.383	13.390	13.398	13.406	13.414	13.421	13.429	13.437	13.445	2210
2220	13.445	13.452	13.460	13.468	13.476	13.483	13.491	13.499	13.507	13.514	13.522	2220
2230	13.522	13.530	13.538	13.545	13.553	13.561	13.569	13.577	13.584	13.592	13.600	2230
2240	13.600	13.608	13.615	13.623	13.631	13.639	13.646	13.654	13.662	13.670	13.677	2240
2250	13.677	13.685	13.693	13.701	13.709	13.716	13.724	13.732	13.740	13.747	13.755	2250
2260	13.755	13.763	13.771	13.778	13.786	13.794	13.802	13.810	13.817	13.825	13.833	2260
2270	13.833	13.841	13.848	13.856	13.864	13.872	13.880	13.887	13.895	13.903	13.911	2270
2280	13.911	13.919	13.926	13.934	13.942	13.950	13.957	13.965	13.973	13.981	13.989	2280
2290	13.989	13.996	14.004	14.012	14.020	14.028	14.035	14.043	14.051	14.059	14.066	2290
2300	14.066	14.074	14.082	14.090	14.098	14.105	14.113	14.121	14.129	14.137	14.144	2300
2310	14.144	14.152	14.160	14.168	14.176	14.183	14.191	14.199	14.207	14.215	14.222	2310
2320	14.222	14.230	14.238	14.246	14.254	14.261	14.269	14.277	14.285	14.293	14.300	2320
2330	14.300	14.308	14.316	14.324	14.332	14.340	14.347	14.355	14.363	14.371	14.379	2330
2340	14.379	14.386	14.394	14.402	14.410	14.418	14.425	14.433	14.441	14.449	14.457	2340
2350	14.457	14.465	14.472	14.480	14.488	14.496	14.504	14.511	14.519	14.527	14.535	2350
2360	14.535	14.543	14.551	14.558	14.566	14.574	14.582	14.590	14.597	14.605	14.613	2360
2370	14.613	14.621	14.629	14.637	14.644	14.652	14.660	14.668	14.676	14.683	14.691	2370
2380	14.691	14.699	14.707	14.715	14.723	14.730	14.738	14.746	14.754	14.762	14.770	2380
2390	14.770	14.777	14.785	14.793	14.801	14.809	14.817	14.824	14.832	14.840	14.848	2390
°F	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**°F**

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
2400	14.848	14.856	14.864	14.871	14.879	14.887	14.895	14.903	14.911	14.918	14.926	2400
2410	14.926	14.934	14.942	14.950	14.958	14.965	14.973	14.981	14.989	14.997	15.005	2410
2420	15.005	15.012	15.020	15.028	15.036	15.044	15.052	15.059	15.067	15.075	15.083	2420
2430	15.083	15.091	15.099	15.106	15.114	15.122	15.130	15.138	15.146	15.153	15.161	2430
2440	15.161	15.169	15.177	15.185	15.193	15.200	15.208	15.216	15.224	15.232	15.240	2440
2450	15.240	15.248	15.255	15.263	15.271	15.279	15.287	15.295	15.302	15.310	15.318	2450
2460	15.318	15.326	15.334	15.342	15.349	15.357	15.365	15.373	15.381	15.389	15.397	2460
2470	15.397	15.404	15.412	15.420	15.428	15.436	15.444	15.451	15.459	15.467	15.475	2470
2480	15.475	15.483	15.491	15.499	15.506	15.514	15.522	15.530	15.538	15.546	15.553	2480
2490	15.553	15.561	15.569	15.577	15.585	15.593	15.601	15.608	15.616	15.624	15.632	2490
2500	15.632	15.640	15.648	15.655	15.663	15.671	15.679	15.687	15.695	15.703	15.710	2500
2510	15.710	15.718	15.726	15.734	15.742	15.750	15.758	15.765	15.773	15.781	15.789	2510
2520	15.789	15.797	15.805	15.812	15.820	15.828	15.836	15.844	15.852	15.860	15.867	2520
2530	15.867	15.875	15.883	15.891	15.899	15.907	15.915	15.922	15.930	15.938	15.946	2530
2540	15.946	15.954	15.962	15.969	15.977	15.985	15.993	16.001	16.009	16.017	16.024	2540
2550	16.024	16.032	16.040	16.048	16.056	16.064	16.071	16.079	16.087	16.095	16.103	2550
2560	16.103	16.111	16.119	16.126	16.134	16.142	16.150	16.158	16.166	16.174	16.181	2560
2570	16.181	16.189	16.197	16.205	16.213	16.221	16.228	16.236	16.244	16.252	16.260	2570
2580	16.260	16.268	16.276	16.283	16.291	16.299	16.307	16.315	16.323	16.330	16.338	2580
2590	16.338	16.346	16.354	16.362	16.370	16.378	16.385	16.393	16.401	16.409	16.417	2590
2600	16.417	16.425	16.432	16.440	16.448	16.456	16.464	16.472	16.480	16.487	16.495	2600
2610	16.495	16.503	16.511	16.519	16.527	16.534	16.542	16.550	16.558	16.566	16.574	2610
2620	16.574	16.582	16.589	16.597	16.605	16.613	16.621	16.629	16.636	16.644	16.652	2620
2630	16.652	16.660	16.668	16.676	16.683	16.691	16.699	16.707	16.715	16.723	16.731	2630
2640	16.731	16.738	16.746	16.754	16.762	16.770	16.778	16.785	16.793	16.801	16.809	2640
2650	16.809	16.817	16.825	16.832	16.840	16.848	16.856	16.864	16.872	16.879	16.887	2650
2660	16.887	16.895	16.903	16.911	16.919	16.926	16.934	16.942	16.950	16.958	16.966	2660
2670	16.966	16.973	16.981	16.989	16.997	17.005	17.013	17.020	17.028	17.036	17.044	2670
2680	17.044	17.052	17.060	17.067	17.075	17.083	17.091	17.099	17.107	17.114	17.122	2680
2690	17.122	17.130	17.138	17.146	17.154	17.161	17.169	17.177	17.185	17.193	17.200	2690
2700	17.200	17.208	17.216	17.224	17.232	17.240	17.247	17.255	17.263	17.271	17.279	2700
2710	17.279	17.286	17.294	17.302	17.310	17.318	17.326	17.333	17.341	17.349	17.357	2710
2720	17.357	17.365	17.373	17.380	17.388	17.396	17.404	17.412	17.419	17.427	17.435	2720
2730	17.435	17.443	17.451	17.458	17.466	17.474	17.482	17.490	17.498	17.505	17.513	2730
2740	17.513	17.521	17.529	17.537	17.544	17.552	17.560	17.568	17.576	17.583	17.591	2740
2750	17.591	17.599	17.607	17.615	17.622	17.630	17.638	17.646	17.654	17.661	17.669	2750
2760	17.669	17.677	17.685	17.693	17.700	17.708	17.716	17.724	17.732	17.739	17.747	2760
2770	17.747	17.755	17.763	17.771	17.778	17.786	17.794	17.802	17.810	17.817	17.825	2770
2780	17.825	17.833	17.841	17.849	17.856	17.864	17.872	17.880	17.888	17.895	17.903	2780
2790	17.903	17.911	17.919	17.926	17.934	17.942	17.950	17.958	17.965	17.973	17.981	2790
2800	17.981	17.989	17.997	18.004	18.012	18.020	18.028	18.035	18.043	18.051	18.059	2800
2810	18.059	18.067	18.074	18.082	18.090	18.098	18.105	18.113	18.121	18.129	18.137	2810
2820	18.137	18.144	18.152	18.160	18.168	18.175	18.183	18.191	18.199	18.206	18.214	2820
2830	18.214	18.222	18.230	18.238	18.245	18.253	18.261	18.269	18.276	18.284	18.292	2830
2840	18.292	18.300	18.307	18.315	18.323	18.331	18.338	18.346	18.354	18.362	18.369	2840
2850	18.369	18.377	18.385	18.393	18.400	18.408	18.416	18.424	18.431	18.439	18.447	2850
2860	18.447	18.455	18.462	18.470	18.478	18.486	18.493	18.501	18.509	18.517	18.524	2860
2870	18.524	18.532	18.540	18.548	18.555	18.563	18.571	18.579	18.586	18.594	18.602	2870
2880	18.602	18.610	18.617	18.625	18.633	18.640	18.648	18.656	18.664	18.671	18.679	2880
2890	18.679	18.687	18.695	18.702	18.710	18.718	18.725	18.733	18.741	18.749	18.756	2890
°F	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**°F**

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

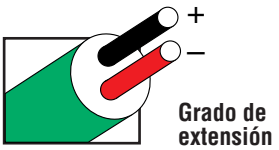
R

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Platino-13% Rodio vs. Platino



MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 a 2642 °F
0 a 1450 °C

Grado de extensión
32 a 300 °F
0 a 150 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 1.5 °C o 0.25%
Especial: 0.6 °C o 0.1%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura

TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
2900	18.756	18.764	18.772	18.779	18.787	18.795	18.803	18.810	18.818	18.826	18.834	2900
2910	18.834	18.841	18.849	18.857	18.864	18.872	18.880	18.887	18.895	18.903	18.911	2910
2920	18.911	18.918	18.926	18.934	18.941	18.949	18.957	18.965	18.972	18.980	18.988	2920
2930	18.988	18.995	19.003	19.011	19.018	19.026	19.034	19.042	19.049	19.057	19.065	2930
2940	19.065	19.072	19.080	19.088	19.095	19.103	19.111	19.118	19.126	19.134	19.141	2940
2950	19.141	19.149	19.157	19.165	19.172	19.180	19.188	19.195	19.203	19.211	19.218	2950
2960	19.218	19.226	19.234	19.241	19.249	19.257	19.264	19.272	19.280	19.287	19.295	2960
2970	19.295	19.303	19.310	19.318	19.326	19.333	19.341	19.349	19.356	19.364	19.372	2970
2980	19.372	19.379	19.387	19.395	19.402	19.410	19.418	19.425	19.433	19.440	19.448	2980
2990	19.448	19.456	19.463	19.471	19.479	19.486	19.494	19.502	19.509	19.517	19.525	2990
3000	19.525	19.532	19.540	19.547	19.555	19.563	19.570	19.578	19.586	19.593	19.601	3000
3010	19.601	19.609	19.616	19.624	19.631	19.639	19.647	19.654	19.662	19.670	19.677	3010
3020	19.677	19.685	19.692	19.700	19.708	19.715	19.723	19.730	19.738	19.746	19.753	3020
3030	19.753	19.761	19.769	19.776	19.784	19.791	19.799	19.807	19.814	19.822	19.829	3030
3040	19.829	19.837	19.845	19.852	19.860	19.867	19.875	19.882	19.890	19.898	19.905	3040
3050	19.905	19.913	19.920	19.928	19.936	19.943	19.951	19.958	19.966	19.973	19.981	3050
3060	19.981	19.989	19.996	20.004	20.011	20.019	20.026	20.034	20.041	20.049	20.056	3060
3070	20.056	20.064	20.072	20.079	20.087	20.094	20.102	20.109	20.117	20.124	20.132	3070
3080	20.132	20.139	20.147	20.154	20.162	20.169	20.177	20.184	20.192	20.199	20.207	3080
3090	20.207	20.214	20.222	20.229	20.237	20.244	20.252	20.259	20.266	20.274	20.281	3090
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
3100	20.281	20.289	20.296	20.304	20.311	20.319	20.326	20.333	20.341	20.348	20.356	3100
3110	20.356	20.363	20.371	20.378	20.385	20.393	20.400	20.407	20.415	20.422	20.430	3110
3120	20.430	20.437	20.444	20.452	20.459	20.466	20.474	20.481	20.488	20.496	20.503	3120
3130	20.503	20.510	20.518	20.525	20.532	20.540	20.547	20.554	20.562	20.569	20.576	3130
3140	20.576	20.583	20.591	20.598	20.605	20.612	20.620	20.627	20.634	20.641	20.649	3140
3150	20.649	20.656	20.663	20.670	20.678	20.685	20.692	20.699	20.706	20.714	20.721	3150
3160	20.721	20.728	20.735	20.742	20.749	20.756	20.764	20.771	20.778	20.785	20.792	3160
3170	20.792	20.799	20.806	20.813	20.821	20.828	20.835	20.842	20.849	20.856	20.863	3170
3180	20.863	20.870	20.877	20.884	20.891	20.898	20.905	20.912	20.919	20.926	20.933	3180
3190	20.933	20.940	20.947	20.954	20.961	20.968	20.975	20.982	20.989	20.996	21.003	3190
3200	21.003	21.010	21.016	21.023	21.030	21.037	21.044	21.051	21.058	21.065	21.071	3200
3210	21.071	21.078	21.085	21.092	21.099							3210
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

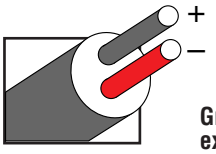
Grado de termopar
32 a 3092 °F
0 a 1700 °C

Grado de extensión
32 a 212 °F
0 a 100 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 0.5% sobre 800 °C
Especial: NO ESTABLECIDO
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura, uso común en la industria del vidrio
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

°F

Platino-30% Rodio vs. Platino-6% Rodio



Grado de extensión

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

Código de color IEC

Código de color ANSI

TIPO B

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
30			0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	30
40	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	40
50	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	50
60	-0.002	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	60
70	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	70
80	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	80
90	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	90
100	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	100
110	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	110
120	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	120
130	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	130
140	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.008	0.008	0.009	0.009	140
150	0.009	0.009	0.009	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.011	0.012	0.012	150
160	0.012	0.012	0.013	0.013	0.013	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015	0.015	160
170	0.015	0.016	0.016	0.016	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018	0.019	0.019	170
180	0.019	0.019	0.020	0.020	0.021	0.021	0.021	0.022	0.022	0.023	0.023	180
190	0.023	0.023	0.024	0.024	0.025	0.025	0.026	0.026	0.027	0.027	0.027	190
200	0.027	0.028	0.028	0.029	0.029	0.030	0.030	0.031	0.031	0.032	0.032	200
210	0.032	0.033	0.033	0.034	0.034	0.035	0.035	0.036	0.036	0.037	0.037	210
220	0.037	0.038	0.038	0.039	0.039	0.040	0.041	0.041	0.042	0.042	0.043	220
230	0.043	0.043	0.044	0.044	0.045	0.046	0.046	0.047	0.047	0.048	0.049	230
240	0.049	0.049	0.050	0.050	0.051	0.052	0.052	0.053	0.053	0.054	0.055	240
250	0.055	0.055	0.056	0.057	0.057	0.058	0.059	0.059	0.060	0.060	0.061	250
260	0.061	0.062	0.062	0.063	0.064	0.065	0.065	0.066	0.067	0.067	0.068	260
270	0.068	0.069	0.069	0.070	0.071	0.072	0.072	0.073	0.074	0.074	0.075	270
280	0.075	0.076	0.077	0.077	0.078	0.079	0.080	0.080	0.081	0.082	0.083	280
290	0.083	0.083	0.084	0.085	0.086	0.086	0.087	0.088	0.089	0.090	0.090	290
300	0.090	0.091	0.092	0.093	0.094	0.094	0.095	0.096	0.097	0.098	0.099	300
310	0.099	0.099	0.100	0.101	0.102	0.103	0.104	0.105	0.105	0.106	0.107	310
320	0.107	0.108	0.109	0.110	0.111	0.112	0.112	0.113	0.114	0.115	0.116	320
330	0.116	0.117	0.118	0.119	0.120	0.121	0.121	0.122	0.123	0.124	0.125	330
340	0.125	0.126	0.127	0.128	0.129	0.130	0.131	0.132	0.133	0.134	0.135	340
350	0.135	0.136	0.137	0.138	0.139	0.140	0.141	0.142	0.143	0.144	0.145	350
360	0.145	0.146	0.147	0.148	0.149	0.150	0.151	0.152	0.153	0.154	0.155	360
370	0.155	0.156	0.157	0.158	0.159	0.160	0.161	0.162	0.163	0.164	0.165	370
380	0.165	0.166	0.167	0.168	0.170	0.171	0.172	0.173	0.174	0.175	0.176	380
390	0.176	0.177	0.178	0.179	0.180	0.182	0.183	0.184	0.185	0.186	0.187	390
400	0.187	0.188	0.190	0.191	0.192	0.193	0.194	0.195	0.196	0.198	0.199	400
410	0.199	0.200	0.201	0.202	0.203	0.205	0.206	0.207	0.208	0.209	0.211	410
420	0.211	0.212	0.213	0.214	0.215	0.217	0.218	0.219	0.220	0.222	0.223	420
430	0.223	0.224	0.225	0.226	0.228	0.229	0.230	0.231	0.233	0.234	0.235	430
440	0.235	0.236	0.238	0.239	0.240	0.242	0.243	0.244	0.245	0.247	0.248	440
450	0.248	0.249	0.251	0.252	0.253	0.255	0.256	0.257	0.259	0.260	0.261	450
460	0.261	0.263	0.264	0.265	0.267	0.268	0.269	0.271	0.272	0.273	0.275	460
470	0.275	0.276	0.277	0.279	0.280	0.282	0.283	0.284	0.286	0.287	0.288	470
480	0.288	0.290	0.291	0.293	0.294	0.296	0.297	0.298	0.300	0.301	0.303	480
490	0.303	0.304	0.305	0.307	0.308	0.310	0.311	0.313	0.314	0.316	0.317	490
500	0.317	0.319	0.320	0.321	0.323	0.324	0.326	0.327	0.329	0.330	0.332	500
510	0.332	0.333	0.335	0.336	0.338	0.339	0.341	0.342	0.344	0.345	0.347	510
520	0.347	0.348	0.350	0.352	0.353	0.355	0.356	0.358	0.359	0.361	0.362	520
530	0.362	0.364	0.365	0.367	0.369	0.370	0.372	0.373	0.375	0.377	0.378	530
540	0.378	0.380	0.381	0.383	0.384	0.386	0.388	0.389	0.391	0.393	0.394	540
550	0.394	0.396	0.397	0.399	0.401	0.402	0.404	0.406	0.407	0.409	0.411	550
560	0.411	0.412	0.414	0.416	0.417	0.419	0.421	0.422	0.424	0.426	0.427	560
570	0.427	0.429	0.431	0.432	0.434	0.436	0.437	0.439	0.441	0.443	0.444	570
580	0.444	0.446	0.448	0.449	0.451	0.453	0.455	0.456	0.458	0.460	0.462	580
590	0.462	0.463	0.465	0.467	0.469	0.470	0.472	0.474	0.476	0.478	0.479	590
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
600	0.479	0.481	0.483	0.485	0.486	0.488	0.490	0.492	0.494	0.495	0.497	600
610	0.497	0.499	0.501	0.503	0.505	0.506	0.508	0.510	0.512	0.514	0.516	610
620	0.516	0.517	0.519	0.521	0.523	0.525	0.527	0.529	0.530	0.532	0.534	620
630	0.534	0.536	0.538	0.540	0.542	0.544	0.546	0.547	0.549	0.551	0.553	630
640	0.553	0.555	0.557	0.559	0.561	0.563	0.565	0.567	0.569	0.570	0.572	640
650	0.572	0.574	0.576	0.578	0.580	0.582	0.584	0.586	0.588	0.590	0.592	650
660	0.592	0.594	0.596	0.598	0.600	0.602	0.604	0.606	0.608	0.610	0.612	660
670	0.612	0.614	0.616	0.618	0.620	0.622	0.624	0.626	0.628	0.630	0.632	670
680	0.632	0.634	0.636	0.638	0.640	0.642	0.644	0.646	0.648	0.650	0.653	680
690	0.653	0.655	0.657	0.659	0.661	0.663	0.665	0.667	0.669	0.671	0.673	690
700	0.673	0.675	0.678	0.680	0.682	0.684	0.686	0.688	0.690	0.692	0.694	700
710	0.694	0.697	0.699	0.701	0.703	0.705	0.707	0.709	0.712	0.714	0.716	710
720	0.716	0.718	0.720	0.722	0.725	0.727	0.729	0.731	0.733	0.735	0.738	720
730	0.738	0.740	0.742	0.744	0.746	0.749	0.751	0.753	0.755	0.757	0.760	730
740	0.760	0.762	0.764	0.766	0.769	0.771	0.773	0.775	0.778	0.780	0.782	740
750	0.782	0.784	0.787	0.789	0.791	0.793	0.796	0.798	0.800	0.802	0.805	750
760	0.805	0.807	0.809	0.812	0.814	0.816	0.818	0.821	0.823	0.825	0.828	760
770	0.828	0.830	0.832	0.835	0.837	0.839	0.842	0.844	0.846	0.849	0.851	770
780	0.851	0.853	0.856	0.858	0.860	0.863	0.865	0.867	0.870	0.872	0.875	780
790	0.875	0.877	0.879	0.882	0.884	0.886	0.889	0.891	0.894	0.896	0.898	790
800	0.898	0.901	0.903	0.906	0.908	0.910	0.913	0.915	0.918	0.920	0.923	800
810	0.923	0.925	0.927	0.930	0.932	0.935	0.937	0.940	0.942	0.945	0.947	810
820	0.947	0.950	0.952	0.955	0.957	0.959	0.962	0.964	0.967	0.969	0.972	820
830	0.972	0.974	0.977	0.979	0.982	0.984	0.987	0.989	0.992	0.994	0.997	830
840	0.997	1.000	1.002	1.005	1.007	1.010	1.012	1.015	1.017	1.020	1.022	840
850	1.022	1.025	1.027	1.030	1.033	1.035	1.038	1.040	1.043	1.045	1.048	850
860	1.048	1.051	1.053	1.056	1.058	1.061	1.064	1.066	1.069	1.071	1.074	860
870	1.074	1.077	1.079	1.082	1.085	1.087	1.090	1.092	1.095	1.098	1.100	870
880	1.100	1.103	1.106	1.108	1.111	1.114	1.116	1.119	1.122	1.124	1.127	880
890	1.127	1.130	1.132	1.135	1.138	1.140	1.143	1.146	1.148	1.151	1.154	890
900	1.154	1.157	1.159	1.162	1.165	1.167	1.170	1.173	1.176	1.178	1.181	900
910	1.181	1.184	1.186	1.189	1.192	1.195	1.197	1.200	1.203	1.206	1.208	910
920	1.208	1.211	1.214	1.217	1.220	1.222	1.225	1.228	1.231	1.233	1.236	920
930	1.236	1.239	1.242	1.245	1.247	1.250	1.253	1.256	1.259	1.262	1.264	930
940	1.264	1.267	1.270	1.273	1.276	1.278	1.281	1.284	1.287	1.290	1.293	940
950	1.293	1.296	1.298	1.301	1.304	1.307	1.310	1.313	1.316	1.318	1.321	950
960	1.321	1.324	1.327	1.330	1.333	1.336	1.339	1.342	1.344	1.347	1.350	960
970	1.350	1.353	1.356	1.359	1.362	1.365	1.368	1.371	1.374	1.377	1.379	970
980	1.379	1.382	1.385	1.388	1.391	1.394	1.397	1.400	1.403	1.406	1.409	980
990	1.409	1.412	1.415	1.418	1.421	1.424	1.427	1.430	1.433	1.436	1.439	990
1000	1.439	1.442	1.445	1.448	1.451	1.454	1.457	1.460	1.463	1.466	1.469	1000
1010	1.469	1.472	1.475	1.478	1.481	1.484	1.487	1.490	1.493	1.496	1.499	1010
1020	1.499	1.502	1.505	1.508	1.511	1.515	1.518	1.521	1.524	1.527	1.530	1020
1030	1.530	1.533	1.536	1.539	1.542	1.545	1.548	1.552	1.555	1.558	1.561	1030
1040	1.561	1.564	1.567	1.570	1.573	1.576	1.580	1.583	1.586	1.589	1.592	1040
1050	1.592	1.595	1.598	1.601	1.605	1.608	1.611	1.614	1.617	1.620	1.624	1050
1060	1.624	1.627	1.630	1.633	1.636	1.639	1.643	1.646	1.649	1.652	1.655	1060
1070	1.655	1.659	1.662	1.665	1.668	1.671	1.675	1.678	1.681	1.684	1.687	1070
1080	1.687	1.691	1.694	1.697	1.700	1.704	1.707	1.710	1.713	1.716	1.720	1080
1090	1.720	1.723	1.726	1.729	1.733	1.736	1.739	1.743	1.746	1.749	1.752	1090
1100	1.752	1.756	1.759	1.762	1.765	1.769	1.772	1.775	1.779	1.782	1.785	1100
1110	1.785	1.789	1.792	1.795	1.798	1.802	1.805	1.808	1.812	1.815	1.818	1110
1120	1.818	1.822	1.825	1.828	1.832	1.835	1.838	1.842	1.845	1.849	1.852	1120
1130	1.852	1.855	1.859	1.862	1.865	1.869	1.872	1.875	1.879	1.882	1.886	1130
1140	1.886	1.889	1.892	1.896	1.899	1.903	1.906	1.909	1.913	1.916	1.920	1140
1150	1.920	1.923	1.926	1.930	1.933	1.937	1.940	1.944	1.947	1.950	1.954	1150
1160	1.954	1.957	1.961	1.964	1.968	1.971	1.975	1.978	1.981	1.985	1.988	1160
1170	1.988	1.992	1.995	1.999	2.002	2.006	2.009	2.013	2.016	2.020	2.023	1170
1180	2.023	2.027	2.030	2.034	2.037	2.041	2.044	2.048	2.051	2.055	2.058	1180
1190	2.058	2.062	2.065	2.069	2.072	2.076	2.079	2.083	2.086	2.090	2.094	1190
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO B

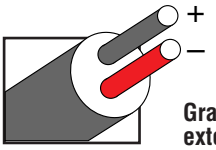
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Platino-30% Rodio vs. Platino-6% Rodio



MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
32 a 3092 °F
0 a 1700 °C

Grado de extensión
32 a 212 °F
0 a 100 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 0.5% sobre 800 °C
Especial: NO ESTABLECIDO
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura, uso común en la industria del vidrio
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1200	2.094	2.097	2.101	2.104	2.108	2.111	2.115	2.118	2.122	2.126	2.129	1200
1210	2.129	2.133	2.136	2.140	2.143	2.147	2.151	2.154	2.158	2.161	2.165	1210
1220	2.165	2.169	2.172	2.176	2.179	2.183	2.187	2.190	2.194	2.197	2.201	1220
1230	2.201	2.205	2.208	2.212	2.216	2.219	2.223	2.226	2.230	2.234	2.237	1230
1240	2.237	2.241	2.245	2.248	2.252	2.256	2.259	2.263	2.267	2.270	2.274	1240
1250	2.274	2.278	2.281	2.285	2.289	2.292	2.296	2.300	2.303	2.307	2.311	1250
1260	2.311	2.315	2.318	2.322	2.326	2.329	2.333	2.337	2.341	2.344	2.348	1260
1270	2.348	2.352	2.355	2.359	2.363	2.367	2.370	2.374	2.378	2.382	2.385	1270
1280	2.385	2.389	2.393	2.397	2.400	2.404	2.408	2.412	2.416	2.419	2.423	1280
1290	2.423	2.427	2.431	2.434	2.438	2.442	2.446	2.450	2.453	2.457	2.461	1290
1300	2.461	2.465	2.469	2.472	2.476	2.480	2.484	2.488	2.492	2.495	2.499	1300
1310	2.499	2.503	2.507	2.511	2.515	2.518	2.522	2.526	2.530	2.534	2.538	1310
1320	2.538	2.541	2.545	2.549	2.553	2.557	2.561	2.565	2.569	2.572	2.576	1320
1330	2.576	2.580	2.584	2.588	2.592	2.596	2.600	2.604	2.607	2.611	2.615	1330
1340	2.615	2.619	2.623	2.627	2.631	2.635	2.639	2.643	2.647	2.651	2.654	1340
1350	2.654	2.658	2.662	2.666	2.670	2.674	2.678	2.682	2.686	2.690	2.694	1350
1360	2.694	2.698	2.702	2.706	2.710	2.714	2.718	2.722	2.726	2.730	2.734	1360
1370	2.734	2.738	2.742	2.746	2.750	2.754	2.758	2.762	2.766	2.770	2.774	1370
1380	2.774	2.778	2.782	2.786	2.790	2.794	2.798	2.802	2.806	2.810	2.814	1380
1390	2.814	2.818	2.822	2.826	2.830	2.834	2.838	2.842	2.846	2.850	2.854	1390
1400	2.854	2.859	2.863	2.867	2.871	2.875	2.879	2.883	2.887	2.891	2.895	1400
1410	2.895	2.899	2.903	2.908	2.912	2.916	2.920	2.924	2.928	2.932	2.936	1410
1420	2.936	2.940	2.944	2.949	2.953	2.957	2.961	2.965	2.969	2.973	2.978	1420
1430	2.978	2.982	2.986	2.990	2.994	2.998	3.002	3.007	3.011	3.015	3.019	1430
1440	3.019	3.023	3.027	3.032	3.036	3.040	3.044	3.048	3.052	3.057	3.061	1440
1450	3.061	3.065	3.069	3.073	3.078	3.082	3.086	3.090	3.094	3.099	3.103	1450
1460	3.103	3.107	3.111	3.116	3.120	3.124	3.128	3.132	3.137	3.141	3.145	1460
1470	3.145	3.149	3.154	3.158	3.162	3.166	3.171	3.175	3.179	3.183	3.188	1470
1480	3.188	3.192	3.196	3.200	3.205	3.209	3.213	3.218	3.222	3.226	3.230	1480
1490	3.230	3.235	3.239	3.243	3.248	3.252	3.256	3.261	3.265	3.269	3.273	1490
1500	3.273	3.278	3.282	3.286	3.291	3.295	3.299	3.304	3.308	3.312	3.317	1500
1510	3.317	3.321	3.325	3.330	3.334	3.338	3.343	3.347	3.352	3.356	3.360	1510
1520	3.360	3.365	3.369	3.373	3.378	3.382	3.386	3.391	3.395	3.400	3.404	1520
1530	3.404	3.408	3.413	3.417	3.422	3.426	3.430	3.435	3.439	3.444	3.448	1530
1540	3.448	3.452	3.457	3.461	3.466	3.470	3.474	3.479	3.483	3.488	3.492	1540
1550	3.492	3.497	3.501	3.506	3.510	3.514	3.519	3.523	3.528	3.532	3.537	1550
1560	3.537	3.541	3.546	3.550	3.555	3.559	3.563	3.568	3.572	3.577	3.581	1560
1570	3.581	3.586	3.590	3.595	3.599	3.604	3.608	3.613	3.617	3.622	3.626	1570
1580	3.626	3.631	3.635	3.640	3.644	3.649	3.653	3.658	3.662	3.667	3.672	1580
1590	3.672	3.676	3.681	3.685	3.690	3.694	3.699	3.703	3.708	3.712	3.717	1590
1600	3.717	3.722	3.726	3.731	3.735	3.740	3.744	3.749	3.753	3.758	3.763	1600
1610	3.763	3.767	3.772	3.776	3.781	3.786	3.790	3.795	3.799	3.804	3.809	1610
1620	3.809	3.813	3.818	3.822	3.827	3.832	3.836	3.841	3.845	3.850	3.855	1620
1630	3.855	3.859	3.864	3.869	3.873	3.878	3.882	3.887	3.892	3.896	3.901	1630
1640	3.901	3.906	3.910	3.915	3.920	3.924	3.929	3.934	3.938	3.943	3.948	1640
1650	3.948	3.952	3.957	3.962	3.966	3.971	3.976	3.980	3.985	3.990	3.994	1650
1660	3.994	3.999	4.004	4.009	4.013	4.018	4.023	4.027	4.032	4.037	4.041	1660
1670	4.041	4.046	4.051	4.056	4.060	4.065	4.070	4.075	4.079	4.084	4.089	1670
1680	4.089	4.093	4.098	4.103	4.108	4.112	4.117	4.122	4.127	4.131	4.136	1680
1690	4.136	4.141	4.146	4.151	4.155	4.160	4.165	4.170	4.174	4.179	4.184	1690
1700	4.184	4.189	4.194	4.198	4.203	4.208	4.213	4.217	4.222	4.227	4.232	1700
1710	4.232	4.237	4.242	4.246	4.251	4.256	4.261	4.266	4.270	4.275	4.280	1710
1720	4.280	4.285	4.290	4.295	4.299	4.304	4.309	4.314	4.319	4.324	4.328	1720
1730	4.328	4.333	4.338	4.343	4.348	4.353	4.358	4.362	4.367	4.372	4.377	1730
1740	4.377	4.382	4.387	4.392	4.397	4.401	4.406	4.411	4.416	4.421	4.426	1740
1750	4.426	4.431	4.436	4.441	4.445	4.450	4.455	4.460	4.465	4.470	4.475	1750
1760	4.475	4.480	4.485	4.490	4.495	4.500	4.504	4.509	4.514	4.519	4.524	1760
1770	4.524	4.529	4.534	4.539	4.544	4.549	4.554	4.559	4.564	4.569	4.574	1770
1780	4.574	4.579	4.584	4.589	4.593	4.598	4.603	4.608	4.613	4.618	4.623	1780
1790	4.623	4.628	4.633	4.638	4.643	4.648	4.653	4.658	4.663	4.668	4.673	1790
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1800	4.673	4.678	4.683	4.688	4.693	4.698	4.703	4.708	4.713	4.718	4.723	1800
1810	4.723	4.728	4.733	4.738	4.743	4.748	4.754	4.759	4.764	4.769	4.774	1810
1820	4.774	4.779	4.784	4.789	4.794	4.799	4.804	4.809	4.814	4.819	4.824	1820
1830	4.824	4.829	4.834	4.839	4.844	4.850	4.855	4.860	4.865	4.870	4.875	1830
1840	4.875	4.880	4.885	4.890	4.895	4.900	4.905	4.911	4.916	4.921	4.926	1840
1850	4.926	4.931	4.936	4.941	4.946	4.951	4.957	4.962	4.967	4.972	4.977	1850
1860	4.977	4.982	4.987	4.992	4.998	5.003	5.008	5.013	5.018	5.023	5.028	1860
1870	5.028	5.034	5.039	5.044	5.049	5.054	5.059	5.065	5.070	5.075	5.080	1870
1880	5.080	5.085	5.090	5.096	5.101	5.106	5.111	5.116	5.121	5.127	5.132	1880
1890	5.132	5.137	5.142	5.147	5.153	5.158	5.163	5.168	5.173	5.179	5.184	1890
1900	5.184	5.189	5.194	5.199	5.205	5.210	5.215	5.220	5.225	5.231	5.236	1900
1910	5.236	5.241	5.246	5.252	5.257	5.262	5.267	5.273	5.278	5.283	5.288	1910
1920	5.288	5.294	5.299	5.304	5.309	5.315	5.320	5.325	5.330	5.336	5.341	1920
1930	5.341	5.346	5.351	5.357	5.362	5.367	5.373	5.378	5.383	5.388	5.394	1930
1940	5.394	5.399	5.404	5.410	5.415	5.420	5.425	5.431	5.436	5.441	5.447	1940
1950	5.447	5.452	5.457	5.463	5.468	5.473	5.479	5.484	5.489	5.495	5.500	1950
1960	5.500	5.505	5.511	5.516	5.521	5.527	5.532	5.537	5.543	5.548	5.553	1960
1970	5.553	5.559	5.564	5.569	5.575	5.580	5.585	5.591	5.596	5.601	5.607	1970
1980	5.607	5.612	5.618	5.623	5.628	5.634	5.639	5.644	5.650	5.655	5.661	1980
1990	5.661	5.666	5.671	5.677	5.682	5.688	5.693	5.698	5.704	5.709	5.715	1990
2000	5.715	5.720	5.725	5.731	5.736	5.742	5.747	5.752	5.758	5.763	5.769	2000
2010	5.769	5.774	5.780	5.785	5.790	5.796	5.801	5.807	5.812	5.818	5.823	2010
2020	5.823	5.828	5.834	5.839	5.845	5.850	5.856	5.861	5.867	5.872	5.878	2020
2030	5.878	5.883	5.888	5.894	5.899	5.905	5.910	5.916	5.921	5.927	5.932	2030
2040	5.932	5.938	5.943	5.949	5.954	5.960	5.965	5.971	5.976	5.982	5.987	2040
2050	5.987	5.993	5.998	6.004	6.009	6.015	6.020	6.026	6.031	6.037	6.042	2050
2060	6.042	6.048	6.053	6.059	6.064	6.070	6.075	6.081	6.086	6.092	6.098	2060
2070	6.098	6.103	6.109	6.114	6.120	6.125	6.131	6.136	6.142	6.147	6.153	2070
2080	6.153	6.159	6.164	6.170	6.175	6.181	6.186	6.192	6.197	6.203	6.209	2080
2090	6.209	6.214	6.220	6.225	6.231	6.237	6.242	6.248	6.253	6.259	6.264	2090
2100	6.264	6.270	6.276	6.281	6.287	6.292	6.298	6.304	6.309	6.315	6.320	2100
2110	6.320	6.326	6.332	6.337	6.343	6.349	6.354	6.360	6.365	6.371	6.377	2110
2120	6.377	6.382	6.388	6.394	6.399	6.405	6.410	6.416	6.422	6.427	6.433	2120
2130	6.433	6.439	6.444	6.450	6.456	6.461	6.467	6.473	6.478	6.484	6.490	2130
2140	6.490	6.495	6.501	6.507	6.512	6.518	6.524	6.529	6.535	6.541	6.546	2140
2150	6.546	6.552	6.558	6.563	6.569	6.575	6.580	6.586	6.592	6.597	6.603	2150
2160	6.603	6.609	6.615	6.620	6.626	6.632	6.637	6.643	6.649	6.655	6.660	2160
2170	6.660	6.666	6.672	6.677	6.683	6.689	6.695	6.700	6.706	6.712	6.718	2170
2180	6.718	6.723	6.729	6.735	6.740	6.746	6.752	6.758	6.763	6.769	6.775	2180
2190	6.775	6.781	6.786	6.792	6.798	6.804	6.809	6.815	6.821	6.827	6.833	2190
2200	6.833	6.838	6.844	6.850	6.856	6.861	6.867	6.873	6.879	6.884	6.890	2200
2210	6.890	6.896	6.902	6.908	6.913	6.919	6.925	6.931	6.937	6.942	6.948	2210
2220	6.948	6.954	6.960	6.966	6.971	6.977	6.983	6.989	6.995	7.000	7.006	2220
2230	7.006	7.012	7.018	7.024	7.030	7.035	7.041	7.047	7.053	7.059	7.065	2230
2240	7.065	7.070	7.076	7.082	7.088	7.094	7.100	7.105	7.111	7.117	7.123	2240
2250	7.123	7.129	7.135	7.141	7.146	7.152	7.158	7.164	7.170	7.176	7.182	2250
2260	7.182	7.187	7.193	7.199	7.205	7.211	7.217	7.223	7.229	7.234	7.240	2260
2270	7.240	7.246	7.252	7.258	7.264	7.270	7.276	7.281	7.287	7.293	7.299	2270
2280	7.299	7.305	7.311	7.317	7.323	7.329	7.335	7.340	7.346	7.352	7.358	2280
2290	7.358	7.364	7.370	7.376	7.382	7.388	7.394	7.400	7.406	7.412	7.417	2290
2300	7.417	7.423	7.429	7.435	7.441	7.447	7.453	7.459	7.465	7.471	7.477	2300
2310	7.477	7.483	7.489	7.495	7.501	7.507	7.512	7.518	7.524	7.530	7.536	2310
2320	7.536	7.542	7.548	7.554	7.560	7.566	7.572	7.578	7.584	7.590	7.596	2320
2330	7.596	7.602	7.608	7.614	7.620	7.626	7.632	7.638	7.644	7.650	7.656	2330
2340	7.656	7.662	7.668	7.674	7.680	7.686	7.692	7.698	7.704	7.710	7.716	2340
2350	7.716	7.722	7.728	7.734	7.740	7.746	7.752	7.758	7.764	7.770	7.776	2350
2360	7.776	7.782	7.788	7.794	7.800	7.806	7.812	7.818	7.824	7.830	7.836	2360
2370	7.836	7.842	7.848	7.854	7.860	7.866	7.872	7.878	7.884	7.891	7.897	2370
2380	7.897	7.903	7.909	7.915	7.921	7.927	7.933	7.939	7.945	7.951	7.957	2380
2390	7.957	7.963	7.969	7.975	7.981	7.987	7.994	8.000	8.006	8.012	8.018	2390
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

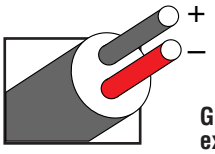
Grado de termopar
32 a 3092 °F
0 a 1700 °C

Grado de extensión
32 a 212 °F
0 a 100 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 0.5% sobre 800 °C
Especial: NO ESTABLECIDO
COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Oxidante o inerte; No introduzca en tubos de metal; Tenga cuidado de la contaminación; alta temperatura, uso común en la industria del vidrio
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

°F

Platino-30% Rodio vs. Platino-6% Rodio



Grado de extensión

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

Código de color IEC

Código de color ANSI

TIPO B

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
2400	8.018	8.024	8.030	8.036	8.042	8.048	8.054	8.060	8.066	8.073	8.079	2400
2410	8.079	8.085	8.091	8.097	8.103	8.109	8.115	8.121	8.127	8.134	8.140	2410
2420	8.140	8.146	8.152	8.158	8.164	8.170	8.176	8.182	8.188	8.195	8.201	2420
2430	8.201	8.207	8.213	8.219	8.225	8.231	8.237	8.244	8.250	8.256	8.262	2430
2440	8.262	8.268	8.274	8.280	8.286	8.293	8.299	8.305	8.311	8.317	8.323	2440
2450	8.323	8.329	8.336	8.342	8.348	8.354	8.360	8.366	8.372	8.379	8.385	2450
2460	8.385	8.391	8.397	8.403	8.409	8.416	8.422	8.428	8.434	8.440	8.446	2460
2470	8.446	8.453	8.459	8.465	8.471	8.477	8.483	8.490	8.496	8.502	8.508	2470
2480	8.508	8.514	8.521	8.527	8.533	8.539	8.545	8.551	8.558	8.564	8.570	2480
2490	8.570	8.576	8.582	8.589	8.595	8.601	8.607	8.613	8.620	8.626	8.632	2490
2500	8.632	8.638	8.644	8.651	8.657	8.663	8.669	8.675	8.682	8.688	8.694	2500
2510	8.694	8.700	8.707	8.713	8.719	8.725	8.731	8.738	8.744	8.750	8.756	2510
2520	8.756	8.763	8.769	8.775	8.781	8.787	8.794	8.800	8.806	8.812	8.819	2520
2530	8.819	8.825	8.831	8.837	8.844	8.850	8.856	8.862	8.869	8.875	8.881	2530
2540	8.881	8.887	8.894	8.900	8.906	8.912	8.919	8.925	8.931	8.937	8.944	2540
2550	8.944	8.950	8.956	8.962	8.969	8.975	8.981	8.988	8.994	9.000	9.006	2550
2560	9.006	9.013	9.019	9.025	9.031	9.038	9.044	9.050	9.057	9.063	9.069	2560
2570	9.069	9.075	9.082	9.088	9.094	9.101	9.107	9.113	9.119	9.126	9.132	2570
2580	9.132	9.138	9.145	9.151	9.157	9.164	9.170	9.176	9.182	9.189	9.195	2580
2590	9.195	9.201	9.208	9.214	9.220	9.227	9.233	9.239	9.245	9.252	9.258	2590
2600	9.258	9.264	9.271	9.277	9.283	9.290	9.296	9.302	9.309	9.315	9.321	2600
2610	9.321	9.328	9.334	9.340	9.347	9.353	9.359	9.366	9.372	9.378	9.385	2610
2620	9.385	9.391	9.397	9.404	9.410	9.416	9.423	9.429	9.435	9.442	9.448	2620
2630	9.448	9.454	9.461	9.467	9.473	9.480	9.486	9.492	9.499	9.505	9.511	2630
2640	9.511	9.518	9.524	9.530	9.537	9.543	9.550	9.556	9.562	9.569	9.575	2640
2650	9.575	9.581	9.588	9.594	9.600	9.607	9.613	9.619	9.626	9.632	9.639	2650
2660	9.639	9.645	9.651	9.658	9.664	9.670	9.677	9.683	9.690	9.696	9.702	2660
2670	9.702	9.709	9.715	9.721	9.728	9.734	9.741	9.747	9.753	9.760	9.766	2670
2680	9.766	9.772	9.779	9.785	9.792	9.798	9.804	9.811	9.817	9.824	9.830	2680
2690	9.830	9.836	9.843	9.849	9.856	9.862	9.868	9.875	9.881	9.888	9.894	2690
2700	9.894	9.900	9.907	9.913	9.920	9.926	9.932	9.939	9.945	9.952	9.958	2700
2710	9.958	9.964	9.971	9.977	9.984	9.990	9.996	10.003	10.009	10.016	10.022	2710
2720	10.022	10.028	10.035	10.041	10.048	10.054	10.061	10.067	10.073	10.080	10.086	2720
2730	10.086	10.093	10.099	10.105	10.112	10.118	10.125	10.131	10.138	10.144	10.150	2730
2740	10.150	10.157	10.163	10.170	10.176	10.183	10.189	10.195	10.202	10.208	10.215	2740
2750	10.215	10.221	10.228	10.234	10.240	10.247	10.253	10.260	10.266	10.273	10.279	2750
2760	10.279	10.286	10.292	10.298	10.305	10.311	10.318	10.324	10.331	10.337	10.344	2760
2770	10.344	10.350	10.356	10.363	10.369	10.376	10.382	10.389	10.395	10.402	10.408	2770
2780	10.408	10.414	10.421	10.427	10.434	10.440	10.447	10.453	10.460	10.466	10.473	2780
2790	10.473	10.479	10.485	10.492	10.498	10.505	10.511	10.518	10.524	10.531	10.537	2790
2800	10.537	10.544	10.550	10.556	10.563	10.569	10.576	10.582	10.589	10.595	10.602	2800
2810	10.602	10.608	10.615	10.621	10.628	10.634	10.641	10.647	10.653	10.660	10.666	2810
2820	10.666	10.673	10.679	10.686	10.692	10.699	10.705	10.712	10.718	10.725	10.731	2820
2830	10.731	10.738	10.744	10.751	10.757	10.763	10.770	10.776	10.783	10.789	10.796	2830
2840	10.796	10.802	10.809	10.815	10.822	10.828	10.835	10.841	10.848	10.854	10.861	2840
2850	10.861	10.867	10.874	10.880	10.887	10.893	10.900	10.906	10.913	10.919	10.925	2850
2860	10.925	10.932	10.938	10.945	10.951	10.958	10.964	10.971	10.977	10.984	10.990	2860
2870	10.990	10.997	11.003	11.010	11.016	11.023	11.029	11.036	11.042	11.049	11.055	2870
2880	11.055	11.062	11.068	11.075	11.081	11.088	11.094	11.101	11.107	11.114	11.120	2880
2890	11.120	11.127	11.133	11.140	11.146	11.153	11.159	11.166	11.172	11.179	11.185	2890
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
2900	11.185	11.192	11.198	11.205	11.211	11.218	11.224	11.231	11.237	11.244	11.250	2900
2910	11.250	11.257	11.263	11.270	11.276	11.282	11.289	11.295	11.302	11.308	11.315	2910
2920	11.315	11.321	11.328	11.334	11.341	11.347	11.354	11.360	11.367	11.373	11.380	2920
2930	11.380	11.386	11.393	11.399	11.406	11.412	11.419	11.425	11.432	11.438	11.445	2930
2940	11.445	11.451	11.458	11.464	11.471	11.477	11.484	11.490	11.497	11.503	11.510	2940
2950	11.510	11.516	11.523	11.529	11.536	11.542	11.549	11.555	11.562	11.568	11.575	2950
2960	11.575	11.582	11.588	11.595	11.601	11.608	11.614	11.621	11.627	11.634	11.640	2960
2970	11.640	11.647	11.653	11.660	11.666	11.673	11.679	11.686	11.692	11.699	11.705	2970
2980	11.705	11.712	11.718	11.725	11.731	11.738	11.744	11.751	11.757	11.764	11.770	2980
2990	11.770	11.777	11.783	11.790	11.796	11.803	11.809	11.816	11.822	11.829	11.835	2990
3000	11.835	11.842	11.848	11.855	11.861	11.868	11.874	11.881	11.887	11.894	11.900	3000
3010	11.900	11.907	11.913	11.920	11.926	11.933	11.939	11.946	11.952	11.959	11.965	3010
3020	11.965	11.972	11.978	11.985	11.991	11.998	12.004	12.011	12.017	12.024	12.030	3020
3030	12.030	12.037	12.043	12.050	12.056	12.063	12.069	12.076	12.082	12.089	12.095	3030
3040	12.095	12.102	12.108	12.115	12.121	12.128	12.134	12.141	12.147	12.154	12.160	3040
3050	12.160	12.166	12.173	12.179	12.186	12.192	12.199	12.205	12.212	12.218	12.225	3050
3060	12.225	12.231	12.238	12.244	12.251	12.257	12.264	12.270	12.277	12.283	12.290	3060
3070	12.290	12.296	12.303	12.309	12.316	12.322	12.329	12.335	12.342	12.348	12.355	3070
3080	12.355	12.361	12.368	12.374	12.381	12.387	12.394	12.400	12.407	12.413	12.420	3080
3090	12.420	12.426	12.433	12.439	12.446	12.452	12.458	12.465	12.471	12.478	12.484	3090
3100	12.484	12.491	12.497	12.504	12.510	12.517	12.523	12.530	12.536	12.543	12.549	3100
3110	12.549	12.556	12.562	12.569	12.575	12.582	12.588	12.595	12.601	12.607	12.614	3110
3120	12.614	12.620	12.627	12.633	12.640	12.646	12.653	12.659	12.666	12.672	12.679	3120
3130	12.679	12.685	12.692	12.698	12.704	12.711	12.717	12.724	12.730	12.737	12.743	3130
3140	12.743	12.750	12.756	12.763	12.769	12.776	12.782	12.789	12.795	12.801	12.808	3140
3150	12.808	12.814	12.821	12.827	12.834	12.840	12.847	12.853	12.860	12.866	12.872	3150
3160	12.872	12.879	12.885	12.892	12.898	12.905	12.911	12.918	12.924	12.931	12.937	3160
3170	12.937	12.943	12.950	12.956	12.963	12.969	12.976	12.982	12.989	12.995	13.001	3170
3180	13.001	13.008	13.014	13.021	13.027	13.034	13.040	13.047	13.053	13.059	13.066	3180
3190	13.066	13.072	13.079	13.085	13.092	13.098	13.104	13.111	13.117	13.124	13.130	3190
3200	13.130	13.137	13.143	13.149	13.156	13.162	13.169	13.175	13.182	13.188	13.194	3200
3210	13.194	13.201	13.207	13.214	13.220	13.227	13.233	13.239	13.246	13.252	13.259	3210
3220	13.259	13.265	13.271	13.278	13.284	13.291	13.297	13.304	13.310	13.316	13.323	3220
3230	13.323	13.329	13.336	13.342	13.348	13.355	13.361	13.368	13.374	13.380	13.387	3230
3240	13.387	13.393	13.400	13.406	13.412	13.419	13.425	13.432	13.438	13.444	13.451	3240
3250	13.451	13.457	13.464	13.470	13.476	13.483	13.489	13.496	13.502	13.508	13.515	3250
3260	13.515	13.521	13.527	13.534	13.540	13.547	13.553	13.559	13.566	13.572	13.579	3260
3270	13.579	13.585	13.591	13.598	13.604	13.610	13.617	13.623	13.630	13.636	13.642	3270
3280	13.642	13.649	13.655	13.661	13.668	13.674	13.680	13.687	13.693	13.700	13.706	3280
3290	13.706	13.712	13.719	13.725	13.731	13.738	13.744	13.750	13.757	13.763	13.769	3290
3300	13.769	13.776	13.782	13.789	13.795	13.801	13.808	13.814	13.820			3300
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO N

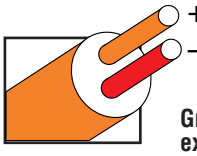
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Níquel-14.2% Cromo-1.4% Silicio vs. Níquel-4.4% Silicio - 0.1% Magnesio



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 450 a 2372 °F
– 270 a 1300 °C

Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 2.2 °C o 0.75%
2.2 °C o 2.0% Inferior 0 °C
Especial: 1.1 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Alternativa al tipo K; Más estable en altas temperaturas
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°F
-450							-4.345	-4.345	-4.345	-4.344	-4.344	-450
-440	-4.344	-4.344	-4.343	-4.343	-4.342	-4.342	-4.341	-4.341	-4.340	-4.340	-4.339	-440
-430	-4.339	-4.338	-4.337	-4.337	-4.336	-4.335	-4.334	-4.333	-4.332	-4.331	-4.330	-430
-420	-4.330	-4.329	-4.327	-4.326	-4.325	-4.324	-4.322	-4.321	-4.319	-4.318	-4.316	-420
-410	-4.316	-4.315	-4.313	-4.312	-4.310	-4.308	-4.306	-4.305	-4.303	-4.301	-4.299	-410
-400	-4.299	-4.297	-4.295	-4.293	-4.291	-4.288	-4.286	-4.284	-4.282	-4.279	-4.277	-400
-390	-4.277	-4.275	-4.272	-4.270	-4.267	-4.264	-4.262	-4.259	-4.256	-4.254	-4.251	-390
-380	-4.251	-4.248	-4.245	-4.242	-4.239	-4.236	-4.233	-4.230	-4.226	-4.223	-4.220	-380
-370	-4.220	-4.217	-4.213	-4.210	-4.206	-4.203	-4.199	-4.196	-4.192	-4.189	-4.185	-370
-360	-4.185	-4.181	-4.177	-4.174	-4.170	-4.166	-4.162	-4.158	-4.154	-4.150	-4.145	-360
-350	-4.145	-4.141	-4.137	-4.133	-4.128	-4.124	-4.120	-4.115	-4.111	-4.106	-4.102	-350
-340	-4.102	-4.097	-4.092	-4.088	-4.083	-4.078	-4.073	-4.068	-4.064	-4.059	-4.054	-340
-330	-4.054	-4.049	-4.043	-4.038	-4.033	-4.028	-4.023	-4.017	-4.012	-4.007	-4.001	-330
-320	-4.001	-3.996	-3.990	-3.985	-3.979	-3.974	-3.968	-3.962	-3.957	-3.951	-3.945	-320
-310	-3.945	-3.939	-3.933	-3.927	-3.921	-3.915	-3.909	-3.903	-3.897	-3.891	-3.884	-310
-300	-3.884	-3.878	-3.872	-3.866	-3.859	-3.853	-3.846	-3.840	-3.833	-3.827	-3.820	-300
-290	-3.820	-3.813	-3.807	-3.800	-3.793	-3.786	-3.779	-3.773	-3.766	-3.759	-3.752	-290
-280	-3.752	-3.745	-3.738	-3.730	-3.723	-3.716	-3.709	-3.702	-3.694	-3.687	-3.679	-280
-270	-3.679	-3.672	-3.665	-3.657	-3.650	-3.642	-3.634	-3.627	-3.619	-3.611	-3.604	-270
-260	-3.604	-3.596	-3.588	-3.580	-3.572	-3.564	-3.556	-3.548	-3.540	-3.532	-3.524	-260
-250	-3.524	-3.516	-3.508	-3.499	-3.491	-3.483	-3.474	-3.466	-3.458	-3.449	-3.441	-250
-240	-3.441	-3.432	-3.424	-3.415	-3.407	-3.398	-3.389	-3.380	-3.372	-3.363	-3.354	-240
-230	-3.354	-3.345	-3.336	-3.327	-3.318	-3.309	-3.300	-3.291	-3.282	-3.273	-3.264	-230
-220	-3.264	-3.255	-3.246	-3.236	-3.227	-3.218	-3.208	-3.199	-3.189	-3.180	-3.171	-220
-210	-3.171	-3.161	-3.151	-3.142	-3.132	-3.123	-3.113	-3.103	-3.093	-3.084	-3.074	-210
-200	-3.074	-3.064	-3.054	-3.044	-3.034	-3.024	-3.014	-3.004	-2.994	-2.984	-2.974	-200
-190	-2.974	-2.964	-2.954	-2.943	-2.933	-2.923	-2.912	-2.902	-2.892	-2.881	-2.871	-190
-180	-2.871	-2.860	-2.850	-2.839	-2.829	-2.818	-2.808	-2.797	-2.786	-2.776	-2.765	-180
-170	-2.765	-2.754	-2.743	-2.733	-2.722	-2.711	-2.700	-2.689	-2.678	-2.667	-2.656	-170
-160	-2.656	-2.645	-2.634	-2.623	-2.612	-2.601	-2.589	-2.578	-2.567	-2.556	-2.544	-160
-150	-2.544	-2.533	-2.522	-2.510	-2.499	-2.488	-2.476	-2.465	-2.453	-2.442	-2.430	-150
-140	-2.430	-2.418	-2.407	-2.395	-2.384	-2.372	-2.360	-2.348	-2.337	-2.325	-2.313	-140
-130	-2.313	-2.301	-2.289	-2.277	-2.265	-2.254	-2.242	-2.230	-2.218	-2.206	-2.193	-130
-120	-2.193	-2.181	-2.169	-2.157	-2.145	-2.133	-2.121	-2.108	-2.096	-2.084	-2.072	-120
-110	-2.072	-2.059	-2.047	-2.035	-2.022	-2.010	-1.997	-1.985	-1.972	-1.960	-1.947	-110
-100	-1.947	-1.935	-1.922	-1.910	-1.897	-1.884	-1.872	-1.859	-1.846	-1.834	-1.821	-100
-90	-1.821	-1.808	-1.795	-1.783	-1.770	-1.757	-1.744	-1.731	-1.718	-1.705	-1.692	-90
-80	-1.692	-1.679	-1.666	-1.653	-1.640	-1.627	-1.614	-1.601	-1.588	-1.575	-1.562	-80
-70	-1.562	-1.549	-1.536	-1.522	-1.509	-1.496	-1.483	-1.470	-1.456	-1.443	-1.430	-70
-60	-1.430	-1.416	-1.403	-1.390	-1.376	-1.363	-1.349	-1.336	-1.323	-1.309	-1.296	-60
-50	-1.296	-1.282	-1.269	-1.255	-1.242	-1.228	-1.214	-1.201	-1.187	-1.174	-1.160	-50
-40	-1.160	-1.146	-1.133	-1.119	-1.105	-1.092	-1.078	-1.064	-1.050	-1.037	-1.023	-40
-30	-1.023	-1.009	-0.995	-0.981	-0.967	-0.954	-0.940	-0.926	-0.912	-0.898	-0.884	-30
-20	-0.884	-0.870	-0.856	-0.842	-0.828	-0.814	-0.800	-0.786	-0.772	-0.758	-0.744	-20
-10	-0.744	-0.730	-0.716	-0.702	-0.688	-0.674	-0.660	-0.646	-0.632	-0.617	-0.603	-10
0	-0.603	-0.589	-0.575	-0.561	-0.546	-0.532	-0.518	-0.504	-0.490	-0.475	-0.461	0
0	-0.461	-0.447	-0.433	-0.418	-0.404	-0.390	-0.375	-0.361	-0.347	-0.332	-0.318	0
10	-0.318	-0.304	-0.289	-0.275	-0.260	-0.246	-0.232	-0.217	-0.203	-0.188	-0.174	10
20	-0.174	-0.159	-0.145	-0.131	-0.116	-0.102	-0.087	-0.073	-0.058	-0.044	-0.029	20
30	-0.029	-0.015	0.000	0.014	0.029	0.043	0.058	0.072	0.087	0.101	0.116	30
40	0.116	0.130	0.145	0.159	0.174	0.188	0.203	0.217	0.232	0.246	0.261	40
50	0.261	0.275	0.290	0.305	0.319	0.334	0.349	0.363	0.378	0.393	0.407	50
60	0.407	0.422	0.437	0.451	0.466	0.481	0.496	0.510	0.525	0.540	0.555	60
70	0.555	0.570	0.584	0.599	0.614	0.629	0.644	0.659	0.674	0.688	0.703	70
80	0.703	0.718	0.733	0.748	0.763	0.778	0.793	0.808	0.823	0.838	0.853	80
90	0.853	0.868	0.883	0.898	0.913	0.928	0.943	0.958	0.974	0.989	1.004	90
°F	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**°F**

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
100	1.004	1.019	1.034	1.049	1.065	1.080	1.095	1.110	1.125	1.141	1.156	100
110	1.156	1.171	1.186	1.202	1.217	1.232	1.248	1.263	1.278	1.294	1.309	110
120	1.309	1.324	1.340	1.355	1.371	1.386	1.402	1.417	1.432	1.448	1.463	120
130	1.463	1.479	1.494	1.510	1.525	1.541	1.557	1.572	1.588	1.603	1.619	130
140	1.619	1.635	1.650	1.666	1.682	1.697	1.713	1.729	1.744	1.760	1.776	140
150	1.776	1.791	1.807	1.823	1.839	1.855	1.870	1.886	1.902	1.918	1.934	150
160	1.934	1.950	1.965	1.981	1.997	2.013	2.029	2.045	2.061	2.077	2.093	160
170	2.093	2.109	2.125	2.141	2.157	2.173	2.189	2.205	2.221	2.237	2.253	170
180	2.253	2.269	2.285	2.301	2.318	2.334	2.350	2.366	2.382	2.398	2.415	180
190	2.415	2.431	2.447	2.463	2.480	2.496	2.512	2.528	2.545	2.561	2.577	190
200	2.577	2.594	2.610	2.626	2.643	2.659	2.676	2.692	2.708	2.725	2.741	200
210	2.741	2.758	2.774	2.791	2.807	2.824	2.840	2.857	2.873	2.890	2.906	210
220	2.906	2.923	2.939	2.956	2.973	2.989	3.006	3.022	3.039	3.056	3.072	220
230	3.072	3.089	3.106	3.123	3.139	3.156	3.173	3.189	3.206	3.223	3.240	230
240	3.240	3.257	3.273	3.290	3.307	3.324	3.341	3.358	3.374	3.391	3.408	240
250	3.408	3.425	3.442	3.459	3.476	3.493	3.510	3.527	3.544	3.561	3.578	250
260	3.578	3.595	3.612	3.629	3.646	3.663	3.680	3.697	3.714	3.731	3.748	260
270	3.748	3.766	3.783	3.800	3.817	3.834	3.851	3.869	3.886	3.903	3.920	270
280	3.920	3.937	3.955	3.972	3.989	4.007	4.024	4.041	4.058	4.076	4.093	280
290	4.093	4.110	4.128	4.145	4.162	4.180	4.197	4.215	4.232	4.250	4.267	290
300	4.267	4.284	4.302	4.319	4.337	4.354	4.372	4.389	4.407	4.424	4.442	300
310	4.442	4.459	4.477	4.495	4.512	4.530	4.547	4.565	4.583	4.600	4.618	310
320	4.618	4.635	4.653	4.671	4.688	4.706	4.724	4.742	4.759	4.777	4.795	320
330	4.795	4.813	4.830	4.848	4.866	4.884	4.901	4.919	4.937	4.955	4.973	330
340	4.973	4.991	5.008	5.026	5.044	5.062	5.080	5.098	5.116	5.134	5.152	340
350	5.152	5.170	5.188	5.206	5.224	5.241	5.259	5.277	5.295	5.314	5.332	350
360	5.332	5.350	5.368	5.386	5.404	5.422	5.440	5.458	5.476	5.494	5.512	360
370	5.512	5.531	5.549	5.567	5.585	5.603	5.621	5.639	5.658	5.676	5.694	370
380	5.694	5.712	5.731	5.749	5.767	5.785	5.804	5.822	5.840	5.858	5.877	380
390	5.877	5.895	5.913	5.932	5.950	5.968	5.987	6.005	6.024	6.042	6.060	390
400	6.060	6.079	6.097	6.116	6.134	6.152	6.171	6.189	6.208	6.226	6.245	400
410	6.245	6.263	6.282	6.300	6.319	6.337	6.356	6.374	6.393	6.411	6.430	410
420	6.430	6.449	6.467	6.486	6.504	6.523	6.542	6.560	6.579	6.597	6.616	420
430	6.616	6.635	6.653	6.672	6.691	6.710	6.728	6.747	6.766	6.784	6.803	430
440	6.803	6.822	6.841	6.859	6.878	6.897	6.916	6.934	6.953	6.972	6.991	440
450	6.991	7.010	7.029	7.047	7.066	7.085	7.104	7.123	7.142	7.161	7.179	450
460	7.179	7.198	7.217	7.236	7.255	7.274	7.293	7.312	7.331	7.350	7.369	460
470	7.369	7.388	7.407	7.426	7.445	7.464	7.483	7.502	7.521	7.540	7.559	470
480	7.559	7.578	7.597	7.616	7.635	7.654	7.673	7.692	7.711	7.731	7.750	480
490	7.750	7.769	7.788	7.807	7.826	7.845	7.865	7.884	7.903	7.922	7.941	490
500	7.941	7.960	7.980	7.999	8.018	8.037	8.057	8.076	8.095	8.114	8.134	500
510	8.134	8.153	8.172	8.191	8.211	8.230	8.249	8.269	8.288	8.307	8.327	510
520	8.327	8.346	8.365	8.385	8.404	8.423	8.443	8.462	8.482	8.501	8.520	520
530	8.520	8.540	8.559	8.579	8.598	8.617	8.637	8.656	8.676	8.695	8.715	530
540	8.715	8.734	8.754	8.773	8.793	8.812	8.832	8.851	8.871	8.890	8.910	540
550	8.910	8.929	8.949	8.968	8.988	9.008	9.027	9.047	9.066	9.086	9.105	550
560	9.105	9.125	9.145	9.164	9.184	9.204	9.223	9.243	9.262	9.282	9.302	560
570	9.302	9.321	9.341	9.361	9.381	9.400	9.420	9.440	9.459	9.479	9.499	570
580	9.499	9.519	9.538	9.558	9.578	9.598	9.617	9.637	9.657	9.677	9.696	580
590	9.696	9.716	9.736	9.756	9.776	9.795	9.815	9.835	9.855	9.875	9.895	590
600	9.895	9.914	9.934	9.954	9.974	9.994	10.014	10.034	10.054	10.073	10.093	600
610	10.093	10.113	10.133	10.153	10.173	10.193	10.213	10.233	10.253	10.273	10.293	610
620	10.293	10.313	10.333	10.353	10.373	10.393	10.413	10.433	10.453	10.473	10.493	620
630	10.493	10.513	10.533	10.553	10.573	10.593	10.613	10.633	10.653	10.673	10.693	630
640	10.693	10.713	10.733	10.753	10.774	10.794	10.814	10.834	10.854	10.874	10.894	640
650	10.894	10.914	10.934	10.955	10.975	10.995	11.015	11.035	11.055	11.076	11.096	650
660	11.096	11.116	11.136	11.156	11.177	11.197	11.217	11.237	11.257	11.278	11.298	660
670	11.298	11.318	11.338	11.359	11.379	11.399	11.419	11.440	11.460	11.480	11.501	670
680	11.501	11.521	11.541	11.561	11.582	11.602	11.622	11.643	11.663	11.683	11.704	680
690	11.704	11.724	11.744	11.765	11.785	11.805	11.826	11.846	11.867	11.887	11.907	690
°F	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**°F**

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 450 a 2372 °F
– 270 a 1300 °C

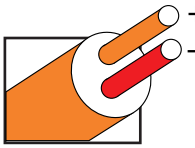
Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 2.2 °C o 0.75%
2.2 °C o 2.0% Inferior 0 °C
Especial: 1.1 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Alternativa al tipo K; Más estable en altas temperaturas
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

°F

Níquel-14.2% Cromo-1.4% Silicio vs. Níquel-4.4% Silicio - 0.1% Magnesio



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO N

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
700	11.907	11.928	11.948	11.968	11.989	12.009	12.030	12.050	12.071	12.091	12.111	700
710	12.111	12.132	12.152	12.173	12.193	12.214	12.234	12.255	12.275	12.295	12.316	710
720	12.316	12.336	12.357	12.377	12.398	12.418	12.439	12.459	12.480	12.500	12.521	720
730	12.521	12.542	12.562	12.583	12.603	12.624	12.644	12.665	12.685	12.706	12.726	730
740	12.726	12.747	12.768	12.788	12.809	12.829	12.850	12.871	12.891	12.912	12.932	740
750	12.932	12.953	12.974	12.994	13.015	13.036	13.056	13.077	13.098	13.118	13.139	750
760	13.139	13.159	13.180	13.201	13.221	13.242	13.263	13.284	13.304	13.325	13.346	760
770	13.346	13.366	13.387	13.408	13.428	13.449	13.470	13.491	13.511	13.532	13.553	770
780	13.553	13.574	13.594	13.615	13.636	13.657	13.677	13.698	13.719	13.740	13.760	780
790	13.760	13.781	13.802	13.823	13.844	13.864	13.885	13.906	13.927	13.948	13.969	790
800	13.969	13.989	14.010	14.031	14.052	14.073	14.094	14.114	14.135	14.156	14.177	800
810	14.177	14.198	14.219	14.240	14.260	14.281	14.302	14.323	14.344	14.365	14.386	810
820	14.386	14.407	14.428	14.448	14.469	14.490	14.511	14.532	14.553	14.574	14.595	820
830	14.595	14.616	14.637	14.658	14.679	14.700	14.721	14.742	14.763	14.784	14.804	830
840	14.804	14.825	14.846	14.867	14.888	14.909	14.930	14.951	14.972	14.993	15.014	840
850	15.014	15.035	15.056	15.077	15.098	15.119	15.140	15.162	15.183	15.204	15.225	850
860	15.225	15.246	15.267	15.288	15.309	15.330	15.351	15.372	15.393	15.414	15.435	860
870	15.435	15.456	15.477	15.498	15.520	15.541	15.562	15.583	15.604	15.625	15.646	870
880	15.646	15.667	15.688	15.709	15.731	15.752	15.773	15.794	15.815	15.836	15.857	880
890	15.857	15.878	15.900	15.921	15.942	15.963	15.984	16.005	16.027	16.048	16.069	890
900	16.069	16.090	16.111	16.132	16.154	16.175	16.196	16.217	16.238	16.260	16.281	900
910	16.281	16.302	16.323	16.344	16.366	16.387	16.408	16.429	16.450	16.472	16.493	910
920	16.493	16.514	16.535	16.557	16.578	16.599	16.620	16.642	16.663	16.684	16.705	920
930	16.705	16.727	16.748	16.769	16.790	16.812	16.833	16.854	16.875	16.897	16.918	930
940	16.918	16.939	16.961	16.982	17.003	17.025	17.046	17.067	17.088	17.110	17.131	940
950	17.131	17.152	17.174	17.195	17.216	17.238	17.259	17.280	17.302	17.323	17.344	950
960	17.344	17.366	17.387	17.408	17.430	17.451	17.472	17.494	17.515	17.536	17.558	960
970	17.558	17.579	17.601	17.622	17.643	17.665	17.686	17.707	17.729	17.750	17.772	970
980	17.772	17.793	17.814	17.836	17.857	17.879	17.900	17.921	17.943	17.964	17.986	980
990	17.986	18.007	18.028	18.050	18.071	18.093	18.114	18.136	18.157	18.178	18.200	990
1000	18.200	18.221	18.243	18.264	18.286	18.307	18.328	18.350	18.371	18.393	18.414	1000
1010	18.414	18.436	18.457	18.479	18.500	18.522	18.543	18.565	18.586	18.608	18.629	1010
1020	18.629	18.650	18.672	18.693	18.715	18.736	18.758	18.779	18.801	18.822	18.844	1020
1030	18.844	18.865	18.887	18.908	18.930	18.951	18.973	18.994	19.016	19.037	19.059	1030
1040	19.059	19.081	19.102	19.124	19.145	19.167	19.188	19.210	19.231	19.253	19.274	1040
1050	19.274	19.296	19.317	19.339	19.360	19.382	19.404	19.425	19.447	19.468	19.490	1060
1060	19.490	19.511	19.533	19.554	19.576	19.598	19.619	19.641	19.662	19.684	19.705	1060
1070	19.705	19.727	19.749	19.770	19.792	19.813	19.835	19.857	19.878	19.900	19.921	1070
1080	19.921	19.943	19.964	19.986	20.008	20.029	20.051	20.072	20.094	20.116	20.137	1060
1090	20.137	20.159	20.181	20.202	20.224	20.245	20.267	20.289	20.310	20.332	20.353	1090
1100	20.353	20.375	20.397	20.418	20.440	20.462	20.483	20.505	20.527	20.548	20.570	1100
1110	20.570	20.591	20.613	20.635	20.656	20.678	20.700	20.721	20.743	20.765	20.786	1110
1120	20.786	20.808	20.830	20.851	20.873	20.895	20.916	20.938	20.960	20.981	21.003	1120
1130	21.003	21.025	21.046	21.068	21.090	21.111	21.133	21.155	21.176	21.198	21.220	1130
1140	21.220	21.241	21.263	21.285	21.306	21.328	21.350	21.371	21.393	21.415	21.437	1140
1150	21.437	21.458	21.480	21.502	21.523	21.545	21.567	21.588	21.610	21.632	21.654	1150
1160	21.654	21.675	21.697	21.719	21.740	21.762	21.784	21.806	21.827	21.849	21.871	1160
1170	21.871	21.892	21.914	21.936	21.958	21.979	22.001	22.023	22.044	22.066	22.088	1170
1180	22.088	22.110	22.131	22.153	22.175	22.197	22.218	22.240	22.262	22.284	22.305	1180
1190	22.305	22.327	22.349	22.370	22.392	22.414	22.436	22.457	22.479	22.501	22.523	1190
1200	22.523	22.544	22.566	22.588	22.610	22.631	22.653	22.675	22.697	22.718	22.740	1200
1210	22.740	22.762	22.784	22.805	22.827	22.849	22.871	22.893	22.914	22.936	22.958	1210
1220	22.958	22.980	23.001	23.023	23.045	23.067	23.088	23.110	23.132	23.154	23.178	1220
1230	23.176	23.197	23.219	23.241	23.263	23.284	23.306	23.328	23.350	23.372	23.393	1230
1240	23.393	23.415	23.437	23.459	23.480	23.502	23.524	23.546	23.568	23.589	23.611	1240
1250	23.611	23.633	23.655	23.676	23.698	23.720	23.742	23.764	23.785	23.807	23.829	1250
1260	23.829	23.851	23.873	23.894	23.916	23.938	23.960	23.982	24.003	24.025	24.047	1260
1270	24.047	24.069	24.091	24.112	24.134	24.156	24.178	24.200	24.221	24.243	24.265	1270
1280	24.265	24.287	24.309	24.330	24.352	24.374	24.396	24.418	24.439	24.461	24.483	1280
1290	24.483	24.505	24.527	24.548	24.570	24.592	24.614	24.636	24.658	24.679	24.701	1290
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1300	24.701	24.723	24.745	24.767	24.788	24.810	24.832	24.854	24.876	24.897	24.919	1300
1310	24.919	24.941	24.963	24.985	25.007	25.028	25.050	25.072	25.094	25.116	25.137	1310
1320	25.137	25.159	25.181	25.203	25.225	25.247	25.268	25.290	25.312	25.334	25.356	1320
1330	25.356	25.377	25.399	25.421	25.443	25.465	25.487	25.508	25.530	25.552	25.574	1330
1340	25.574	25.596	25.618	25.639	25.661	25.683	25.705	25.727	25.748	25.770	25.792	1340
1350	25.792	25.814	25.836	25.858	25.879	25.901	25.923	25.945	25.967	25.989	26.010	1350
1360	26.010	26.032	26.054	26.076	26.098	26.119	26.141	26.163	26.185	26.207	26.229	1360
1370	26.229	26.250	26.272	26.294	26.316	26.338	26.360	26.381	26.403	26.425	26.447	1370
1380	26.447	26.469	26.491	26.512	26.534	26.556	26.578	26.600	26.622	26.643	26.665	1380
1390	26.665	26.687	26.709	26.731	26.752	26.774	26.796	26.818	26.840	26.862	26.883	1390
1400	26.883	26.905	26.927	26.949	26.971	26.993	27.014	27.036	27.058	27.080	27.102	1400
1410	27.102	27.124	27.145	27.167	27.189	27.211	27.233	27.254	27.276	27.298	27.320	1410
1420	27.320	27.342	27.364	27.385	27.407	27.429	27.451	27.473	27.495	27.516	27.538	1420
1430	27.538	27.560	27.582	27.604	27.625	27.647	27.669	27.691	27.713	27.735	27.756	1430
1440	27.756	27.778	27.800	27.822	27.844	27.866	27.887	27.909	27.931	27.953	27.975	1440
1450	27.975	27.996	28.018	28.040	28.062	28.084	28.105	28.127	28.149	28.171	28.193	1450
1460	28.193	28.215	28.236	28.258	28.280	28.302	28.324	28.345	28.367	28.389	28.411	1460
1470	28.411	28.433	28.455	28.476	28.498	28.520	28.542	28.564	28.585	28.607	28.629	1470
1480	28.629	28.651	28.673	28.694	28.716	28.738	28.760	28.782	28.803	28.825	28.847	1480
1490	28.847	28.869	28.891	28.912	28.934	28.956	28.978	29.000	29.021	29.043	29.065	1490
1500	29.085	29.087	29.109	29.130	29.152	29.174	29.196	29.218	29.239	29.261	29.283	1500
1510	29.283	29.305	29.327	29.348	29.370	29.392	29.414	29.436	29.457	29.479	29.501	1510
1520	29.501	29.523	29.545	29.566	29.588	29.610	29.632	29.653	29.675	29.697	29.719	I520
1530	29.719	29.741	29.762	29.784	29.806	29.828	29.850	29.871	29.893	29.915	29.937	I530
1540	29.937	29.958	29.980	30.002	30.024	30.046	30.067	30.089	30.111	30.133	30.154	IS40
1550	30.154	30.176	30.198	30.220	30.242	30.263	30.285	30.307	30.329	30.350	30.372	1550
1560	30.372	30.304	30.416	30.437	30.459	30.481	30.503	30.524	30.546	30.568	30.590	1560
1570	30.590	30.611	30.633	30.655	30.677	30.699	30.720	30.742	30.764	30.786	30.807	1570
1580	30.807	30.829	30.851	30.873	30.894	30.916	30.938	30.960	30.981	31.003	31.025	1580
1590	31.025	31.047	31.068	31.090	31.112	31.133	31.155	31.177	31.199	31.220	31.242	1590
1600	31.242	31.264	31.286	31.307	31.329	31.351	31.373	31.394	31.416	31.438	31.459	1600
1610	31.450	31.481	31.503	31.525	31.546	31.568	31.590	31.612	31.633	31.655	31.677	1610
1620	31.677	31.698	31.720	31.742	31.764	31.785	31.807	31.829	31.850	31.872	31.894	1620
1630	31.894	31.916	31.937	31.959	31.981	32.002	32.024	32.046	32.068	32.089	32.111	1630
1640	32.111	32.133	32.154	32.176	32.198	32.219	32.241	32.263	32.284	32.306	32.328	1640
1650	32.328	32.350	32.371	32.393	32.415	32.436	32.458	32.480	32.501	32.523	32.545	1650
1660	32.545	32.566	32.588	32.610	32.631	32.653	32.675	32.696	32.718	32.740	32.761	1660
1670	32.716	32.783	32.805	32.826	32.848	32.870	32.891	32.913	32.935	32.956	32.978	1670
1680	32.978	32.000	32.021	32.043	33.065	35.086	33.108	33.130	33.151	33.173	33.195	1680
1690	33.195	33.216	33.238	33.260	33.281	33.303	33.325	33.346	33.368	33.389	33.411	1690
1700	33.411	33.433	33.454	33.476	33.498	33.519	33.541	33.563	33.584	33.606	33.627	1700
1710	33.627	33.649	33.671	33.692	33.714	33.736	33.757	33.779	33.800	33.822	33.844	1710
1720	33.844	33.865	33.887	33.908	33.930	33.952	33.973	33.995	34.016	34.038	34.060	1720
1730	34.060	34.081	34.103	34.124	34.146	34.168	34.189	34.211	34.232	34.254	34.276	1730
1740	34.276	34.297	34.319	34.340	34.362	34.384	34.405	34.427	34.448	34.470	34.491	1740
1750	34.491	34.513	34.535	34.556	34.578	34.599	34.621	34.642	34.664	34.686	34.707	1750
1760	34.707	34.729	34.750	34.772	34.793	34.815	34.836	34.858	34.879	34.901	34.923	1760
1770	34.923	34.944	34.966	34.987	35.009	35.030	35.052	35.073	35.095	35.116	35.138	1770
1790	35.138	35.160	35.181	35.203	35.224	35.246	35.267	35.289	35.310	35.332	35.353	1780
1790	35.353	35.375	35.396	35.418	35.439	35.461	35.482	35.504	35.525	35.547	35.568	1790
1800	35.568	35.590	35.611	35.633	35.654	35.676	35.697	35.719	35.740	35.762	35.783	1800
1810	35.783	35.805	35.826	35.848	35.869	35.891	35.912	35.934	35.955	35.977	35.998	1810
1820	35.998	35.019	36.041	36.062	36.084	36.105	36.127	36.148	36.170	36.191	36.213	1820
1830	35.213	35.234	36.256	36.277	36.298	36.320	36.341	36.363	36.384	36.406	36.427	1830
1840	36.427	36.449	36.470	36.491	36.513	36.534	36.556	36.577	36.599	36.620	36.641	1840
1850	36.841	36.663	36.684	36.706	36.727	36.748	36.770	36.791	38.813	36.834	36.855	1850
1860	36.855	36.877	36.898	36.920	36.941	36.962	36.984	37.005	37.027	37.048	37.069	1860
1870	37.069	37.091	37.112	37.134	37.155	37.176	37.198	37.219	37.240	37.262	37.283	1870
1880	37.283	37.305	37.326	37.347	37.369	37.390	37.411	37.433	37.454	37.475	37.497	1880
1890	37.497	37.518	37.539	37.561	37.582	37.603	37.625	37.646	37.667	37.689	37.710	1890
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO N

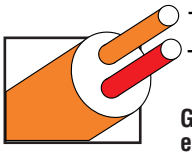
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Níquel-14.2% Cromo-1.4% Silicio vs. Níquel-4.4% Silicio - 0.1% Magnesio



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 450 a 2372 °F
– 270 a 1300 °C

Grado de extensión
32 a 392 °F
0 a 200 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 2.2 °C o 0.75%
2.2 °C o 2.0% Inferior 0 °C
Especial: 1.1 °C o 0.4%

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Alternativa al tipo K; Más estable en altas temperaturas
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1900	37.710	37.731	37.753	37.774	37.795	37.817	37.838	37.859	37.881	37.902	37.923	1900
1910	37.923	37.945	37.966	37.987	38.009	38.030	38.051	38.073	38.094	38.115	38.136	1910
1920	38.136	38.158	38.179	38.200	38.222	38.243	38.264	38.285	38.307	38.328	38.349	1920
1930	38.349	38.370	38.392	38.413	38.434	38.456	38.477	38.498	38.519	38.541	38.562	1930
1940	38.562	38.583	38.604	38.626	38.647	38.668	38.689	38.711	38.732	38.753	38.774	1940
1950	38.774	38.795	38.817	38.838	38.859	38.880	38.902	38.923	38.944	38.965	38.986	1950
1960	38.986	39.008	38.029	39.050	39.071	39.093	39.114	39.135	39.156	39.177	39.198	1960
1970	39.198	39.220	39.241	39.262	39.283	39.304	39.326	39.347	39.368	39.389	39.410	1970
1980	39.410	39.431	39.453	39.474	39.495	39.516	39.537	39.558	39.580	39.601	39.622	1980
1990	39.622	39.643	39.664	39.685	39.706	39.728	39.749	39.770	39.791	39.812	39.833	1990
2000	39.833	39.854	39.875	39.897	39.918	39.939	39.960	39.981	40.002	40.023	40.044	2000
2010	40.044	40.066	40.087	40.108	40.129	40.150	40.171	40.192	40.213	40.234	40.255	2010
2020	40.255	40.276	40.297	40.319	40.340	40.361	40.382	40.403	40.424	40.445	40.466	2020
2030	40.466	40.487	40.508	40.529	40.550	40.571	40.592	40.613	40.634	40.655	40.677	2030
2040	40.677	40.698	40.719	40.740	40.761	40.782	40.803	40.824	40.845	40.866	40.887	2040
2050	40.887	40.908	40.929	40.950	40.971	40.992	41.013	41.034	41.055	41.076	41.097	2050
2060	41.097	41.118	41.139	41.160	41.181	41.202	41.223	41.244	41.265	41.286	41.307	2060
2070	41.307	41.328	41.349	41.370	41.390	41.411	41.432	41.453	41.474	41.495	41.516	2070
2080	41.516	41.537	41.558	41.579	41.600	41.621	41.642	41.663	41.684	41.705	41.725	2080
2090	41.725	41.746	41.767	41.788	41.809	41.830	41.851	41.872	41.893	41.914	41.935	2090
2100	41.935	41.955	41.976	41.997	42.018	42.039	42.060	42.081	42.102	42.123	42.143	2100
2110	42.143	42.164	42.185	42.206	42.227	42.248	42.269	42.289	42.310	42.331	42.352	2110
2120	42.352	42.373	42.394	42.415	42.435	42.456	42.477	42.498	42.519	42.540	42.560	2120
2130	42.560	42.581	42.602	42.623	42.644	42.664	42.685	42.706	42.727	42.748	42.768	2130
2140	42.768	42.789	42.810	42.831	42.852	42.872	42.893	42.914	42.935	42.956	42.976	2140
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
2150	42.976	42.997	43.018	43.039	43.059	43.080	43.101	43.122	43.142	43.163	43.184	2150
2160	43.184	43.205	43.225	43.246	43.267	43.288	43.308	43.329	43.350	43.370	43.391	2160
2170	43.391	43.412	43.433	43.453	43.474	43.495	43.515	43.536	43.557	43.578	43.598	2170
2180	43.598	43.619	43.640	43.660	43.681	43.702	43.722	43.743	43.764	43.784	43.805	2180
2190	43.805	43.826	43.846	43.867	43.888	43.908	43.929	43.950	43.970	43.991	43.012	2190
2200	44.012	44.032	44.053	44.073	44.094	44.115	44.135	44.156	44.177	44.197	44.218	2200
2210	44.218	44.238	44.259	44.280	44.300	44.321	44.341	44.362	44.383	44.403	44.424	2210
2220	44.424	44.444	44.465	44.485	44.506	44.527	44.547	44.568	44.588	44.609	44.629	2220
2230	44.629	44.650	44.671	44.691	44.712	44.732	44.753	44.773	44.794	44.814	44.835	2230
2240	44.835	44.855	44.876	44.896	44.917	44.937	44.958	44.978	44.999	45.019	45.040	2240
2250	45.040	45.060	45.081	45.101	45.122	45.142	45.163	45.183	45.204	45.224	45.245	2250
2260	45.245	45.265	45.286	45.306	45.326	45.347	45.367	45.388	45.408	45.429	45.449	2260
2270	45.449	45.469	45.490	45.510	45.531	45.551	45.572	45.592	45.612	45.633	45.653	2270
2280	45.653	45.674	45.694	45.714	45.735	45.755	45.775	45.796	45.816	45.837	45.857	2280
2290	45.857	45.877	45.898	45.918	45.938	45.959	45.979	45.999	46.020	46.040	46.060	2290
2300	46.060	46.081	46.101	46.121	46.142	46.162	46.182	46.202	46.223	46.243	46.263	2300
2310	46.263	46.284	46.304	46.324	46.344	46.365	46.385	46.405	46.425	46.446	46.466	2310
2320	46.466	46.486	46.506	46.527	46.547	46.567	48.587	46.608	46.628	46.648	46.668	2320
2330	46.668	46.688	46.709	46.729	46.749	46.769	48.789	46.810	48.830	46.850	46.870	2330
2340	48.870	46.890	46.910	48.931	46.951	46.971	48.991	47.01147-031		47.051	47.071	2340
2350	47.071	47.092	47.112	47.132	47.152	47.172	47.192	47.212	47.232	47.252	47.272	2350
2360	47.272	47.292	47.312	47.333	47.353	47.373	47.393	47.413	47.433	47.453	47.473	2360
2370	47.473	47.493	47.513									2370
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 32 a 4208 °F
– 0 a 2320 °C

Grado de extensión
32 a 1600 °F
0 a 8700 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 4.5 °C a 425 °C 1.0%
a 2320 °C
Especial: NO ESTABLECIDO

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Vacío, inerte; hidrógeno; Tenga cuidado con la fragilización; No es práctico al Inferior 750 °F; No para una atmósfera oxidante
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

°C

Tungsteno - 5% Renio vs. Tungsteno - 26% Renio



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

TIPO C

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
0	0.000	0.013	0.026	0.040	0.053	0.067	0.080	0.094	0.107	0.121	0.135	0
10	0.135	0.148	0.162	0.176	0.189	0.203	0.217	0.231	0.244	0.258	0.272	10
20	0.272	0.286	0.300	0.314	0.328	0.342	0.356	0.370	0.384	0.398	0.412	20
30	0.412	0.426	0.440	0.454	0.469	0.483	0.497	0.511	0.525	0.540	0.554	0
40	0.554	0.568	0.583	0.597	0.612	0.626	0.640	0.655	0.669	0.684	0.698	40
50	0.698	0.713	0.727	0.742	0.757	0.771	0.786	0.801	0.815	0.830	0.845	50
60	0.845	0.860	0.874	0.889	0.904	0.919	0.934	0.948	0.963	0.978	0.993	60
70	0.993	1.008	1.023	1.038	1.053	1.068	1.083	1.098	1.114	1.129	1.144	70
80	1.144	1.159	1.174	1.189	1.205	1.220	1.235	1.250	1.266	1.281	1.296	80
90	1.296	1.312	1.327	1.342	1.358	1.373	1.389	1.404	1.420	1.435	1.451	90
100	1.451	1.466	1.482	1.497	1.513	1.529	1.544	1.560	1.576	1.591	1.607	100
110	1.607	1.623	1.639	1.654	1.670	1.686	1.702	1.718	1.733	1.749	1.765	110
120	1.765	1.781	1.797	1.813	1.829	1.845	1.861	1.877	1.893	1.909	1.925	120
130	1.925	1.941	1.957	1.973	1.989	2.006	2.022	2.038	2.054	2.070	2.087	130
140	2.087	2.103	2.119	2.135	2.152	2.168	2.184	2.201	2.217	2.233	2.250	140
150	2.250	2.266	2.283	2.299	2.316	2.332	2.349	2.365	2.382	2.398	2.415	150
160	2.415	2.431	2.448	2.464	2.481	2.498	2.514	2.531	2.548	2.564	2.581	160
170	2.581	2.598	2.614	2.631	2.648	2.665	2.682	2.698	2.715	2.732	2.749	170
180	2.749	2.766	2.783	2.800	2.816	2.833	2.850	2.867	2.884	2.901	2.918	180
190	2.918	2.935	2.952	2.969	2.986	3.003	3.020	3.038	3.055	3.072	3.089	190
200	3.089	3.106	3.123	3.140	3.158	3.175	3.192	3.209	3.227	3.244	3.26	200
210	3.261	3.278	3.296	3.313	3.330	3.348	3.365	3.382	3.400	3.417	3.434	210
220	3.434	3.452	3.469	3.487	3.504	3.522	3.539	3.557	3.574	3.592	3.609	220
230	3.609	3.627	3.644	3.662	3.679	3.697	3.714	3.732	3.750	3.767	3.785	230
240	3.785	3.803	3.820	3.838	3.856	3.873	3.891	3.909	3.927	3.944	3.962	240
250	3.962	3.980	3.998	4.015	4.033	4.051	4.069	4.087	4.104	4.122	4.140	250
260	4.140	4.158	4.176	4.194	4.212	4.230	4.248	4.266	4.284	4.301	4.319	260
270	4.319	4.337	4.355	4.373	4.391	4.410	4.428	4.446	4.464	4.482	4.500	270
280	4.500	4.518	4.536	4.554	4.572	4.590	4.608	4.627	4.645	4.663	4.681	280
290	4.681	4.699	4.717	4.736	4.754	4.772	4.790	4.809	4.827	4.845	4.863	290
300	4.863	4.882	4.900	4.918	4.937	4.955	4.973	4.992	5.010	5.028	5.047	300
310	5.047	5.065	5.083	5.102	5.120	5.139	5.157	5.175	5.194	5.212	5.231	310
320	5.231	5.249	5.268	5.286	5.305	5.323	5.342	5.360	5.379	5.397	5.416	320
330	5.416	5.434	5.453	5.471	5.490	5.508	5.527	5.546	5.564	5.583	5.601	330
340	5.601	5.620	5.639	5.657	5.676	5.695	5.713	5.732	5.751	5.769	5.788	340
350	5.788	5.807	5.825	5.844	5.863	5.882	5.900	5.919	5.938	5.956	5.975	350
360	5.975	5.994	6.013	6.032	6.050	6.069	6.088	6.107	6.126	6.144	6.163	360
370	6.163	6.182	6.201	6.220	6.239	6.257	6.276	6.295	6.314	6.333	6.352	370
380	6.352	6.371	6.390	6.409	6.427	6.446	6.465	6.484	6.503	6.522	6.541	380
390	6.541	6.560	6.579	6.598	6.617	6.636	6.655	6.674	6.693	6.712	6.731	390
400	6.731	6.750	6.769	6.788	6.807	6.826	6.845	6.864	6.883	6.902	6.921	400
410	6.921	6.940	6.959	6.979	6.998	7.017	7.036	7.055	7.074	7.093	7.112	410
420	7.112	7.131	7.151	7.170	7.189	7.208	7.227	7.246	7.265	7.285	7.304	420
430	7.304	7.323	7.342	7.361	7.380	7.400	7.419	7.438	7.457	7.476	7.496	430
440	7.496	7.515	7.534	7.553	7.572	7.592	7.611	7.630	7.649	7.669	7.688	440
450	7.688	7.707	7.726	7.746	7.765	7.784	7.804	7.823	7.842	7.861	7.881	450
460	7.881	7.900	7.919	7.939	7.958	7.977	7.996	8.016	8.035	8.054	8.074	460
470	8.074	8.093	8.112	8.132	8.151	8.170	8.190	8.209	8.229	8.248	8.267	470
480	8.267	8.287	8.306	8.325	8.345	8.364	8.383	8.403	8.422	8.422	8.461	480
490	8.461	8.480	8.500	8.519	8.539	8.558	8.577	8.597	8.616	8.636	8.655	490
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
500	8.655	8.674	8.694	8.713	8.733	8.752	8.772	8.791	8.810	8.830	8.849	500
510	8.849	8.869	8.888	8.908	8.927	8.947	8.966	8.986	9.005	9.024	9.044	510
520	9.044	9.063	9.083	9.102	9.122	9.141	9.161	9.180	9.200	9.219	9.239	520
530	9.239	9.258	9.278	9.297	9.317	9.336	9.356	9.375	9.395	9.414	9.434	530
540	9.434	9.453	9.473	9.492	9.512	9.531	9.551	9.570	9.590	9.609	9.629	540
550	9.629	9.648	9.668	9.687	9.707	9.726	9.746	9.765	9.785	9.804	9.824	550
560	9.824	9.843	9.863	9.883	9.902	9.922	9.941	9.961	9.980	10.000	10.019	560
570	10.019	10.039	10.058	10.078	10.097	10.117	10.137	10.156	10.176	10.195	10.215	570
580	10.215	10.234	10.254	10.273	10.293	10.312	10.332	10.352	10.371	10.391	10.410	580
590	10.410	10.430	10.449	10.469	10.488	10.508	10.528	10.547	10.567	10.586	10.606	590
600	10.606	10.625	10.645	10.664	10.684	10.703	10.723	10.743	10.762	10.782	10.801	600
610	10.801	10.821	10.840	10.860	10.879	10.899	10.919	10.938	10.958	10.977	10.997	610
620	10.997	11.016	11.036	11.055	11.075	11.095	11.114	11.134	11.153	11.173	11.192	620
630	11.192	11.212	11.231	11.251	11.270	11.290	11.310	11.329	11.349	11.368	11.388	630
640	11.388	11.407	11.427	11.446	11.466	11.485	11.505	11.525	11.544	11.564	11.583	640
650	11.583	11.603	11.622	11.642	11.661	11.681	11.700	11.720	11.739	11.759	11.778	650
660	11.778	11.798	11.817	11.837	11.857	11.876	11.896	11.915	11.935	11.954	11.974	660
670	11.974	11.993	12.013	12.032	12.052	12.071	12.091	12.110	12.130	12.149	12.169	670
680	12.169	12.188	12.208	12.227	12.247	12.266	12.286	12.305	12.325	12.344	12.364	680
690	12.364	12.383	12.403	12.422	12.442	12.461	12.481	12.500	12.519	12.539	12.558	690
700	12.558	12.578	12.597	12.617	12.636	12.656	12.675	12.695	12.714	12.734	12.753	700
710	12.753	12.772	12.792	12.811	12.831	12.850	12.870	12.889	12.909	12.928	12.947	710
720	12.947	12.967	12.986	13.006	13.025	13.045	13.064	13.083	13.103	13.122	13.142	720
730	13.142	13.161	13.180	13.200	13.219	13.239	13.258	13.277	13.297	13.316	13.336	730
740	13.336	13.355	13.374	13.394	13.413	13.432	13.452	13.471	13.491	13.510	13.529	740
750	13.529	13.549	13.568	13.587	13.607	13.626	13.645	13.665	13.684	13.703	13.723	750
760	13.723	13.742	13.761	13.781	13.800	13.819	13.839	13.858	13.877	13.897	13.916	760
770	13.916	13.935	13.955	13.974	13.993	14.012	14.032	14.051	14.070	14.090	14.109	770
780	14.109	14.128	14.147	14.167	14.186	14.205	14.224	14.244	14.263	14.282	14.302	780
790	14.302	14.321	14.340	14.359	14.378	14.398	14.417	14.436	14.455	14.475	14.494	790
800	14.494	14.513	14.532	14.551	14.571	14.590	14.609	14.628	14.647	14.667	14.686	800
810	14.686	14.705	14.724	14.743	14.762	14.782	14.801	14.820	14.839	14.858	14.877	810
820	14.877	14.897	14.916	14.935	14.954	14.973	14.992	15.011	15.030	15.050	15.069	820
830	15.069	15.088	15.107	15.126	15.145	15.164	15.183	15.202	15.221	15.241	15.260	830
840	15.260	15.279	15.298	15.317	15.336	15.355	15.374	15.393	15.412	15.431	15.450	840
850	15.450	15.469	15.488	15.507	15.526	15.545	15.564	15.583	15.602	15.621	15.640	850
860	15.640	15.659	15.678	15.697	15.716	15.735	15.754	15.773	15.792	15.811	15.830	860
870	15.830	15.849	15.868	15.887	15.906	15.925	15.944	15.963	15.982	16.001	16.020	870
880	16.020	16.038	16.057	16.076	16.095	16.114	16.133	16.152	16.171	16.190	16.208	880
890	16.208	16.227	16.246	16.265	16.284	16.303	16.322	16.340	16.359	16.378	16.397	890
900	16.397	16.416	16.435	16.453	16.472	16.491	16.510	16.529	16.547	16.566	16.585	900
910	16.585	16.604	16.623	16.641	16.660	16.679	16.698	16.716	16.735	16.754	16.773	910
920	16.773	16.791	16.810	16.829	16.848	16.866	16.885	16.904	16.923	16.941	16.960	920
930	16.960	16.979	16.997	17.016	17.035	17.053	17.072	17.091	17.109	17.128	17.147	930
940	17.147	17.165	17.184	17.203	17.221	17.240	17.258	17.277	17.296	17.314	17.333	940
950	17.333	17.352	17.370	17.389	17.407	17.426	17.444	17.463	17.482	17.500	17.519	950
960	17.519	17.537	17.556	17.574	17.593	17.611	17.630	17.648	17.667	17.686	17.704	960
970	17.704	17.723	17.741	17.760	17.778	17.796	17.815	17.833	17.852	17.870	17.889	970
980	17.889	17.907	17.926	17.944	17.963	17.981	17.999	18.018	18.036	18.055	18.073	980
990	18.073	18.092	18.110	18.128	18.147	18.165	18.184	18.202	18.220	18.239	18.257	990
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO C

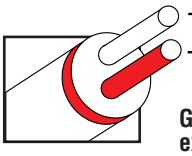
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°C

Tungsteno - 5% Renio vs. Tungsteno - 26% Renio



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 32 a 4208 °F
– 0 a 2320 °C

Grado de extensión
32 a 1600 °F
0 a 8700 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 4.5 °C a 425 °C 1.0%
a 2320 °C
Especial: NO ESTABLECIDO

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Vacío, inerte; hidrógeno; Tenga cuidado con la fragilización; No es práctico al Inferior 750°F; No para una atmósfera oxidante
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
1000	18.257	18.275	18.294	18.312	18.330	18.349	18.367	18.385	18.404	18.422	18.440	1000
1010	18.440	18.459	18.477	18.495	18.513	18.532	18.550	18.568	18.587	18.605	18.623	1010
1020	18.623	18.641	18.660	18.678	18.696	18.714	18.732	18.751	18.769	18.787	18.805	1020
1030	18.805	18.824	18.842	18.860	18.878	18.896	18.914	18.933	18.951	18.969	18.987	1030
1040	18.987	19.005	19.023	19.041	19.060	19.078	19.096	19.114	19.132	19.150	19.168	1040
1050	19.168	19.186	19.204	19.223	19.241	19.259	19.277	19.295	19.313	19.331	19.349	1050
1060	19.349	19.367	19.385	19.403	19.421	19.439	19.457	19.475	19.493	19.511	19.529	1060
1070	19.529	19.547	19.565	19.583	19.601	19.619	19.637	19.655	19.673	19.691	19.709	1070
1080	19.709	19.727	19.744	19.762	19.780	19.798	19.816	19.834	19.852	19.870	19.888	1080
1090	19.888	19.905	19.923	19.941	19.959	19.977	19.995	20.013	20.030	20.048	20.066	1090
1100	20.066	20.084	20.102	20.120	20.137	20.155	20.173	20.191	20.208	20.226	20.066	1100
1110	20.244	20.262	20.279	20.297	20.315	20.333	20.350	20.368	20.386	20.404	20.421	1110
1120	20.421	20.439	20.457	20.474	20.492	20.510	20.527	20.545	20.563	20.580	20.598	1120
1130	20.598	20.616	20.633	20.651	20.669	20.686	20.704	20.721	20.739	20.757	20.774	1130
1140	20.774	20.792	20.809	20.827	20.845	20.862	20.880	20.897	20.915	20.932	20.950	1140
1150	20.950	20.967	20.985	21.002	21.020	21.037	21.055	21.072	21.090	21.107	21.125	1150
1160	21.125	21.142	21.160	21.177	21.195	21.212	21.230	21.247	21.265	21.282	21.299	1160
1170	21.299	21.317	21.334	21.352	21.369	21.386	21.404	21.421	21.439	21.456	21.473	1170
1180	21.473	21.491	21.508	21.525	21.543	21.560	21.577	21.595	21.612	21.629	21.647	1180
1190	21.647	21.664	21.681	21.698	21.716	21.733	21.750	21.768	21.785	21.802	21.819	1190
1200	21.819	21.837	21.854	21.871	21.888	21.905	21.923	21.940	21.957	21.974	21.991	1200
1210	21.991	22.009	22.026	22.043	22.060	22.077	22.094	22.112	22.129	22.146	22.163	1210
1220	22.163	22.180	22.197	22.214	22.231	22.249	22.266	22.283	22.300	22.317	22.334	1220
1230	22.334	22.35	22.368	22.385	22.402	22.419	22.436	22.453	22.470	22.487	22.504	1230
1240	22.504	22.521	22.538	22.555	22.572	22.589	22.606	22.623	22.640	22.657	22.674	1240
1250	22.674	22.691	22.708	22.725	22.742	22.759	22.776	22.792	22.809	22.826	22.843	1250
1260	22.843	22.860	22.877	22.894	22.911	22.928	22.944	22.961	22.978	22.995	23.012	1260
1270	23.012	23.029	23.045	23.062	23.079	23.096	23.113	23.129	23.146	23.163	23.180	1270
1280	23.180	23.196	23.213	23.230	23.247	23.263	23.280	23.297	23.314	23.330	23.347	1280
1290	23.347	23.364	23.380	23.397	23.414	23.431	23.447	23.464	23.481	23.497	23.514	1290
1300	23.514	23.530	23.547	23.564	23.580	23.597	23.614	23.630	23.647	23.663	23.680	1300
1310	23.680	23.697	23.713	23.730	23.746	23.763	23.779	23.796	23.812	23.829	23.846	1310
1320	23.846	23.862	23.879	23.895	23.912	23.928	23.945	23.961	23.978	23.994	24.010	1320
1330	24.010	24.027	24.043	24.060	24.076	24.093	24.109	24.126	24.142	24.158	24.175	1330
1340	24.175	24.191	24.208	24.224	24.240	24.257	24.273	24.290	24.306	24.322	24.339	1340
1350	24.339	24.355	24.371	24.388	24.404	24.420	24.437	24.453	24.46	24.485	24.502	1350
1360	24.502	24.518	24.534	24.551	24.567	24.583	24.599	24.616	24.632	24.648	24.664	1360
1370	24.664	24.680	24.697	24.713	24.729	24.745	24.762	24.778	24.794	24.810	24.826	1370
1380	24.826	24.842	24.859	24.875	24.891	24.907	24.923	24.939	24.955	24.971	24.988	1380
1390	24.988	25.004	25.020	25.036	25.052	25.068	25.084	25.100	25.116	24.132	25.148	1390
1400	25.148	25.164	25.180	25.196	25.212	25.228	25.244	25.260	25.276	25.292	25.308	1400
1410	25.308	25.324	25.340	25.356	25.372	25.388	25.404	25.420	25.436	25.452	25.468	1410
1420	25.468	25.484	25.500	25.516	25.532	25.547	25.563	25.579	25.595	25.611	25.627	1420
1430	25.627	25.643	25.658	25.674	25.690	25.706	25.722	25.738	25.753	25.769	25.785	1430
1440	25.785	25.801	25.817	25.832	25.848	25.864	25.880	25.896	25.911	25.927	25.943	1440
1450	25.943	25.959	25.974	25.990	26.006	26.021	26.037	26.053	26.069	26.084	26.100	1450
1460	26.100	26.116	26.131	26.147	26.163	26.178	26.194	26.209	26.225	26.241	26.256	1460
1470	26.256	26.272	26.288	26.303	26.319	26.334	26.350	26.366	26.381	26.397	26.412	1470
1480	26.412	26.428	26.443	26.459	26.474	26.490	26.505	26.521	26.537	26.552	26.568	1480
1490	26.568	26.583	26.599	26.614	26.629	26.645	26.660	26.676	26.691	26.707	26.722	1490
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
1500	26.722	26.738	26.753	26.768	26.784	26.799	26.815	26.830	26.845	26.861	26.876	1500
1510	26.876	26.892	26.907	26.922	26.938	26.953	26.968	26.984	26.999	27.014	27.030	1510
1520	27.030	27.045	27.060	27.076	27.091	27.106	27.121	27.137	27.152	27.167	27.183	1520
1530	27.183	27.198	27.213	27.228	27.244	27.259	27.274	27.289	27.304	27.320	27.335	1530
1540	27.335	27.350	27.365	27.380	27.396	27.411	27.426	27.441	27.456	27.471	27.486	1540
1550	27.486	27.502	27.517	27.532	27.547	27.562	27.577	27.592	27.607	27.622	27.637	1550
1560	27.637	27.653	27.668	27.683	27.698	27.713	27.728	27.743	27.758	27.773	27.788	1560
1570	27.788	27.803	27.818	27.833	27.848	27.863	27.878	27.893	27.908	27.923	27.938	1570
1580	27.938	27.953	27.968	27.983	27.997	28.012	28.027	28.042	28.057	28.072	28.087	1580
1590	28.087	28.102	28.117	28.132	28.146	28.161	28.176	28.191	28.206	28.221	28.236	1590
1600	28.236	28.250	28.265	28.280	28.295	28.310	28.324	28.339	28.354	28.369	28.384	1600
1610	28.384	28.398	28.413	28.428	28.443	28.457	28.472	28.487	28.502	28.516	28.531	1610
1620	28.531	28.546	28.560	28.575	28.590	28.604	28.619	28.634	28.648	28.663	28.678	1620
1630	28.678	28.692	28.707	28.722	28.736	28.751	28.765	28.780	28.795	28.809	28.824	1630
1640	28.824	28.838	28.853	28.868	28.882	28.897	28.911	28.926	28.940	28.955	28.969	1640
1650	28.969	28.984	28.998	29.013	29.027	29.042	29.056	29.071	29.085	29.100	29.114	1650
1660	29.114	29.129	29.143	29.158	29.172	29.187	29.201	29.215	29.230	29.244	29.259	1660
1670	29.259	29.273	29.287	29.302	29.316	29.331	29.345	29.359	29.374	29.388	29.402	1670
1680	29.402	29.417	29.431	29.445	29.460	29.474	29.488	29.503	29.517	29.531	29.546	1680
1690	29.546	29.560	29.574	29.588	29.603	29.617	29.631	29.645	29.660	29.674	29.688	1690
1700	29.688	29.702	29.716	29.731	29.745	29.759	29.773	29.787	29.802	29.816	29.830	1700
1710	29.830	29.844	29.858	29.872	29.886	29.901	29.915	29.929	29.943	29.957	29.971	1710
1720	29.971	29.985	29.999	30.013	30.027	30.041	30.056	30.070	30.084	30.098	30.112	1720
1730	30.112	30.126	30.140	30.154	30.168	30.182	30.196	30.210	30.224	30.238	30.252	1730
1740	30.252	30.266	30.280	30.294	30.308	30.321	30.335	30.349	30.363	30.377	30.391	1740
1750	30.391	30.405	30.419	30.433	30.447	30.460	30.474	30.488	30.502	30.516	30.530	1750
1760	30.530	30.544	30.557	30.571	30.585	30.599	30.613	30.627	20.640	30.654	30.668	1760
1770	30.668	30.682	30.695	30.709	30.723	30.737	30.750	30.764	30.778	30.792	30.805	1770
1780	30.805	30.819	30.833	30.846	30.860	30.874	30.887	30.901	30.915	20.928	30.942	1780
1790	30.942	30.956	30.969	30.983	30.997	31.010	31.024	31.038	31.051	31.065	31.078	1790
1800	31.078	31.092	31.105	31.119	31.133	31.146	31.160	31.173	31.187	31.200	31.214	1800
1810	31.214	31.227	31.241	31.254	31.268	31.281	31.295	31.308	31.322	31.335	31.349	1810
1820	31.349	31.362	31.376	31.389	31.403	31.416	31.429	31.443	31.456	31.470	31.483	1820
1830	31.483	31.496	31.510	31.523	31.536	31.550	31.563	31.577	31.590	31.603	31.617	1830
1840	31.617	31.630	31.643	31.656	31.670	31.683	31.696	31.710	31.723	31.736	31.749	1840
1850	31.749	31.763	31.776	31.789	31.802	31.816	31.829	31.842	31.855	31.869	31.882	1850
1860	31.882	31.895	31.908	31.921	31.934	31.948	31.961	31.974	31.987	32.000	32.013	1860
1870	32.013	32.026	32.040	32.053	32.066	32.079	32.092	32.105	32.118	32.131	32.144	1870
1880	32.144	32.157	32.170	31.183	32.196	32.209	32.222	32.235	32.248	32.261	32.274	1880
1890	32.274	32.287	32.300	31.313	32.326	32.339	32.352	32.365	32.378	32.391	32.404	1890
1900	32.404	32.417	32.430	32.443	32.456	32.468	32.481	32.494	32.507	32.520	32.533	1900
1910	32.533	32.546	32.558	32.571	32.584	32.597	32.610	32.623	32.635	32.648	32.661	1910
1920	32.661	32.674	32.686	32.699	32.712	32.725	32.737	32.750	32.763	32.776	32.788	1920
1930	32.788	32.801	32.814	32.826	32.839	32.852	32.864	32.877	32.890	32.902	32.915	1930
1940	32.915	32.928	32.940	32.953	32.966	32.978	32.991	33.003	33.016	33.028	33.041	1940
1950	33.041	33.054	33.066	33.079	33.091	33.104	33.116	33.129	33.141	33.154	33.166	1950
1960	33.166	33.179	33.191	33.204	33.216	33.229	33.241	33.254	33.266	33.278	33.291	1960
1970	33.291	33.303	33.316	33.328	33.341	33.353	33.365	33.378	33.390	33.402	33.415	1970
1980	33.415	33.427	33.439	33.452	33.464	33.476	33.489	33.501	33.513	33.525	33.538	1980
1990	33.538	33.550	33.562	33.575	33.587	33.599	33.611	33.623	33.636	33.648	33.660	1990
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
– 32 a 4208 °F
– 0 a 2320 °C

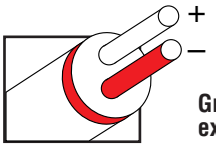
Grado de extensión
32 a 1600 °F
0 a 8700 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 4.5 °C a 425 °C 1.0%
a 2320 °C
Especial: NO ESTABLECIDO

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Vacío, inerte; hidrógeno; Tenga cuidado con la fragilización; No es práctico al Inferior 750 °F; No para una atmósfera oxidante
TEMPERATURA EN GRADOS °C
UNIÓN DE REFERENCIA 0 °C

°C

Tungsteno - 5% Renio vs. Tungsteno - 26% Renio



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO C

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
2000	33.660	33.672	33.684	33.697	33.709	33.721	33.733	33.745	33.757	33.769	33.782	2000
2010	33.782	33.794	33.806	33.818	33.830	33.842	33.854	33.866	33.878	33.890	33.902	2010
2020	33.902	33.914	33.926	33.938	33.950	33.962	33.974	33.986	33.998	34.010	34.022	2020
2030	34.022	34.034	34.046	34.058	34.070	34.082	34.094	34.106	34.118	34.130	34.142	2030
2040	34.142	34.153	34.165	34.177	34.189	34.201	34.213	34.225	34.236	34.248	34.260	2040
2050	34.260	34.272	34.284	34.295	34.307	34.319	34.331	34.342	34.354	34.366	34.378	2050
2060	34.378	34.389	34.401	34.413	34.424	34.436	34.448	34.459	34.471	34.483	34.494	2060
2070	34.494	34.506	34.518	34.529	34.541	34.552	34.564	34.576	34.587	34.599	34.610	2070
2080	34.610	34.622	34.633	34.645	34.656	34.668	34.679	34.691	34.702	34.714	34.725	2080
2090	34.725	34.737	34.748	34.760	34.771	34.782	34.794	34.805	34.817	34.828	34.839	2090
2100	34.839	34.851	34.862	34.874	34.885	34.896	34.908	34.919	34.930	34.942	34.953	2100
2110	34.953	34.964	34.975	34.987	34.998	35.009	35.020	35.032	35.043	35.054	35.065	2110
2120	35.065	35.077	35.088	35.099	35.110	35.121	35.132	34.144	35.155	35.166	35.177	2120
2130	35.177	35.188	35.199	35.210	35.221	35.232	35.243	35.254	35.265	35.277	35.288	2130
2140	35.288	35.299	35.310	35.321	35.332	35.343	35.353	35.364	35.375	35.386	35.397	2140
2150	35.397	35.408	35.419	35.430	35.441	35.452	35.463	35.474	35.484	35.495	35.506	2150
2160	35.506	35.517	35.528	35.539	35.549	35.560	35.571	35.582	35.592	35.603	35.614	2160
2170	35.614	35.625	35.635	35.646	35.657	35.668	35.678	35.689	35.700	35.710	35.721	2170
2180	35.721	35.731	35.742	35.753	35.763	35.774	35.784	35.795	35.806	35.816	35.827	2180
2190	35.827	35.837	35.848	35.858	35.869	35.879	35.890	35.900	35.911	35.921	35.932	2190
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
2200	35.932	35.942	35.953	35.963	35.973	35.984	35.994	36.004	36.015	36.025	36.036	2200
2210	36.036	36.04636-056		36.067	36.077	36.087	36.097	36.108	36.118	36.128	36.138	2210
2220	36.138	36.149	36.159	36.169	36.179	36.189	36.200	36.210	36.220	36.230	36.240	2220
2230	36.240	36.250	36.260	36.271	36.281	36.291	36.301	36.311	36.321	36.331	36.341	2230
2240	36.341	36.351	36.361	36.371	36.381	36.391	36.401	36.411	36.421	36.431	36.441	2240
2250	36.441	36.451	36.460	36.470	36.480	36.49036-500		36.510	36.520	36.529	36.539	2250
2260	36.539	36.549	36.559	36.569	36.578	36.588	36.598	36.608	36.617	36.627	36.637	2260
2270	36.637	36.646	36.656	36.666	36.675	36.685	36.695	36.704	36.714	36.723	36.733	2270
2280	36.733	36.743	36.752	36.762	36.771	36.781	36.790	36.800	36.809	36.819	36.828	2280
2290	36.828	36.838	36.847	36.857	36.866	36.875	36.885	36.894	36.903	36.913	36.922	2290
2300	36.922	36.932	36.941	36.950	36.959	36.969	36.978	36.987	36.997	37.006	37.015	2300
2310	37.015	37.024	37.033	37.043	37.052	37.061	37.070	37.079	37.088	37.097	37.107	2310
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO C

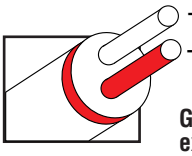
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Tungsteno - 5% Renio vs. Tungsteno - 26% Renio



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
-32 a 4208 °F
-0 a 2320 °C

Grado de extensión
32 a 1600 °F
0 a 870 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 4.5 °C a 425 °C 1.0% a 2320 °C
Especial: NO ESTABLECIDO

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Vacío, inerte; hidrógeno; Tenga cuidado con la fragilización; No es práctico al Inferior 750 °F; No para una atmósfera oxidante
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
0	-0.234	-0.227	-0.220	-0.213	-0.206	-0.198	-0.191	-0.184	-0.177	-0.169	-0.162	0
10	-0.162	-0.155	-0.148	-0.140	-0.133	-0.126	-0.118	-0.111	-0.104	-0.096	-0.089	10
20	-0.089	-0.082	-0.074	-0.067	-0.060	-0.052	-0.045	-0.037	-0.030	-0.023	-0.015	20
30	-0.015	-0.008	0.000	0.007	0.014	0.022	0.029	0.037	0.044	0.052	0.059	30
40	0.059	0.067	0.074	0.082	0.089	0.097	0.104	0.112	0.120	0.127	0.135	40
50	0.135	0.142	0.150	0.157	0.165	0.173	0.180	0.188	0.196	0.203	0.211	50
60	0.211	0.218	0.226	0.234	0.241	0.249	0.257	0.264	0.272	0.280	0.288	60
70	0.288	0.295	0.303	0.311	0.319	0.326	0.334	0.342	0.350	0.357	0.365	70
80	0.365	0.373	0.381	0.389	0.396	0.404	0.412	0.420	0.428	0.436	0.443	80
90	0.443	0.451	0.459	0.467	0.475	0.483	0.491	0.499	0.506	0.514	0.522	90
100	0.522	0.530	0.538	0.546	0.554	0.562	0.570	0.578	0.586	0.594	0.522	100
110	0.602	0.610	0.618	0.626	0.634	0.642	0.650	0.658	0.666	0.674	0.682	10
120	0.682	0.690	0.698	0.706	0.714	0.723	0.731	0.739	0.747	0.755	0.763	120
130	0.763	0.771	0.779	0.788	0.796	0.804	0.812	0.820	0.828	0.837	0.845	130
140	0.845	0.853	0.861	0.869	0.878	0.886	0.894	0.902	0.911	0.919	0.927	140
150	0.927	0.935	0.944	0.952	0.960	0.968	0.977	0.985	0.993	1.002	1.010	150
160	1.010	1.018	1.027	1.035	1.043	1.052	1.060	1.068	1.077	1.085	1.093	160
170	1.093	1.102	1.110	1.119	1.127	1.135	1.144	1.152	1.161	1.169	1.178	170
180	1.178	1.186	1.194	1.203	1.211	1.220	1.228	1.237	1.245	1.254	1.262	180
190	1.262	1.271	1.279	1.288	1.296	1.305	1.313	1.322	1.330	1.339	1.348	190
200	1.348	1.356	1.365	1.373	1.382	1.390	1.399	1.408	1.416	1.425	1.434	200
210	1.434	1.442	1.451	1.459	1.468	1.477	1.485	1.494	1.503	1.511	1.520	210
220	1.520	1.529	1.537	1.546	1.555	1.563	1.572	1.581	1.590	1.598	1.607	220
230	1.607	1.616	1.625	1.633	1.642	1.651	1.660	1.668	1.677	1.686	1.695	230
240	1.695	1.703	1.712	1.721	1.730	1.739	1.748	1.756	1.765	1.774	1.783	240
250	1.783	1.792	1.801	1.809	1.818	1.827	1.836	1.845	1.854	1.863	1.872	250
260	1.872	1.880	1.889	1.898	1.907	1.916	1.925	1.934	1.943	1.952	1.961	260
270	1.961	1.970	1.979	1.988	1.997	2.006	2.015	2.024	2.033	2.042	2.051	270
280	2.051	2.060	2.069	2.078	2.087	2.096	2.105	2.114	2.123	2.132	2.141	280
290	2.141	2.150	2.159	2.168	2.177	2.186	2.195	2.204	2.213	2.223	2.232	290
300	2.232	2.241	2.250	2.259	2.268	2.277	2.286	2.295	2.305	2.314	2.323	300
310	2.323	2.332	2.341	2.350	2.360	2.369	2.378	2.387	2.396	2.405	2.415	310
320	2.415	2.424	2.433	2.442	2.451	2.461	2.470	2.479	2.488	2.498	2.507	320
330	2.507	2.516	2.525	2.535	2.544	2.553	2.562	2.572	2.581	2.590	2.600	330
340	2.600	2.609	2.618	2.628	2.637	2.646	2.655	2.665	2.674	2.683	2.693	340
350	2.693	2.702	2.711	2.721	2.730	2.740	2.749	2.758	2.768	2.777	2.786	350
360	2.786	2.796	2.805	2.815	2.824	2.833	2.843	2.852	2.862	2.871	2.880	360
370	2.880	2.890	2.899	2.909	2.918	2.928	2.937	2.947	2.956	2.965	2.975	370
380	2.975	2.984	2.994	3.003	3.013	3.022	3.032	3.041	3.051	3.060	3.070	380
390	3.070	3.079	3.089	3.098	3.108	3.118	3.127	3.137	3.146	3.156	3.165	390
400	3.165	3.175	3.184	3.194	3.204	3.213	3.223	3.232	3.242	3.251	3.261	400
410	3.261	3.271	3.280	3.290	3.299	3.309	3.319	3.328	3.338	3.348	3.357	410
420	3.357	3.367	3.376	3.386	3.396	3.405	3.415	3.425	3.434	3.444	3.454	420
430	3.454	3.463	3.473	3.483	3.492	3.502	3.512	3.522	3.531	3.541	3.551	430
440	3.551	3.560	3.570	3.580	3.590	3.599	3.609	3.619	3.629	3.638	3.648	440
450	3.648	3.658	3.668	3.677	3.687	3.697	3.707	3.716	3.726	3.736	3.746	450
460	3.746	3.756	3.765	3.775	3.785	3.795	3.805	3.814	3.824	3.834	3.844	460
470	3.844	3.854	3.864	3.873	3.883	3.893	3.903	3.913	3.923	3.932	3.942	470
480	3.942	3.952	3.962	3.972	3.982	3.992	4.002	4.011	4.021	4.031	4.041	480
490	4.041	4.051	4.061	4.071	4.081	4.091	4.101	4.110	4.120	4.130	4.140	490
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
500	4.140	4.150	4.160	4.170	4.180	4.190	4.200	4.210	4.220	4.230	4.240	500
510	4.240	4.250	4.260	4.270	4.280	4.290	4.299	4.309	4.319	4.329	4.339	510
520	4.339	4.349	4.359	4.369	4.379	4.389	4.399	4.410	4.420	4.430	4.440	520
530	4.440	4.450	4.460	4.470	4.480	4.490	4.500	4.510	4.520	4.530	4.540	530
540	4.540	4.550	4.560	4.570	4.580	4.590	4.600	4.610	4.621	4.631	4.641	540
550	4.641	4.651	4.661	4.671	4.681	4.691	4.701	4.711	4.722	4.732	4.742	550
560	4.742	4.752	4.762	4.772	4.782	4.792	4.803	4.813	4.823	4.833	4.843	560
570	4.843	4.853	4.863	4.874	4.884	4.894	4.904	4.914	4.924	4.935	4.945	570
580	4.945	4.955	4.965	4.975	4.985	4.996	5.006	5.016	5.026	5.036	5.047	580
590	5.047	5.057	5.067	5.077	5.087	5.098	5.108	5.118	5.128	5.139	5.149	590
600	5.149	5.159	5.169	5.180	5.190	5.200	5.210	5.220	5.231	5.241	5.251	600
610	5.251	5.261	5.272	5.282	5.292	5.303	5.313	5.323	5.333	5.344	5.354	610
620	5.354	5.364	5.375	5.385	5.395	5.405	5.416	5.426	5.436	5.447	5.457	620
630	5.457	5.467	5.478	5.488	5.498	5.508	5.519	5.529	5.539	5.550	5.560	630
640	5.560	5.570	5.581	5.591	5.601	5.612	5.622	5.632	5.643	5.653	5.664	640
650	5.664	5.674	5.684	5.695	5.705	5.715	5.726	5.736	5.746	5.757	5.767	650
660	5.767	5.778	5.788	5.798	5.809	5.819	5.830	5.840	5.850	5.861	5.871	660
670	5.871	5.882	5.892	5.902	5.913	5.923	5.934	5.944	5.954	5.965	5.975	670
680	5.975	5.986	5.996	6.007	6.017	6.027	6.038	6.048	6.059	6.069	6.080	680
690	6.080	6.090	6.100	6.111	6.121	6.132	6.142	6.153	6.163	6.174	6.184	690
700	6.184	6.195	6.205	6.216	6.226	6.236	6.247	6.257	6.268	6.278	6.289	700
710	6.289	6.299	6.310	6.320	6.331	6.341	6.352	6.362	6.373	6.383	6.394	710
720	6.394	6.404	6.415	6.425	6.436	6.446	6.457	6.467	6.478	6.488	6.499	720
730	6.499	6.509	6.520	6.531	6.541	6.552	6.562	6.573	6.583	6.594	6.604	730
740	6.604	6.615	6.625	6.636	6.646	6.657	6.668	6.678	6.689	6.699	6.710	740
750	6.710	6.720	6.731	6.741	6.752	6.763	6.773	6.784	6.794	6.805	6.815	750
760	6.815	6.826	6.837	6.847	6.858	6.868	6.879	6.890	6.900	6.911	6.921	760
770	6.921	6.932	6.943	6.953	6.964	6.974	6.985	6.996	7.006	7.017	7.027	770
780	7.027	7.038	7.049	7.059	7.070	7.080	7.091	7.102	7.112	7.123	7.134	780
790	7.134	7.144	7.155	7.165	7.176	7.187	7.197	7.208	7.219	7.229	7.240	790
800	7.240	7.250	7.261	7.272	7.282	7.293	7.304	7.314	7.325	7.336	7.346	800
810	7.346	7.357	7.368	7.378	7.389	7.400	7.410	7.421	7.432	7.442	7.453	810
820	7.453	7.464	7.474	7.485	7.496	7.506	7.517	7.528	7.538	7.549	7.560	820
830	7.560	7.570	7.581	7.592	7.602	7.613	7.624	7.634	7.645	7.656	7.667	830
840	7.667	7.677	7.688	7.699	7.709	7.720	7.731	7.741	7.752	7.763	7.774	840
850	7.774	7.784	7.795	7.806	7.816	7.827	7.838	7.849	7.859	7.870	7.881	850
860	7.881	7.891	7.902	7.913	7.924	7.934	7.945	7.956	7.966	7.977	7.988	860
870	7.988	7.999	8.009	8.020	8.031	8.042	8.052	8.063	8.074	8.085	8.095	870
880	8.095	8.106	8.117	8.127	8.138	8.149	8.160	8.170	8.181	8.192	8.203	880
890	8.203	8.213	8.224	8.235	8.246	8.256	8.267	8.278	8.289	8.300	8.310	890
900	8.310	8.321	8.332	8.343	8.353	8.364	8.375	8.386	8.396	8.407	8.418	900
910	8.418	8.429	8.439	8.450	8.461	8.472	8.483	8.493	8.504	8.515	8.526	910
920	8.526	8.536	8.547	8.558	8.569	8.580	8.590	8.601	8.612	8.623	8.633	920
930	8.633	8.644	8.655	8.666	8.677	8.687	8.698	8.709	8.720	8.731	8.741	930
940	8.741	8.752	8.763	8.774	8.785	8.795	8.806	8.817	8.828	8.839	8.849	940
950	8.849	8.860	8.871	8.882	8.893	8.903	8.914	8.925	8.936	8.947	8.957	950
960	8.957	8.968	8.979	8.990	9.001	9.011	9.022	9.033	9.044	9.055	9.066	960
970	9.066	9.076	9.087	9.098	9.109	9.120	9.130	9.141	9.152	9.163	9.174	970
980	9.174	9.185	9.195	9.206	9.217	9.228	9.239	9.250	9.260	9.271	9.282	980
990	9.282	9.293	9.304	9.314	9.325	9.336	9.347	9.358	9.369	9.379	9.390	990
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
-32 a 4208 °F
-0 a 2320 °C

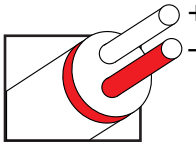
Grado de extensión
32 a 1600 °F
0 a 870 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 4.5 °C a 425 °C 1.0% a 2320 °C
Especial: NO ESTABLECIDO

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Vacío, inerte; hidrógeno; Tenga cuidado con la fragilización; No es práctico al Inferior 750 °F; No para una atmósfera oxidante
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

°F

Tungsteno - 5% Renio vs. Tungsteno - 26% Renio



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO C

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1000	9.390	9.401	9.412	9.423	9.434	9.444	9.455	9.466	9.477	9.488	9.499	1000
1010	9.499	9.509	9.520	9.531	9.542	9.553	9.564	9.575	9.585	9.596	9.607	1010
1020	9.607	9.618	9.629	9.640	9.650	9.661	9.672	9.683	9.694	9.705	9.715	1020
1030	9.715	9.726	9.737	9.748	9.759	9.770	9.781	9.791	9.802	9.813	9.824	1030
1040	9.824	9.835	9.846	9.857	9.867	9.878	9.889	9.900	9.911	9.922	9.932	1040
1050	9.932	9.943	9.954	9.965	9.976	9.987	9.998	10.008	10.019	10.030	9.932	1050
1060	10.041	10.052	10.063	10.074	10.084	10.095	10.106	10.117	10.128	10.139	10.150	1060
1070	10.150	10.160	10.171	10.182	10.193	10.204	10.215	10.226	10.236	10.247	10.258	1070
1080	10.258	10.269	10.280	10.291	10.302	10.312	10.323	10.334	10.345	10.356	10.367	1080
1090	10.367	10.378	10.388	10.399	10.410	10.421	10.432	10.443	10.454	10.464	10.475	1090
1100	10.475	10.486	10.497	10.508	10.519	10.530	10.541	10.551	10.562	10.573	10.584	1100
1110	10.584	10.595	10.606	10.617	10.627	10.638	10.649	10.660	10.671	10.682	10.693	1110
1120	10.693	10.703	10.714	10.725	10.736	10.747	10.758	10.769	10.780	10.790	10.801	1120
1130	10.801	10.812	10.823	10.834	10.845	10.856	10.866	10.877	10.888	10.899	10.910	1130
1140	10.910	10.921	10.932	10.942	10.953	10.964	10.975	10.986	10.997	11.008	11.019	1140
1150	11.019	11.029	11.040	11.051	11.062	11.073	11.084	11.095	11.105	11.116	11.127	1150
1160	11.127	11.138	11.149	11.160	11.171	11.181	11.192	11.203	11.214	11.225	11.236	1160
1170	11.236	11.247	11.257	11.268	11.279	11.290	11.301	11.312	11.323	11.333	11.344	1170
1180	11.344	11.355	11.366	11.377	11.388	11.399	11.409	11.420	11.431	11.442	11.453	1180
1190	11.453	11.464	11.475	11.485	11.496	11.507	11.518	11.529	11.540	11.551	11.561	1190
1200	11.561	11.572	11.583	11.594	11.605	11.616	11.627	11.637	11.648	11.659	11.670	1200
1210	11.670	11.681	11.692	11.702	11.713	11.724	11.735	11.746	11.757	11.768	11.778	1210
1220	11.778	11.789	11.800	11.811	11.822	11.833	11.844	11.854	11.865	11.876	11.887	1220
1230	11.887	11.898	11.909	11.919	11.930	11.941	11.952	11.963	11.974	11.984	11.995	1230
1240	11.995	12.006	12.017	12.028	12.039	12.050	12.060	12.071	12.082	12.093	12.104	1240
1250	12.104	12.115	12.125	12.136	12.147	12.158	12.169	12.180	12.190	12.201	12.212	1250
1260	12.212	12.223	12.234	12.245	12.255	12.266	12.277	12.288	12.299	12.310	12.320	1260
1270	12.320	12.331	12.342	12.353	12.364	12.374	12.385	12.396	12.407	12.418	12.429	1270
1280	12.429	12.439	12.450	12.461	12.472	12.483	12.494	12.504	12.515	12.526	12.537	1280
1290	12.537	12.548	12.558	12.569	12.580	12.591	12.602	12.612	12.623	12.634	12.645	1290
1300	12.645	12.656	12.667	12.677	12.688	12.699	12.710	12.721	12.731	12.742	12.753	1300
1310	12.753	12.764	12.775	12.785	12.796	12.807	12.818	12.829	12.839	12.850	12.861	1310
1320	12.861	12.872	12.883	12.893	12.904	12.915	12.926	12.937	12.947	12.958	12.969	1320
1330	12.969	12.980	12.991	13.001	13.012	13.023	13.034	13.045	13.055	13.066	13.077	1330
1340	13.077	13.088	13.098	13.109	13.120	13.131	13.142	13.152	13.163	13.174	13.185	1340
1350	13.185	13.196	13.206	13.217	13.228	13.239	13.249	13.260	13.271	13.282	13.292	1350
1360	13.292	13.303	13.314	13.325	13.336	13.346	13.357	13.368	13.379	13.389	13.400	1360
1370	13.400	13.411	13.422	13.432	13.443	13.454	13.465	13.476	13.486	13.497	13.508	1370
1380	13.508	13.519	13.529	13.540	13.551	13.562	13.572	13.583	13.594	13.605	13.615	1380
1390	13.615	13.626	13.637	13.648	13.658	13.669	13.680	13.691	13.701	13.712	13.723	1390
1400	13.723	13.734	13.744	13.755	13.766	13.776	13.787	13.798	13.809	13.819	13.830	1400
1410	13.830	13.841	13.852	13.862	13.873	13.884	13.895	13.905	13.916	13.927	13.937	1410
1420	13.937	13.948	13.959	13.970	13.980	13.991	14.002	14.012	14.023	14.034	14.045	1420
1430	14.045	14.055	14.066	14.077	14.087	14.098	14.109	14.120	14.130	14.141	14.152	1430
1440	14.152	14.162	14.173	14.184	14.195	14.205	14.216	14.227	14.237	14.248	14.259	1440
1450	14.259	14.269	14.280	14.291	14.302	14.312	14.323	14.334	14.344	14.355	14.366	1450
1460	14.366	14.376	14.387	14.398	14.408	14.419	14.430	14.440	14.451	14.462	14.472	1460
1470	14.472	14.483	14.494	14.504	14.515	14.526	14.536	14.547	14.558	14.569	14.579	1470
1480	14.579	14.590	14.601	14.611	14.622	14.632	14.643	14.654	14.664	14.675	14.686	1480
1490	14.686	14.696	14.707	14.718	14.728	14.739	14.750	14.760	14.771	14.782	14.792	1490
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
1500	14.792	14.803	14.814	14.824	14.835	14.846	14.856	14.867	14.877	14.888	14.899	1500
1510	14.899	14.909	14.920	14.931	14.941	14.952	14.962	14.973	14.984	14.994	15.005	1510
1520	15.005	15.016	15.026	15.037	15.047	15.058	15.069	15.079	15.090	15.101	15.111	1520
1530	15.111	15.122	15.132	15.143	15.154	15.164	15.175	15.185	15.196	15.207	15.217	1530
1540	15.217	15.228	15.238	15.249	15.260	15.270	15.281	15.291	15.302	15.313	15.323	1540
1550	15.323	15.334	15.344	15.355	15.366	15.376	15.387	15.397	15.408	15.418	15.429	1550
1560	15.429	15.440	15.450	15.461	15.471	15.482	15.492	15.503	15.514	15.524	15.535	1560
1570	15.535	15.545	15.556	15.566	15.577	15.588	15.598	15.609	15.619	15.630	15.640	1570
1580	15.640	15.651	15.661	15.672	15.683	15.693	15.704	15.714	15.725	15.735	15.746	1580
1590	15.746	15.756	15.767	15.777	15.788	15.799	15.809	15.820	15.830	15.841	15.851	1590
1600	15.851	15.862	15.872	15.883	15.893	15.904	15.914	15.925	15.935	15.946	15.956	1600
1610	15.956	15.967	15.977	15.988	15.998	16.009	16.020	16.030	16.041	16.051	16.062	1610
1620	16.062	16.072	16.083	16.093	16.104	16.114	16.125	16.135	16.146	16.156	16.167	1620
1630	16.167	16.177	16.187	16.198	16.208	16.219	16.229	16.240	16.250	16.261	16.271	1630
1640	16.271	16.282	16.292	16.303	16.313	16.324	16.334	16.345	16.355	16.366	16.376	1640
1650	16.376	16.387	16.397	16.407	16.418	16.428	16.439	16.449	16.460	16.470	16.481	1650
1660	16.481	16.491	16.502	16.512	16.522	16.533	16.543	16.554	16.564	16.575	16.585	1660
1670	16.585	16.596	16.606	16.616	16.627	16.637	16.648	16.658	16.669	16.679	16.689	1670
1680	16.689	16.700	16.710	16.721	16.731	16.741	16.752	16.762	16.773	16.783	16.794	1680
1690	16.794	16.804	16.814	16.825	16.835	16.846	16.856	16.866	16.877	16.887	16.898	1690
1700	16.898	16.908	16.918	16.929	16.939	16.950	16.960	16.970	16.981	16.991	17.001	1700
1710	17.001	17.012	17.022	17.033	17.043	17.053	17.064	17.074	17.084	17.095	17.105	1710
1720	17.105	17.116	17.126	17.136	17.147	17.157	17.167	17.178	17.188	17.198	17.209	1720
1730	17.209	17.219	17.230	17.240	17.250	17.261	17.271	17.281	17.292	17.302	17.312	1730
1740	17.312	17.323	17.333	17.343	17.35	17.364	17.374	17.385	17.395	17.405	17.416	1740
1750	17.416	17.426	17.436	17.447	17.457	17.467	17.477	17.488	17.498	17.508	17.519	1750
1760	17.519	17.529	17.539	17.550	17.560	17.570	17.581	17.591	17.601	17.611	17.622	1760
1770	17.622	17.632	17.642	17.653	17.663	17.673	17.683	17.694	17.704	17.714	17.725	1770
1780	17.725	17.735	17.745	17.755	17.766	17.776	17.786	17.796	17.807	17.817	17.827	1780
1790	17.827	17.838	17.848	17.858	17.868	17.879	17.889	17.899	17.909	17.920	17.930	1790
1800	17.930	17.940	17.950	17.961	17.971	17.981	17.991	18.002	18.012	18.022	18.032	1800
1810	18.032	18.042	18.053	18.063	18.073	18.083	18.094	18.104	18.114	18.124	18.134	1810
1820	18.134	18.145	18.155	18.165	18.175	18.186	18.196	18.206	18.216	18.226	18.237	1820
1830	18.237	18.247	18.257	18.267	18.277	18.288	18.298	18.308	18.318	18.328	18.339	1830
1840	18.339	18.349	18.359	18.369	18.379	18.389	18.400	18.410	18.420	18.430	18.440	1840
1850	18.440	18.450	18.461	18.471	18.481	18.491	18.501	18.511	18.522	18.532	18.542	1850
1860	18.542	18.552	18.562	18.572	18.582	18.593	18.603	18.613	18.623	18.633	18.643	1860
1870	18.643	18.653	18.664	18.674	18.684	18.694	18.704	18.714	18.724	18.735	18.745	1870
1880	18.745	18.755	18.765	18.775	18.785	18.795	18.805	18.815	18.826	18.836	18.846	1880
1890	18.846	18.856	18.866	18.876	18.886	18.896	18.906	18.916	18.927	18.937	18.947	1890
1900	18.947	18.957	18.967	18.977	18.987	18.997	19.007	19.017	19.027	19.037	19.048	1990
1910	19.048	19.058	19.068	19.078	19.088	19.098	19.108	19.118	19.128	19.138	19.148	1910
1920	19.148	19.158	19.168	19.178	19.188	19.198	19.208	19.218	19.229	19.239	19.249	1920
1930	19.249	19.259	19.269	19.279	19.289	19.299	19.309	19.319	19.329	19.339	19.349	1930
1940	19.349	19.359	19.369	19.379	19.389	19.399	19.409	19.419	19.429	19.439	19.449	1940
1950	19.449	19.459	19.469	19.479	19.489	19.499	19.509	19.519	19.529	19.539	19.549	1950
1960	19.549	19.559	19.569	19.579	19.589	19.599	19.609	19.619	19.629	19.639	19.649	1960
1970	19.649	19.659	19.669	19.679	19.689	19.699	19.709	19.719	19.729	19.738	19.748	1970
1980	19.748	19.758	19.768	19.778	19.788	19.798	19.808	19.818	19.828	19.838	19.848	1980
1990	19.848	19.858	19.868	19.878	19.888	19.898	19.907	19.917	19.927	19.937	19.947	1990
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO C

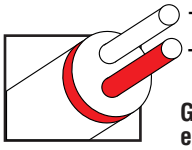
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Tungsteno - 5% Renio vs. Tungsteno - 26% Renio



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
-32 a 4208 °F
-0 a 2320 °C

Grado de extensión
32 a 1600 °F
0 a 870 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 4.5 °C a 425 °C 1.0% a 2320 °C
Especial: NO ESTABLECIDO

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Vacío, inerte; hidrógeno; Tenga cuidado con la fragilización; No es práctico al Inferior 750 °F; No para una atmósfera oxidante
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
2000	19.947	19.957	19.967	19.977	19.987	19.997	20.007	20.017	20.026	20.036	20.046	2000
2010	20.046	20.056	20.066	20.076	20.086	20.096	20.106	20.116	20.125	20.135	20.145	2010
2020	20.145	20.155	20.165	20.175	20.185	20.195	20.204	20.214	20.224	20.234	20.244	2020
2030	20.244	20.254	20.264	20.274	20.283	20.293	20.303	20.313	20.323	20.333	20.343	2030
2040	20.343	20.352	20.362	20.372	20.382	20.392	20.402	20.411	20.421	20.431	20.441	2040
2050	20.441	20.451	20.461	20.470	20.480	20.490	20.500	20.510	20.520	20.529	20.539	2050
2060	20.539	20.549	20.559	20.569	20.578	20.588	20.598	20.608	20.618	20.627	20.637	2060
2070	20.637	20.647	20.657	20.667	20.676	20.686	20.696	20.706	20.716	20.725	20.735	2070
2080	20.735	20.745	20.755	20.765	20.774	20.784	20.794	20.804	20.813	20.823	20.833	2080
2090	20.833	20.843	20.852	20.862	20.872	20.882	20.891	20.901	20.911	20.921	20.930	2090
2100	20.930	20.940	20.950	20.960	20.969	20.979	20.989	20.999	21.008	21.018	21.028	2100
2110	21.028	21.037	21.047	21.057	21.067	21.076	21.086	21.096	21.106	21.115	21.125	2110
2120	21.125	21.135	21.144	21.154	21.164	21.173	21.183	21.193	21.203	21.212	21.222	2120
2130	21.222	21.232	21.241	21.251	21.261	21.270	21.280	21.290	21.299	21.309	21.319	2130
2140	21.319	21.328	21.338	21.348	21.357	21.367	21.377	21.386	21.396	21.406	21.415	2140
2150	21.415	21.425	21.435	21.444	21.454	21.464	21.473	21.483	21.493	21.502	21.512	2150
2160	21.512	21.521	21.531	21.541	21.550	21.560	21.570	21.579	21.589	21.599	21.608	2160
2170	21.608	21.618	21.627	21.637	21.647	21.656	21.666	21.675	21.685	21.695	21.704	2170
2180	21.704	21.714	21.723	21.733	21.743	21.752	21.762	21.771	21.781	21.791	21.800	2180
2190	21.800	21.810	21.819	21.829	21.838	21.848	21.858	21.867	21.877	21.886	21.896	2190
2200	21.896	21.905	21.915	21.925	21.934	21.944	21.953	21.963	21.972	21.982	21.991	2200
2210	21.991	22.001	22.011	22.020	22.030	22.039	22.049	22.058	22.068	22.077	22.087	2210
2220	22.087	22.096	22.106	22.115	22.125	22.134	22.144	22.153	22.163	22.172	22.182	2220
2230	22.182	22.192	22.201	22.211	22.220	22.230	22.239	22.249	22.258	22.268	22.277	2230
2240	22.277	22.286	22.296	22.305	22.315	22.324	22.334	22.343	22.353	22.362	22.372	2240
2250	22.372	22.381	22.391	22.400	22.410	22.419	22.429	22.438	22.448	22.457	22.466	2250
2260	22.466	22.476	22.485	22.495	22.504	22.514	22.523	22.533	22.542	22.551	22.561	2260
2270	22.561	22.570	22.580	22.589	22.599	22.608	22.618	22.627	22.636	22.646	22.655	2270
2280	22.655	22.665	22.674	22.683	22.693	22.702	22.712	22.721	22.730	22.740	22.749	2280
2290	22.749	22.759	22.768	22.777	22.787	22.796	22.806	22.815	22.824	22.834	22.843	2290
2300	22.843	22.853	22.862	22.871	22.881	22.890	22.899	22.909	22.918	22.928	22.937	2300
2310	22.937	22.946	22.956	22.965	22.974	22.984	22.993	23.002	23.012	23.021	23.030	2310
2320	23.030	23.040	23.049	23.058	23.068	23.077	23.086	23.096	23.105	23.114	23.124	2320
2330	23.124	23.133	23.142	23.152	23.161	23.170	23.180	23.189	23.198	23.208	23.217	2330
2340	23.217	23.226	23.236	23.245	23.254	23.263	23.273	23.282	23.291	23.301	23.310	2340
2350	23.310	23.319	23.328	23.338	23.347	23.356	23.366	23.375	23.384	23.393	23.403	2350
2360	23.403	23.412	23.421	23.431	23.440	23.449	23.458	23.468	23.477	23.486	23.495	2360
2370	23.495	23.505	23.514	23.523	23.532	23.542	23.551	23.560	23.569	23.579	23.588	2370
2380	23.588	23.597	23.606	23.615	23.625	23.634	23.643	23.652	23.662	23.671	23.680	2380
2390	23.680	23.689	23.698	23.708	23.717	23.726	23.735	23.744	23.754	23.763	23.772	2390
2400	23.772	23.781	23.790	23.800	23.809	23.818	23.827	23.836	23.846	23.855	23.864	2400
2410	23.864	23.873	23.882	23.891	23.901	23.910	23.919	23.928	23.937	23.946	23.956	2410
2420	23.956	23.965	23.974	23.983	23.992	24.001	24.010	24.020	24.029	24.038	24.047	2420
2430	24.047	24.056	24.065	24.074	24.084	24.093	24.102	24.111	24.120	24.129	24.138	2430
2440	24.138	24.147	24.157	24.166	24.175	24.184	24.193	24.202	24.211	24.220	24.229	2440
2450	24.229	24.239	24.248	24.257	24.266	24.275	24.284	24.293	24.302	24.311	24.320	2450
2460	24.320	24.330	24.339	24.348	24.357	24.366	24.375	24.384	24.393	24.402	24.411	2460
2470	24.411	24.420	24.429	24.438	24.447	24.456	24.466	24.475	24.484	24.493	24.502	2470
2480	24.502	24.511	24.520	24.529	24.538	24.547	24.556	24.565	24.574	24.583	24.592	2480
2490	24.592	24.601	24.610	24.619	24.628	24.637	24.646	24.655	24.664	24.673	24.682	2490
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
2500	24.682	24.691	24.700	24.709	24.718	24.727	24.736	24.745	24.754	24.763	24.772	2500
2510	24.772	24.781	24.790	24.799	24.808	24.817	24.826	24.835	24.844	24.853	24.862	2510
2520	24.862	24.871	24.880	24.889	24.898	24.907	24.916	24.925	24.934	24.943	24.952	2520
2530	24.952	24.961	24.970	24.979	24.988	24.996	25.005	25.014	25.023	25.032	25.041	2530
2540	25.041	25.050	25.059	25.068	25.077	25.086	25.095	25.104	25.113	25.122	25.130	2540
2550	25.130	25.139	25.148	25.157	25.166	25.175	25.184	25.193	25.202	25.211	25.219	2550
2560	25.219	25.228	25.237	25.246	25.255	25.264	25.273	25.282	25.291	25.299	25.308	2560
2570	25.308	25.317	25.326	25.335	25.344	25.353	25.362	25.370	25.379	25.388	25.397	2570
2580	25.397	25.406	25.415	25.424	25.432	25.441	25.450	25.459	25.468	25.477	25.486	2580
2590	25.486	25.494	25.503	25.512	25.521	25.530	25.539	25.547	25.556	25.565	25.574	2590
2600	25.574	25.583	25.592	25.600	25.609	25.618	25.627	25.636	25.644	25.653	25.662	2600
2610	25.662	25.671	25.680	25.688	25.697	25.706	25.715	25.724	25.732	25.741	25.750	2610
2620	25.750	25.759	25.76	25.776	25.785	25.794	25.803	25.811	25.820	25.829	25.838	2620
2630	25.838	25.846	25.855	25.864	25.873	25.882	25.890	25.899	25.908	25.917	25.925	2630
2640	25.925	25.934	25.943	25.952	25.960	25.969	25.978	25.986	25.995	26.004	26.013	2640
2650	26.013	26.021	26.030	26.039	26.048	26.056	26.065	26.074	26.082	26.091	26.100	2650
2660	26.100	26.109	26.117	26.126	26.135	26.143	26.152	26.161	26.170	26.178	26.187	2660
2670	26.187	26.196	26.204	26.213	26.222	26.230	26.239	26.248	26.256	26.265	26.274	2670
2680	26.274	26.282	26.291	26.300	26.308	26.317	26.326	26.334	26.343	26.352	26.360	2680
2690	26.360	26.369	26.378	26.386	26.395	26.404	26.412	26.421	26.430	26.438	26.447	2690
2700	26.447	26.455	26.464	26.473	26.481	26.490	26.499	26.507	26.516	26.524	26.533	2700
2710	26.533	26.542	26.550	26.559	26.568	26.576	26.585	26.593	26.602	26.611	26.619	2710
2720	26.619	26.628	26.636	26.645	26.654	26.662	26.671	26.679	26.688	26.696	26.705	2720
2730	26.705	26.714	26.722	26.731	26.739	26.748	26.756	26.765	26.774	26.782	26.791	2730
2740	26.791	26.799	26.808	26.816	26.825	26.834	26.842	26.851	26.859	26.868	26.876	2740
2750	26.876	26.885	26.893	26.902	26.910	26.919	26.927	26.936	26.945	26.953	26.962	2750
2760	26.962	26.970	26.979	26.987	26.996	27.004	27.013	27.021	27.030	27.038	27.047	2760
2770	27.047	27.055	27.064	27.072	27.081	27.089	27.098	27.106	27.115	27.123	27.132	2770
2780	27.132	27.140	27.149	27.157	27.166	27.174	27.183	27.191	27.200	27.208	27.216	2780
2790	27.216	27.225	27.233	27.242	27.250	27.259	27.267	27.276	27.284	27.293	27.301	2790
2800	27.301	27.309	27.318	27.326	27.335	27.343	27.352	27.360	27.369	27.377	27.385	2800
2810	27.385	27.394	27.402	27.411	27.419	27.428	27.436	27.444	27.453	27.461	27.470	2810
2820	27.470	27.478	27.486	27.495	27.503	27.512	27.520	27.528	27.537	27.545	27.554	2820
2830	27.554	27.562	27.570	27.579	27.587	27.596	27.604	27.612	27.621	27.629	27.637	2830
2840	27.637	27.646	27.654	27.66327-671		27.679	27.688	27.696	27.704	27.713	27.721	2840
2850	27.721	27.729	27.738	27.746	27.755	27.763	27.771	27.780	27.788	27.796	27.805	2850
2860	27.805	27.813	27.821	27.830	27.838	27.846	27.855	27.863	27.871	27.880	27.888	2860
2870	27.888	27.896	27.904	27.913	27.921	27.929	27.938	27.946	27.954	27.963	27.971	2870
2880	27.971	27.979	27.988	27.996	28.004	28.012	28.021	28.029	28.037	28.046	28.054	2880
2890	28.054	28.062	28.070	28.079	28.087	28.095	28.103	28.112	28.120	28.128	28.137	2890
2900	28.137	28.145	28.153	28.161	28.170	28.178	28.186	28.194	28.203	28.211	28.219	2900
2910	28.219	28.227	28.236	28.244	28.252	28.260	28.268	28.277	28.285	28.293	28.301	2910
2920	28.301	28.310	28.318	28.326	28.334	28.342	28.351	28.359	28.367	28.375	28.384	2920
2930	28.384	28.392	28.400	28.408	28.416	28.425	28.433	28.441	28.449	28.457	28.466	2930
2940	28.466	28.474	28.482	28.490	28.498	28.506	28.515	28.523	28.531	28.539	28.547	2940
2950	28.547	28.555	28.564	28.572	28.580	28.588	28.596	28.604	28.613	28.621	28.629	2950
2960	28.629	28.637	28.645	28.653	28.661	28.670	28.678	28.686	28.694	28.702	28.710	2960
2970	28.710	28.718	28.727	28.725	28.743	28.751	28.759	28.767	28.775	28.783	28.791	2970
2980	28.791	28.800	28.808	28.816	28.824	28.832	28.840	28.848	28.856	28.864	28.872	2980
2990	28.872	28.881	28.889	28.897	28.905	28.913	28.921	28.929	28.937	28.945	28.953	2990
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
-32 a 4208 °F
-0 a 2320 °C

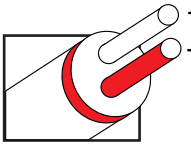
Grado de extensión
32 a 1600 °F
0 a 870 °C

LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 4.5 °C a 425 °C 1.0% a 2320 °C
Especial: NO ESTABLECIDO

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Vacío, inerte; hidrógeno; Tenga cuidado con la fragilización; No es práctico al Inferior 750 °F; No para una atmósfera oxidante
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

°F

Tungsteno - 5% Renio vs. Tungsteno - 26% Renio



Grado de extensión

Código de color IEC

Código de color ANSI

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO C

Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
3000	28.953	28.961	28.969	28.978	28.986	28.994	29.002	29.010	29.018	29.026	29.034	3000
3010	29.034	29.04229-050		29.058	29.066	29.074	29.082	29.090	29.098	29.106	29.114	3010
3020	29.114	29.122	29.130	29.138	29.147	29.155	29.163	29.171	29.179	29.187	29.195	3020
3030	29.195	29.203	29.211	29.219	29.227	29.235	29.243	29.251	29.259	29.267	29.275	3030
3040	29.275	29.283	29.291	29.299	29.307	29.315	29.323	29.331	29.339	29.347	29.355	3040
3050	29.355	29.363	29.371	29.379	29.386	29.394	29.402	29.410	29.418	29.426	29.434	3050
3060	29.434	29.442	29.450	29.458	29.466	29.474	29.482	29.490	29.498	29.506	29.514	3060
3070	29.514	29.522	29.530	29.538	29.546	29.553	29.561	29.569	29.577	29.585	29.593	3070
3080	29.593	29.601	29.609	29.617	29.625	29.633	29.641	29.648	29.656	29.664	29.672	3080
3090	29.672	29.680	29.688	29.696	29.704	29.712	29.720	29.727	29.735	29.743	29.751	3090
3100	29.751	29.759	29.767	29.775	29.783	29.791	29.798	29.806	29.814	29.822	29.830	3100
3110	29.830	29.838	29.846	29.853	29.861	29.869	29.877	29.885	29.893	29.901	29.908	3110
3120	29.908	29.916	29.924	29.932	29.940	29.948	29.955	29.963	29.971	29.979	29.987	3120
3130	29.987	29.995	30.002	30.010	30.018	30.026	30.034	30.041	30.049	30.057	30.065	3130
3140	30.065	30.073	30.081	30.088	30.096	30.104	30.112	30.119	30.127	30.135	30.143	3140
3150	30.143	30.151	30.158	30.166	30.174	30.182	30.190	30.197	30.205	30.213	30.221	3150
3160	30.221	30.228	30.236	30.244	30.252	30.259	30.267	30.275	30.283	30.290	30.298	3160
3170	30.298	30.306	30.314	30.321	30.329	30.337	30.345	30.352	30.360	30.368	30.376	3170
3180	30.376	30.383	30.391	30.399	30.406	30.414	30.422	30.430	30.437	30.445	30.453	3180
3190	30.453	30.460	30.468	30.476	30.484	30.491	30.499	30.507	30.514	40.522	30.530	3190
3200	30.530	30.537	30.545	30.553	30.561	30.568	30.576	30.584	30.591	30.599	30.607	3200
3210	30.607	30.614	30.622	30.630	30.637	30.645	30.653	30.660	30.668	30.676	30.683	3210
3220	30.683	30.691	30.698	30.706	30.714	30.721	30.729	30.737	30.744	30.752	30.760	3220
3230	30.760	30.767	30.775	30.782	30.790	30.798	30.805	30.813	30.821	30.828	30.836	3230
3240	30.836	30.843	30.851	30.859	30.866	30.874	30.881	30.889	30.897	30.904	30.912	3240
3250	30.912	30.919	30.927	30.935	30.942	30.950	30.957	30.965	30.972	30.980	30.988	3250
3260	30.988	30.995	31.003	31.010	31.018	31.025	31.033	31.041	31.048	31.056	31.063	3260
3270	31.063	31.071	31.078	31.086	31.093	31.101	31.109	31.116	31.124	31.131	31.139	3270
3280	31.139	31.146	31.154	31.161	31.169	31.176	31.184	31.191	31.199	31.206	31.214	3280
3290	31.214	31.221	31.229	31.236	31.244	31.251	31.259	31.266	31.274	31.281	31.289	3290
3300	31.289	31.296	31.304	31.311	31.319	31.326	31.334	31.341	31.349	31.356	31.364	3300
3310	31.364	31.371	31.379	31.386	31.394	31.401	31.408	31.416	31.423	31.431	31.438	3310
3320	31.438	31.446	31.453	31.461	31.468	31.476	31.483	31.490	31.498	31.505	31.513	3320
3330	31.513	31.520	31.528	31.535	31.542	31.550	31.557	31.565	31.572	31.580	31.587	3330
3340	31.587	31.594	31.602	31.609	31.617	31.624	31.631	31.639	31.646	31.654	31.661	3340
3350	31.661	31.668	31.676	31.683	31.690	31.698	31.705	31.713	31.720	31.727	31.735	3350
3360	31.735	31.742	31.749	31.757	31.764	31.772	31.779	31.786	31.794	31.801	31.808	3360
3370	31.808	31.816	31.823	31.830	31.838	31.845	31.852	31.860	31.867	31.874	31.882	3370
3380	31.882	31.889	31.896	31.904	31.911	31.918	31.926	31.933	31.940	31.948	31.955	3380
3390	31.955	31.962	31.969	31.977	31.984	31.991	31.999	32.006	32.013	32.021	32.028	3390
3400	32.028	32.035	32.042	32.050	32.057	32.064	32.072	32.079	32.086	32.093	32.101	3400
3410	32.101	32.108	32.115	32.122	32.130	32.137	32.144	32.151	32.159	32.166	32.173	3410
3420	32.173	32.180	32.188	32.195	32.202	32.209	32.217	32.224	32.231	32.238	32.246	3420
3430	32.246	32.253	32.260	32.267	32.274	32.282	32.289	32.296	32.303	32.310	32.318	3430
3440	32.318	32.325	32.332	32.339	32.346	32.354	32.361	32.368	32.375	32.382	32.390	3440
3450	32.390	32.397	32.404	32.411	32.418	32.425	32.433	32.440	32.447	32.454	32.461	3450
3460	32.461	32.468	32.476	32.483	32.490	32.497	32.504	32.511	32.518	32.526	32.533	3460
3470	32.533	32.540	32.547	32.554	32.561	32.568	32.576	32.583	32.590	32.597	32.604	3470
3480	32.604	32.611	32.618	32.625	32.632	32.640	32.647	32.654	32.661	32.668	32.675	3480
3490	32.675	32.682	32.689	32.696	32.703	32.711	32.718	32.725	31.732	32.739	32.746	3490
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
3500	32.746	32.753	32.760	32.767	32.774	32.781	32.788	32.795	32.802	32.809	32.817	3500
3510	32.817	32.824	32.831	32.838	32.845	32.852	32.859	32.866	32.873	32.880	32.887	3510
3520	32.887	32.894	32.901	32.908	32.915	32.922	32.929	32.936	32.943	32.950	32.957	3520
3530	32.957	32.964	32.971	32.978	32.985	32.992	32.999	33.006	33.013	33.020	33.027	3530
3540	33.027	33.034	33.041	33.048	33.055	33.062	33.069	33.07633-083		33.090	33.097	3540
3550	33.097	33.104	33.111	33.118	33.125	33.132	33.139	33.146	33.152	33.159	33.166	3550
3560	33.166	33.173	33.180	33.187	33.194	33.201	33.208	33.215	33.222	33.229	33.236	3560
3570	33.236	33.243	33.249	33.256	33.263	33.270	33.277	33.284	33.291	33.298	33.305	3570
3580	33.305	33.312	33.318	33.325	33.332	33.339	33.346	33.353	33.360	33.367	33.374	3580
3590	33.374	33.380	33.387	33.394	33.401	33.408	33.415	33.422	33.428	33.435	33.442	3590
3600	33.442	33.449	33.456	33.463	33.469	33.476	33.483	33.490	33.497	33.504	33.510	3600
3610	33.510	33.517	33.524	33.531	33.538	33.545	33.551	33.558	33.565	33.572	33.579	3610
3620	33.579	33.585	33.592	33.599	33.606	33.613	33.619	33.626	33.633	33.640	33.647	3620
3630	33.647	33.653	33.660	33.667	33.674	33.680	33.687	33.694	33.701	33.707	33.714	3630
3640	33.714	33.721	33.728	33.734	33.741	33.748	33.755	33.761	33.768	33.775	33.782	3640
3650	33.782	33.788	33.795	33.802	33.809	33.815	33.822	33.829	33.835	33.842	33.849	3650
3660	33.849	33.856	33.862	33.869	33.876	33.88233:889		33.896	33.902	33.909	33.916	3660
3670	33.916	33.922	33.929	33.936	33.942	33.949	33.956	33.962	33.969	33.976	33.982	3670
3680	33.982	33.989	33.996	34.002	34.009	34.016	34.022	34.029	34.036	34.042	34.049	3680
3690	34.049	34.056	34.06234-069		34.075	34.082	34.089	34.095	34.102	34.109	34.115	3690
3700	34.115	34.122	34.128	34.135	34.142	34.148	34.155	34.161	34.168	34.175	34.181	3700
3710	34.181	34.188	34.194	34.201	34.207	34.214	34.221	34.227	34.234	34.240	34.247	3710
3720	34.247	34.253	34.260	34.267	34.273	34.280	34.286	34.293	34.299	34.306	34.312	3720
3730	34.312	34.319	34.325	34.332	34.338	34.345	34.351	34.358	34.365	34.371	34.378	3730
3740	34.378	34.384	34.391	34.397	34.404	34.410	34.417	34.423	34.430	34.436	34.442	3740
3750	34.442	34.449	34.455	34.462	34.468	34.475	34.481	34.488	34.494	34.501	34.507	3750
3760	34.507	34.51434-520		34.527	34.533	34.539	34.546	34.552	34.559	34.565	34.572	3760
3770	34.572	34.578	34.585	34.591	34.597	34.604	34.610	34.617	34.623	34.629	34.636	3770
3780	34.636	34.642	34.649	34.655	34.661	34.668	34.674	34.681	34.687	34.693	34.700	3780
3790	34.700	34.706	34.713	34.719	34.725	34.732	34.738	34.744	34.751	34.757	34.763	3790
3800	34.763	34.770	34.776	34.782	34.789	34.795	34.802	34.808	34.814	34.821	34.827	3800
3810	34.827	34.833	34.839	34.846	34.852	34.858	34.865	34.871	34.877	34.884	34.890	3810
3820	34.890	34.896	34.903	34.909	34.915	34.921	34.928	34.934	34.940	34.947	34.953	3820
3830	34.953	34.959	34.965	34.972	34.978	34.984	34.990	34.997	35.003	35.009	35.015	3830
3840	35.015	35.022	35.028	35.034	35.040	35.047	35.053	35.059	35.065	35.072	35.078	3840
3850	35.078	35.084	35.090	35.096	35.103	35.109	35.115	35.121	35.127	35.134	35.140	3850
3860	35.140	35.146	35.152	35.158	35.165	35.171	35.177	35.183	35.189	35.195	35.202	3860
3870	35.202	35.208	35.214	35.220	35.226	35.132	35.238	35.245	35.251	35.257	35.263	3870
3880	35.263	35.269	35.275	35.281	35.288	35.294	35.300	35.306	35.312	35.318	35.324	3880
3890	35.324	35.330	35.336	35.343	35.349	35.355	35.361	35.367	35.373	35.379	35.385	3890
3900	35.385	35.391	35.397	35.403	35.409	35.415	35.422	35.428	35.434	35.440	35.446	3900
3910	35.446	35.452	35.458	35.464	35.470	35.476	35.482	35.488	35.494	35.500	35.506	3910
3920	35.506	35.512	35.518	35.524	35.530	35.536	35.542	35.548	35.554	35.560	35.566	3920
3930	35.566	35.572	35.578	35.584	35.590	35.596	35.602	35.608	35.614	35.620	35.626	3930
3940	35.626	35.632	35.638	35.644	35.650	35.656	35.662	35.668	35.673	35.679	35.685	3940
3950	35.685	35.691	35.697	35.703	35.709	35.715	35.721	35.727	35.733	35.739	35.744	3950
3960	35.744	35.750	35.756	35.762	35.768	35.774	35.780	35.786	35.792	35.797	35.803	3960
3970	35.803	35.809	35.815	35.821	35.827	35.833	35.838	35.844	35.850	35.856	35.862	3970
3980	35.862	35.868	35.873	35.879	35.885	35.891	35.897	35.903	35.908	35.914	35.920	3980
3990	35.920	35.926	35.932	35.937	35.943	35.949	35.955	35.961	35.966	35.972	35.978	3990
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

Tablas de Referencia de Termopar Revisadas

TIPO C

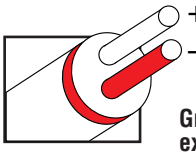
Tablas de Referencia NIST Monográfica 175 Revisada para ITS-90

Código de color ANSI

Código de color IEC

°F

Tungsteno - 5% Renio vs. Tungsteno - 26% Renio



Grado de extensión

MÁXIMO RANGO DE TEMPERATURA

Grado de termopar
-32 a 4208 °F
-0 a 2320 °C

Grado de extensión
32 a 1600 °F
0 a 870 °C

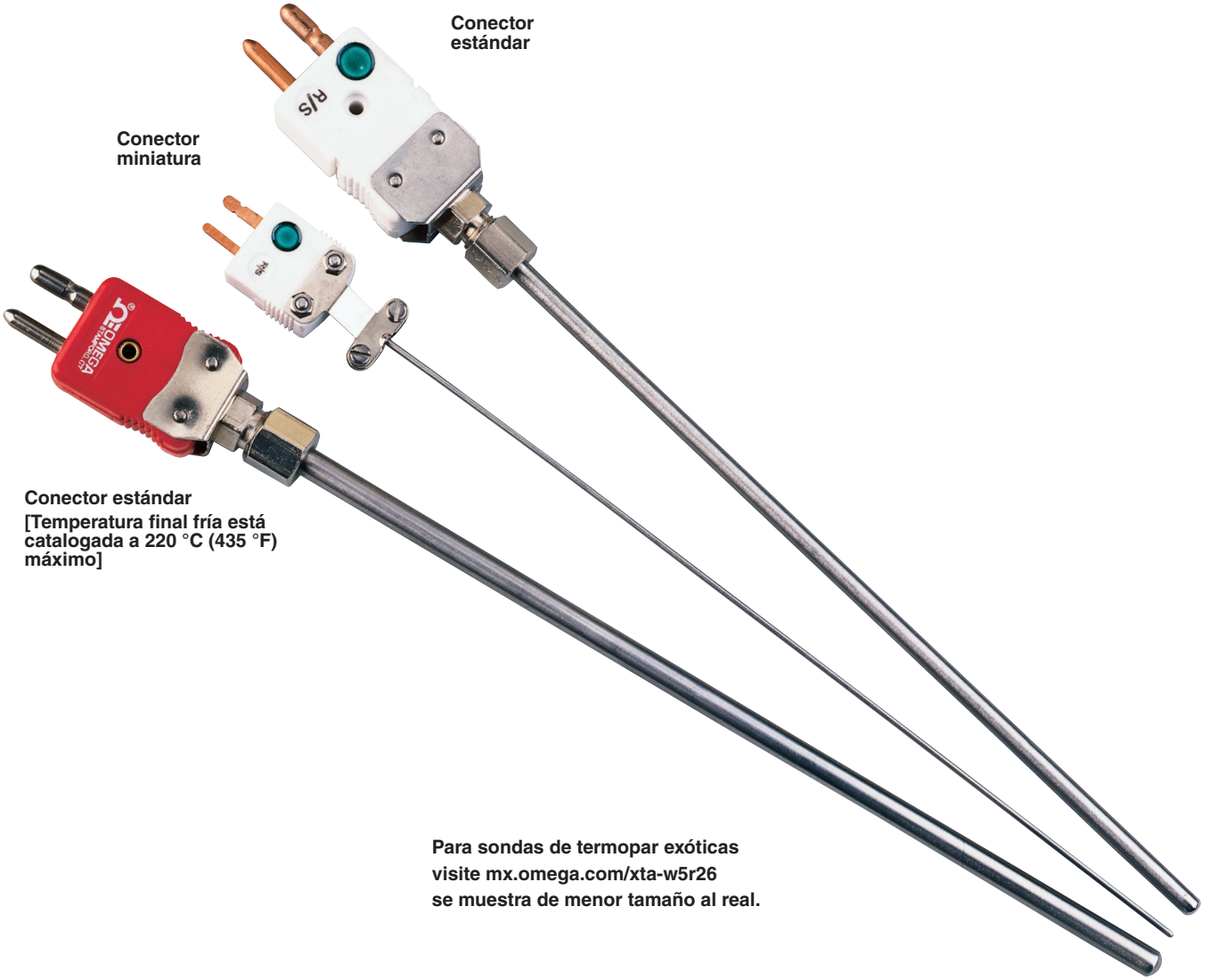
LÍMITES DE ERROR
(el que sea mayor)
Estándar: 4.5 °C a 425 °C 1.0% a 2320 °C
Especial: NO ESTABLECIDO

COMENTARIOS, AMBIENTE DE ALAMBRE DESCUBIERTO:
Vacío, inerte; hidrógeno; Tenga cuidado con la fragilización; No es práctico al Inferior 750 °F; No para una atmósfera oxidante
TEMPERATURA EN GRADOS °F
UNIÓN DE REFERENCIA 32 °F

Tensión Termoeléctrica en mili voltios

°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
4000	35.978	35.984	35.989	35.995	36.001	36.007	36.013	36.018	36.024	36.030	36.036	4000
4010	36.036	36.041	36.04736:053		36.058	36.064	36.070	36.076	36.081	36.087	36.093	4010
4020	36.093	36.099	36.104	36.110	36.116	36.12136-127		36.133	36.138	36.144	36.150	4020
4030	36.150	36.155	36.161	36.167	36.172	36.178	36.184	36.189	36.195	36.201	36.206	4030
4040	36.206	36.212	36.218	36.223	36.229	36.235	36.240	36.246	36.251	36.257	36.263	4040
4050	36.263	36.268	36.274	36.280	36.285	36.291	36.296	36.302	36.308	36.313	36.319	4050
4060	36.319	36.324	36.330	36.335	36.341	36.347	36.352	36.358	36.363	36.369	36.374	4060
4070	36.374	36.380	36.385	36.391	36.397	36.402	36.408	36.413	36.419	36.424	36.430	4070
4080	36.430	36.435	36.441	36.446	36.452	36.457	36.463	36.468	36.474	36.479	36.485	4080
4090	36.485	36.490	36.496	36.501	36.507	36.512	36.51736:523		36.528	36.534	36.539	4090
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F

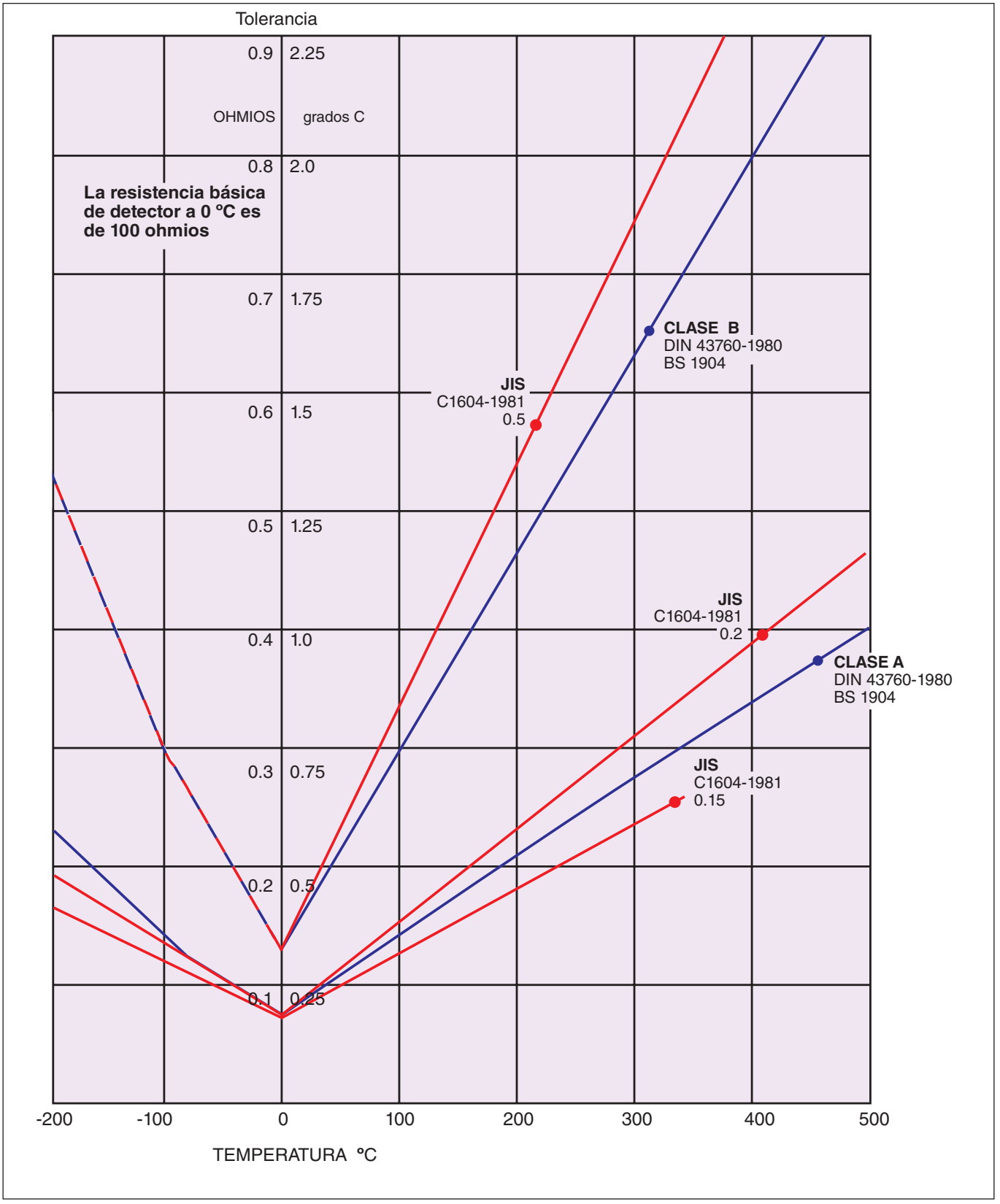
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F
4100	36.539	36.545	36.550	36.55636-561		36.566	36.572	36.577	36.583	36.588	36.594	4100
4110	36.594	36.599	36.604	36.610	36.615	36.621	36.626	36.631	36.637	36.642	36.647	4110
4120	36.647	36.653	36.658	36.664	36.669	36.674	36.680	36.685	36.690	36.696	36.701	4120
4130	36.701	36.706	36.712	36.717	36.722	36.728	36.733	36.738	36.744	36.749	36.754	4130
4140	36.754	36.760	36.765	36.770	36.775	36.781	36.786	36.791	36.797	36.802	36.807	4140
4150	36.807	36.812	36.818	36.823	36.828	36.833	36.839	36.844	36.849	36.854	36.860	4150
4160	36.860	36.865	36.870	36.875	36.881	36.886	36.891	36.896	36.901	36.907	36.912	4160
4170	36.912	36.917	36.922	36.927	36.933	36.938	36.943	36.948	36.953	36.958	36.964	4170
4180	36.964	36.969	36.974	36.979	36.984	36.989	36.994	37.000	37.005	37.010	37.015	4180
4190	37.015	37.020	37.025	37.030	37.035	37.041	37.046	37.051	37.056	37.061	37.066	4190
°F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°F



Para sondas de termopar exóticas visite mx.omega.com/xta-w5r26 se muestra de menor tamaño al real.

Detectores de temperatura de resistencia de platino

Gráfico de tolerancia de intercambiabilidad de detectores



Tablas de RTD

De acuerdo con DIN EN 60751 para Clase B y Clase A

Tablas de Resistencia Vs Temperatura
De acuerdo con DIN EN 60751 para Clase B y Clase A

α = 0.00385 per ITS-90

t ≥ 0 °C :

$R(t) = R_0 \cdot (1 + A \cdot t + B \cdot t^2)$

con

$A = 3{,}9083 \cdot 10^{-3}\,°C^{-1}$

$B = -5{,}775 \cdot 10^{-7}\,°C^{-2}$

$R_0 = 100\Omega$

t < 0 °C :

$R(t) = R_0 \cdot [1 + A \cdot t + B \cdot t^2 + C \cdot (t - 100°C) \cdot t^3)$

con

$A = 3.9083 \cdot 10^{-3}\,°C^{-1}$

$B = -5.775 \cdot 10^{-7}\,°C^{-2}$

$C = -4.183 \cdot 10^{-12}\,°C^{-4}$

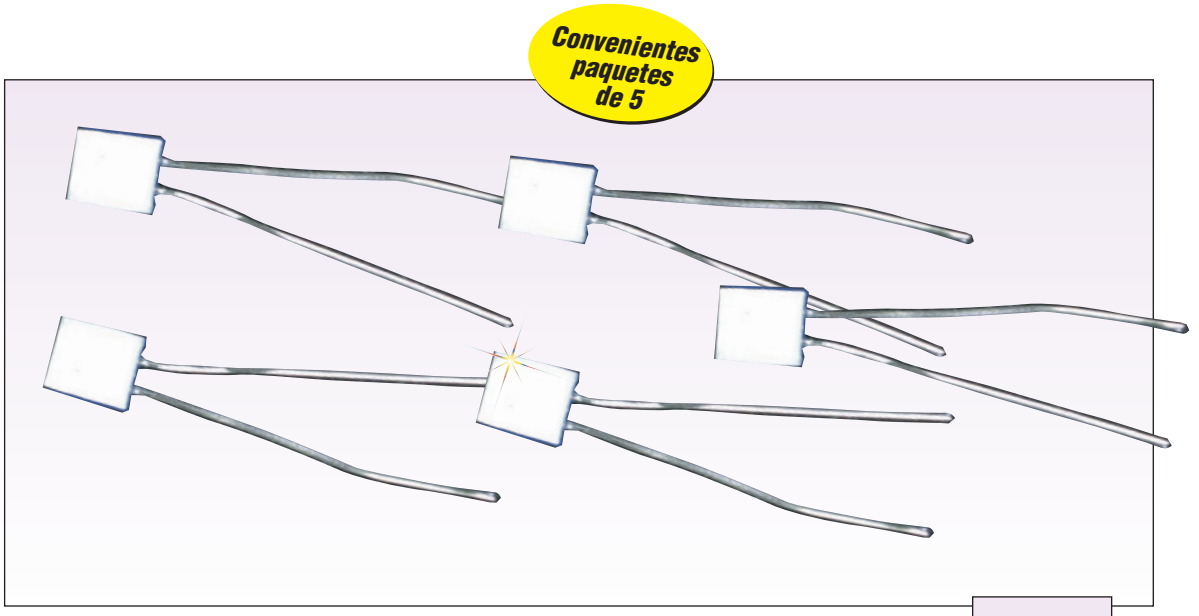
$R_0 = 100\Omega$

Clase B:

$dt = \pm(0.3 + 0.005 \cdot |t|)°C$

Clase A

$dt = \pm(0.15 + 0.002 \cdot |t|)°C$



5RTD-F3105, se muestra más grande que el tamaño real, visite mx.omega.com



Tabla de Temperatura RTD vs. Resistencia

Para curva europea, Alfa = 0.00385, ITS-90 **Incrementos de 1° Celsius**

°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.
-200	18.52		-140	43.88	0.42	-80	68.33	0.41	-20	92.16	0.39	± 0	100.00	0.39	+60	123.24	0.38
199	18.96	0.44	139	44.29	0.41	79	68.73	0.40	19	92.55	0.39	+ 1	100.39	0.39	61	123.62	0.38
198	19.39	0.43	138	44.71	0.42	78	69.13	0.40	18	92.95	0.40	2	100.78	0.39	62	124.01	0.39
197	19.82	0.43	137	45.12	0.41	77	69.53	0.40	17	93.34	0.39	3	101.17	0.39	63	124.39	0.38
196	20.25	0.43	136	45.53	0.41	76	69.93	0.40	16	93.73	0.39	4	101.56	0.39	64	124.77	0.38
195	20.68	0.43	135	45.95	0.42	75	70.33	0.40	15	94.12	0.39	5	101.95	0.39	65	125.17	0.40
194	21.11	0.43	134	46.35	0.40	74	70.73	0.40	14	94.52	0.40	6	102.34	0.39	66	125.55	0.38
193	21.54	0.43	133	46.76	0.41	73	71.13	0.40	13	94.91	0.39	7	102.73	0.39	67	125.93	0.38
192	21.97	0.43	132	47.18	0.42	72	71.53	0.40	12	95.30	0.39	8	103.12	0.39	68	126.32	0.39
191	22.40	0.43	131	47.59	0.41	71	71.93	0.40	11	95.69	0.39	9	103.51	0.39	69	126.70	0.38
190	22.83	0.43	130	48.00	0.41	70	72.33	0.40	10	96.09	0.40	10	103.90	0.39	70	127.08	0.38
189	23.26	0.43	129	48.41	0.41	69	72.73	0.40	9	96.48	0.39	11	104.29	0.39	71	127.46	0.38
188	23.69	0.43	128	48.82	0.41	68	73.13	0.40	8	96.87	0.39	12	104.68	0.39	72	127.85	0.39
187	24.12	0.43	127	49.23	0.41	67	73.53	0.40	7	97.26	0.39	13	105.07	0.39	73	128.23	0.38
186	24.55	0.43	126	49.64	0.41	66	73.93	0.40	6	97.65	0.39	14	105.46	0.39	74	128.61	0.38
185	24.97	0.42	125	50.06	0.42	65	74.33	0.40	5	98.04	0.39	15	105.85	0.39	75	128.99	0.38
184	25.39	0.42	124	50.47	0.41	64	74.73	0.40	4	98.44	0.40	16	106.24	0.39	76	129.38	0.39
183	25.82	0.43	123	50.88	0.41	63	75.13	0.40	3	98.83	0.39	17	106.63	0.39	77	129.76	0.38
182	26.25	0.43	122	51.29	0.41	62	75.53	0.40	2	99.22	0.39	18	107.02	0.39	78	130.14	0.38
181	26.67	0.42	121	51.70	0.41	61	75.93	0.40	1	99.61	0.39	19	107.40	0.38	79	130.52	0.38
180	27.10	0.43	120	52.11	0.41	60	76.33	0.40				20	107.79	0.39	80	130.90	0.38
179	27.52	0.42	119	52.52	0.41	59	76.73	0.40				21	108.18	0.39	81	131.28	0.38
178	27.95	0.43	118	52.92	0.40	58	77.13	0.40				22	108.57	0.39	82	131.67	0.39
177	28.37	0.42	117	53.33	0.41	57	77.52	0.39				23	108.96	0.39	83	132.05	0.38
176	28.80	0.43	116	53.74	0.41	56	77.92	0.40				24	109.35	0.39	84	132.43	0.38
175	29.22	0.42	115	54.15	0.41	55	78.32	0.40				25	109.73	0.38	85	132.81	0.38
174	29.65	0.43	114	54.56	0.41	54	78.72	0.40				26	110.12	0.39	86	133.19	0.38
173	30.07	0.42	113	54.97	0.41	53	79.11	0.39				27	110.51	0.39	87	133.57	0.38
172	30.49	0.42	112	55.38	0.41	52	79.51	0.40				28	110.90	0.39	88	133.95	0.38
171	30.92	0.43	111	55.78	0.40	51	79.91	0.40				29	111.28	0.38	89	134.33	0.38
170	31.34	0.42	110	56.19	0.41	50	80.31	0.40				30	111.67	0.39	90	134.71	0.38
169	31.76	0.42	109	56.60	0.41	49	80.70	0.39				31	112.06	0.39	91	135.09	0.38
168	32.18	0.42	108	57.00	0.40	48	81.10	0.40				32	112.45	0.39	92	135.47	0.38
167	32.61	0.43	107	57.41	0.41	47	81.50	0.40				33	112.83	0.38	93	135.85	0.38
166	33.03	0.42	106	57.82	0.41	46	81.89	0.39				34	113.22	0.39	94	136.23	0.38
165	33.45	0.42	105	58.22	0.40	45	82.29	0.40				35	113.61	0.39	95	136.61	0.38
164	33.86	0.41	104	58.63	0.41	44	82.69	0.40				36	113.99	0.38	96	136.99	0.38
163	34.28	0.42	103	59.04	0.41	43	83.08	0.39				37	114.38	0.39	97	137.37	0.38
162	34.70	0.42	102	59.44	0.40	42	83.48	0.40				38	114.77	0.39	98	137.75	0.38
161	35.12	0.42	101	59.85	0.41	41	83.88	0.40				39	115.15	0.38	99	138.13	0.38
160	35.54	0.42	100	60.26	0.41	40	84.27	0.39				40	115.54	0.39	100	138.51	0.38
159	35.96	0.42	99	60.67	0.41	39	84.67	0.40				41	115.93	0.39	101	138.89	0.38
158	36.38	0.42	98	61.07	0.40	38	85.06	0.39				42	116.31	0.38	102	139.27	0.38
157	36.80	0.42	97	61.48	0.41	37	85.46	0.40				43	116.70	0.39	103	139.65	0.38
156	37.22	0.42	96	61.87	0.41	36	85.85	0.39				44	117.08	0.38	104	140.03	0.38
155	37.63	0.41	95	62.29	0.42	35	86.25	0.40				45	117.47	0.39	105	140.39	0.36
154	38.05	0.42	94	62.69	0.40	34	86.64	0.39				46	117.85	0.38	106	140.77	0.38
153	38.47	0.42	93	63.10	0.41	33	87.04	0.40				47	118.24	0.39	107	141.15	0.38
152	38.89	0.42	92	63.50	0.40	32	87.43	0.39				48	118.62	0.38	108	141.53	0.38
151	39.31	0.42	91	63.91	0.41	31	87.83	0.40				49	119.01	0.39	109	141.91	0.38
150	39.72	0.41	90	64.30	0.39	30	88.22	0.39				50	119.40	0.39	110	142.29	0.38
149	40.14	0.42	89	64.70	0.40	29	88.62	0.40				51	119.78	0.38	111	142.66	0.37
148	40.56	0.42	88	65.11	0.41	28	89.01	0.39				52	120.16	0.38	112	143.04	0.38
147	40.97	0.41	87	65.51	0.40	27	89.40	0.39				53	120.55	0.39	113	143.42	0.38
146	41.39	0.42	86	65.91	0.40	26	89.80	0.40				54	120.93	0.38	114	143.80	0.38
145	41.80	0.41	85	66.31	0.40	25	90.19	0.39				55	121.32	0.39	115	144.18	0.38
144	42.22	0.42	84	66.72	0.41	24	90.59	0.40				56	121.70	0.38	116	144.56	0.38
143	42.64	0.42	83	67.12	0.40	23	90.98	0.39				57	122.09	0.39	117	144.94	0.38
142	43.05	0.41	82	67.52	0.40	22	91.37	0.39				58	122.47	0.38	118	145.32	0.38
141	43.46	0.41	81	67.92	0.40	21	91.77	0.40				59	122.86	0.39	119	145.69	0.37

Nota: A 100 °C, la resistencia es de 138.50 ohmios. **(DIN 43 760)**

Tabla de Temperatura
RTD vs. Resistencia

Para curva europea, Alfa = 0.00385, ITS-90 **Incrementos de 1° Celsius**

°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.
+120	146.07	0.38	+180	168.48	0.37	+240	190.47	0.36	+300	212.05	0.36	+360	233.21	0.35	+420	253.96	0.34
121	146.45	0.38	181	168.85	0.37	241	190.83	0.36	301	212.40	0.35	361	233.56	0.35	421	254.30	0.34
122	146.82	0.37	182	169.22	0.37	242	191.20	0.37	302	212.76	0.36	362	233.91	0.35	422	254.65	0.35
123	147.20	0.38	183	169.59	0.37	243	191.56	0.36	303	213.12	0.36	363	234.26	0.35	423	254.99	0.34
124	147.58	0.38	184	169.96	0.37	244	191.92	0.36	304	213.47	0.35	364	234.60	0.36	424	255.33	0.34
125	147.95	0.37	185	170.33	0.37	245	192.28	0.36	305	213.83	0.36	365	234.95	0.35	425	255.67	0.34
126	148.33	0.38	186	170.69	0.36	246	192.66	0.38	306	214.19	0.36	366	235.30	0.35	426	256.01	0.34
127	148.71	0.38	187	171.06	0.37	247	193.02	0.36	307	214.55	0.36	367	235.65	0.35	427	256.35	0.34
128	149.08	0.37	188	171.43	0.37	248	193.38	0.36	308	214.90	0.35	368	236.00	0.35	428	256.70	0.35
129	149.46	0.38	189	171.80	0.37	249	193.74	0.36	309	215.26	0.36	369	236.35	0.35	429	257.04	0.34
130	149.83	0.37	190	172.17	0.37	250	194.10	0.36	310	215.61	0.35	370	236.70	0.35	430	257.38	0.34
131	150.21	0.38	191	172.54	0.37	251	194.47	0.37	311	215.97	0.36	371	237.05	0.35	431	257.72	0.34
132	150.58	0.37	192	172.91	0.37	252	194.83	0.36	312	216.32	0.35	372	237.40	0.35	432	258.06	0.34
133	150.96	0.38	193	173.27	0.36	253	195.19	0.36	313	216.68	0.36	373	237.75	0.35	433	258.40	0.34
134	151.34	0.38	194	173.64	0.37	254	195.55	0.36	314	217.03	0.35	374	238.09	0.34	434	258.74	0.34
135	151.71	0.37	195	174.01	0.37	255	195.90	0.35	315	217.39	0.36	375	238.44	0.35	435	259.08	0.34
136	152.09	0.38	196	174.39	0.38	256	196.26	0.36	316	217.73	0.34	376	238.79	0.35	436	259.42	0.34
137	152.46	0.37	197	174.75	0.36	257	196.62	0.36	317	218.08	0.35	377	239.14	0.35	437	259.76	0.34
138	152.84	0.38	198	175.12	0.37	258	196.98	0.36	318	218.44	0.36	378	239.48	0.34	438	260.10	0.34
139	153.21	0.37	199	175.49	0.37	259	197.35	0.37	319	218.79	0.35	379	239.83	0.35	439	260.44	0.34
140	153.58	0.37	200	175.86	0.37	260	197.71	0.36	320	219.15	0.36	380	240.18	0.35	440	260.78	0.34
141	153.95	0.37	201	176.23	0.37	261	198.07	0.36	321	219.50	0.35	381	240.52	0.34	441	261.12	0.34
142	154.32	0.37	202	176.59	0.36	262	198.43	0.36	322	219.85	0.35	382	240.87	0.35	442	261.46	0.34
143	154.71	0.39	203	176.96	0.37	263	198.79	0.36	323	220.21	0.36	383	241.22	0.35	443	261.80	0.34
144	155.08	0.37	204	177.33	0.37	264	199.15	0.36	324	220.56	0.35	384	241.56	0.34	444	262.14	0.34
145	155.46	0.38	205	177.70	0.37	265	199.51	0.36	325	220.91	0.35	385	241.91	0.35	445	262.48	0.34
146	155.83	0.37	206	178.06	0.36	266	199.87	0.36	326	221.27	0.36	386	242.25	0.34	446	262.83	0.35
147	156.21	0.38	207	178.43	0.37	267	200.23	0.36	327	221.62	0.35	387	242.60	0.35	447	263.17	0.34
148	156.58	0.37	208	178.80	0.37	268	200.59	0.36	328	221.97	0.35	388	242.95	0.35	448	263.50	0.33
149	156.96	0.38	209	179.16	0.36	269	200.95	0.36	329	222.32	0.35	389	243.29	0.34	449	263.84	0.34
150	157.33	0.37	210	179.53	0.37	270	201.31	0.36	330	222.68	0.36	390	243.64	0.35	450	264.18	0.34
151	157.71	0.38	211	179.90	0.37	271	201.67	0.36	331	223.03	0.35	391	243.98	0.34	451	264.52	0.34
152	158.08	0.37	212	180.26	0.36	272	202.03	0.36	332	223.38	0.35	392	244.33	0.35	452	264.86	0.34
153	158.45	0.37	213	180.63	0.37	273	202.38	0.35	333	223.73	0.35	393	244.67	0.34	453	265.20	0.34
154	158.83	0.38	214	180.99	0.36	274	202.74	0.36	334	224.09	0.36	394	245.02	0.35	454	265.54	0.34
155	159.20	0.37	215	181.36	0.37	275	203.10	0.36	335	224.45	0.36	395	245.36	0.34	455	265.87	0.33
156	159.56	0.36	216	181.73	0.37	276	203.46	0.36	336	224.80	0.35	396	245.71	0.35	456	266.21	0.34
157	159.94	0.38	217	182.09	0.36	277	203.82	0.36	337	225.15	0.35	397	246.05	0.34	457	266.55	0.34
158	160.31	0.37	218	182.46	0.37	278	204.18	0.36	338	225.50	0.35	398	246.40	0.35	458	266.89	0.34
159	160.68	0.37	219	182.82	0.36	279	204.54	0.36	339	225.85	0.35	399	246.74	0.34	459	267.22	0.33
160	161.05	0.37	220	183.19	0.37	280	204.90	0.36	340	226.21	0.36	400	247.09	0.35	460	267.56	0.34
161	161.43	0.38	221	183.55	0.36	281	205.25	0.35	341	226.56	0.35	401	247.43	0.34	461	267.90	0.34
162	161.80	0.37	222	183.92	0.37	282	205.61	0.36	342	226.91	0.35	402	247.78	0.35	462	268.24	0.34
163	162.17	0.37	223	184.28	0.36	283	205.97	0.36	343	227.26	0.35	403	248.12	0.34	463	268.57	0.33
164	162.54	0.37	224	184.65	0.37	284	206.33	0.36	344	227.61	0.35	404	248.46	0.34	464	268.91	0.34
165	162.91	0.37	225	185.01	0.36	285	206.70	0.37	345	227.96	0.35	405	248.81	0.35	465	269.25	0.34
166	163.28	0.37	226	185.38	0.37	286	207.05	0.35	346	228.31	0.35	406	249.15	0.34	466	269.58	0.33
167	163.66	0.38	227	185.74	0.36	287	207.41	0.36	347	228.66	0.35	407	249.50	0.35	467	269.92	0.34
168	164.03	0.37	228	186.11	0.37	288	207.77	0.36	348	229.01	0.35	408	249.84	0.34	468	270.26	0.34
169	164.40	0.37	229	186.47	0.36	289	208.13	0.36	349	229.36	0.35	409	250.18	0.34	469	270.59	0.33
170	164.77	0.37	230	186.84	0.37	290	208.48	0.35	350	229.72	0.34	410	250.53	0.35	470	270.93	0.34
171	165.14	0.37	231	187.20	0.36	291	208.84	0.36	351	230.07	0.35	411	250.89	0.34	471	271.27	0.34
172	165.51	0.37	232	187.56	0.36	292	209.20	0.36	352	230.42	0.35	412	251.21	0.34	472	271.60	0.33
173	165.88	0.37	233	187.93	0.37	293	209.55	0.35	353	230.77	0.35	413	251.55	0.34	473	271.94	0.34
174	166.25	0.37	234	188.29	0.36	294	209.91	0.36	354	231.12	0.35	414	251.90	0.35	474	272.27	0.33
175	166.62	0.37	235	188.65	0.36	295	210.27	0.36	355	231.47	0.35	415	252.24	0.34	475	272.61	0.34
176	167.00	0.38	236	189.02	0.37	296	210.62	0.35	356	231.81	0.36	416	252.59	0.35	476	272.95	0.34
177	167.37	0.37	237	189.38	0.36	297	210.98	0.36	357	232.16	0.35	417	252.94	0.35	477	273.28	0.33
178	167.74	0.37	238	189.74	0.36	298	211.34	0.36	358	232.51	0.35	418	253.28	0.34	478	273.62	0.34
179	168.11	0.37	239	190.11	0.37	299	211.69	0.35	359	232.86	0.35	419	253.62	0.34	479	273.95	0.33

Nota: A 100 °C, la resistencia es de 138.50 ohmios. **(DIN 43 760)**

Tabla de Temperatura RTD vs. Resistencia

Para curva europea, Alfa = 0.00385, ITS-90 — Incrementos de 1° Celsius

°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.	°C	Ohmios	Dif.
+480	274.29	0.34	+542	294.87	0.33	+604	315.00	0.32	+666	334.68	0.32	+728	353.91	0.30	+790	372.71	0.30
481	274.62	0.33	543	295.20	0.33	605	315.32	0.32	667	334.99	0.31	729	354.22	0.31	791	373.01	0.30
482	274.96	0.34	544	295.53	0.33	606	315.64	0.32	668	335.31	0.32	730	354.53	0.31	792	373.31	0.30
483	275.29	0.33	545	295.85	0.32	607	315.96	0.32	669	335.62	0.31	731	354.83	0.30	793	373.61	0.30
484	275.63	0.34	546	296.18	0.33	608	316.28	0.32	670	335.93	0.31	732	355.14	0.31	794	373.91	0.30
485	275.96	0.33	547	296.51	0.33	609	316.60	0.32	671	336.25	0.32	733	355.44	0.30	795	374.21	0.30
486	276.31	0.34	548	296.84	0.33	610	316.92	0.32	672	336.56	0.31	734	355.75	0.31	796	374.51	0.30
487	276.64	0.33	549	297.16	0.32	611	317.24	0.32	673	336.87	0.31	735	356.06	0.31	797	374.80	0.29
488	276.97	0.33	550	297.49	0.33	612	317.56	0.32	674	337.18	0.31	736	356.37	0.31	798	374.10	0.30
489	277.31	0.34	551	297.82	0.33	613	317.88	0.32	675	337.50	0.32	737	356.68	0.31	799	375.40	0.30
490	277.64	0.33	552	298.14	0.32	614	318.20	0.32	676	337.81	0.31	738	356.98	0.30	800	375.70	0.30
491	277.98	0.34	553	298.47	0.33	615	318.52	0.32	677	338.12	0.31	739	357.29	0.31	801	376.00	0.30
492	278.31	0.33	554	298.80	0.33	616	318.85	0.33	678	338.43	0.31	740	357.59	0.30	802	376.29	0.29
493	278.64	0.33	555	299.12	0.32	617	319.17	0.32	679	338.75	0.32	741	357.90	0.31	803	376.59	0.30
494	278.98	0.34	556	299.45	0.33	618	319.49	0.32	680	339.06	0.31	742	358.20	0.30	804	376.89	0.30
495	279.31	0.33	557	299.78	0.33	619	319.81	0.32	681	339.37	0.31	743	358.51	0.31	805	377.19	0.30
496	279.64	0.33	558	300.10	0.32	620	320.12	0.31	682	339.68	0.31	744	358.81	0.30	806	377.49	0.30
497	279.98	0.34	559	300.43	0.33	621	320.44	0.32	683	339.99	0.31	745	359.12	0.31	807	377.79	0.30
498	280.31	0.33	560	300.75	0.32	622	320.76	0.32	684	340.30	0.31	746	359.42	0.30	808	378.09	0.30
499	280.64	0.33	561	301.08	0.33	623	321.08	0.32	685	340.62	0.32	747	359.72	0.30	809	378.39	0.30
500	280.98	0.34	562	301.41	0.33	624	321.40	0.32	686	340.94	0.32	748	360.03	0.31	810	378.68	0.29
501	281.31	0.33	563	301.73	0.32	625	321.72	0.32	687	341.25	0.31	749	360.33	0.30	811	378.98	0.30
502	281.64	0.33	564	302.06	0.33	626	322.03	0.31	688	341.55	0.30	750	360.64	0.31	812	379.28	0.30
503	281.97	0.33	565	302.38	0.32	627	322.34	0.31	689	341.87	0.32	751	360.94	0.30	813	379.57	0.29
504	282.31	0.34	566	302.71	0.33	628	322.66	0.32	690	342.18	0.31	752	361.24	0.30	814	379.87	0.30
505	282.64	0.33	567	303.03	0.32	629	322.98	0.32	691	342.49	0.31	753	361.55	0.31	815	380.17	0.30
506	282.97	0.33	568	303.36	0.33	630	323.30	0.32	692	342.80	0.31	754	361.85	0.30	816	380.46	0.29
507	283.30	0.33	569	303.68	0.32	631	323.61	0.31	693	343.11	0.31	755	362.15	0.30	817	380.76	0.30
508	283.63	0.33	570	304.01	0.33	632	323.93	0.32	694	343.42	0.31	756	362.46	0.31	818	381.05	0.29
509	283.97	0.34	571	304.33	0.32	633	324.25	0.32	695	343.73	0.31	757	362.76	0.30	819	381.35	0.30
510	284.30	0.33	572	304.66	0.33	634	324.57	0.32	696	344.04	0.31	758	363.06	0.30	820	381.65	0.30
511	284.63	0.33	573	304.98	0.32	635	324.88	0.31	697	344.35	0.31	759	363.36	0.30	821	381.94	0.29
512	284.96	0.33	574	305.30	0.32	636	325.21	0.33	698	344.66	0.31	760	363.67	0.31	822	382.24	0.30
513	285.29	0.33	575	305.63	0.33	637	325.53	0.32	699	344.97	0.31	761	363.97	0.30	823	382.53	0.29
514	285.62	0.33	576	305.95	0.32	638	325.85	0.32	700	345.28	0.31	762	364.27	0.30	824	382.83	0.30
515	285.95	0.33	577	306.28	0.33	639	326.16	0.31	701	345.59	0.31	763	364.57	0.30	825	383.12	0.29
516	286.30	0.35	578	306.60	0.32	640	326.48	0.32	702	345.90	0.31	764	364.88	0.31	826	383.42	0.30
517	286.63	0.33	579	306.92	0.32	641	326.79	0.31	703	346.21	0.31	765	365.18	0.30	827	383.71	0.29
518	286.96	0.33	580	307.25	0.33	642	327.11	0.32	704	346.52	0.31	766	365.49	0.31	828	384.01	0.30
519	287.29	0.33	581	307.57	0.32	643	327.43	0.32	705	346.83	0.31	767	365.79	0.30	829	384.30	0.29
520	287.62	0.33	582	307.89	0.32	644	327.74	0.31	706	346.15	0.32	768	366.09	0.30	830	384.60	0.30
521	287.95	0.33	583	308.22	0.33	645	328.06	0.32	707	347.46	0.31	769	366.40	0.31	831	384.89	0.29
522	288.28	0.33	584	308.54	0.32	646	328.38	0.32	708	347.76	0.30	770	366.70	0.30	832	385.18	0.29
523	288.61	0.33	585	308.86	0.32	647	328.69	0.31	709	348.07	0.31	771	367.00	0.30	833	385.48	0.30
524	288.94	0.33	586	309.19	0.33	648	329.01	0.32	710	348.38	0.31	772	367.30	0.30	834	385.77	0.29
525	289.27	0.33	587	309.51	0.32	649	329.32	0.31	711	348.69	0.31	773	367.60	0.30	835	386.07	0.30
526	289.60	0.33	588	309.83	0.32	650	329.64	0.32	712	349.00	0.31	774	367.90	0.30	836	386.37	0.30
527	289.93	0.33	589	310.15	0.32	651	329.95	0.31	713	349.31	0.31	775	368.20	0.30	837	386.66	0.29
528	290.26	0.33	590	310.48	0.33	652	330.27	0.32	714	349.61	0.30	776	368.50	0.30	838	386.96	0.30
529	290.59	0.33	591	310.80	0.32	653	330.58	0.31	715	349.92	0.31	777	368.81	0.31	839	387.25	0.29
530	290.92	0.33	592	311.12	0.32	654	330.90	0.32	716	350.23	0.31	778	369.11	0.30	840	387.55	0.30
531	291.25	0.33	593	311.45	0.33	655	331.21	0.31	717	350.54	0.31	779	369.41	0.30	841	387.84	0.29
532	291.58	0.33	594	311.78	0.33	656	331.53	0.32	718	350.85	0.31	780	369.71	0.30	842	388.13	0.29
533	291.90	0.32	595	312.10	0.32	657	331.84	0.31	719	351.15	0.30	781	370.01	0.30	843	388.42	0.29
534	292.23	0.33	596	312.43	0.33	658	332.16	0.32	720	351.46	0.31	782	370.31	0.30	844	388.72	0.30
535	292.56	0.33	597	312.75	0.32	659	332.47	0.31	721	351.77	0.31	783	370.61	0.30	845	389.01	0.29
536	292.90	0.34	598	313.07	0.32	660	332.79	0.32	722	352.07	0.30	784	370.91	0.30	846	389.31	0.30
537	293.23	0.33	599	313.39	0.32	661	333.10	0.31	723	352.38	0.31	785	371.21	0.30	847	389.61	0.30
538	293.56	0.33	600	313.71	0.32	662	333.41	0.31	724	352.69	0.31	786	371.52	0.31	848	389.90	0.29
539	293.89	0.33	601	314.04	0.33	663	333.73	0.32	725	352.99	0.30	787	371.82	0.30	849	390.19	0.29
540	294.21	0.32	602	314.36	0.32	664	334.04	0.31	726	353.30	0.31	788	372.12	0.30	850	390.48	0.29
541	294.54	0.33	603	314.68	0.32	665	334.36	0.32	727	353.61	0.31	789	372.41	0.29			

Nota: A 100 °C, la resistencia es de 138.50 ohmios. **(DIN 43 760)**

Tabla de Temperatura RTD vs. Resistencia

Para curva estadounidense, Alfa = 0.00392 **Incrementos de 1° Celsius**

°C	Ohmios	°C	Ohmios	°C	Ohmios	°C	Ohmios	°C	Ohmios	°C	Ohmios	°C	Ohmios	°C	Ohmios	°C	Ohmios
-100	59.57	-38	84.80	24	109.51	86	133.75	148	157.53	210	180.86	272	203.74	334	226.17	396	248.16
-99	59.98	-37	85.20	25	109.90	87	134.14	149	157.91	211	181.23	273	204.11	335	226.53	397	248.51
-98	60.39	-36	85.60	26	110.30	88	134.52	150	158.29	212	181.61	274	204.47	336	226.89	398	248.86
-97	60.80	-35	86.01	27	110.69	89	134.91	151	158.67	213	181.98	275	204.84	337	227.25	399	249.21
-96	61.21	-34	86.41	28	111.09	90	135.30	152	159.05	214	182.35	276	205.20	338	227.61	400	249.56
-95	61.63	-33	86.81	29	111.48	91	135.68	153	159.43	215	182.72	277	205.57	339	227.96	401	249.91
-94	62.04	-32	87.21	30	111.88	92	136.07	154	159.81	216	183.09	278	205.93	340	228.32	402	250.26
-93	62.45	-31	87.61	31	112.27	93	136.46	155	160.19	217	183.47	279	206.30	341	228.68	403	250.61
-92	62.86	-30	88.01	32	112.66	94	136.84	156	160.57	218	183.84	280	206.66	342	229.04	404	250.96
-91	63.27	-29	88.42	33	113.06	95	137.23	157	160.95	219	184.21	281	207.02	343	229.39	405	251.31
-90	63.68	-28	88.82	34	113.45	96	137.62	158	161.33	220	184.58	282	207.39	344	229.75	406	251.66
-89	64.09	-27	89.22	35	113.84	97	138.00	159	161.70	221	184.95	283	207.75	345	230.11	407	252.01
-88	64.50	-26	89.62	36	114.24	98	138.39	160	162.08	222	185.32	284	208.12	346	230.46	408	252.36
-87	64.91	-25	90.02	37	114.63	99	138.77	161	162.46	223	185.70	285	208.48	347	230.82	409	252.71
-86	65.32	-24	90.42	38	115.02	100	139.16	162	162.84	224	186.07	286	208.85	348	231.18	410	253.06
-85	65.73	-23	90.82	39	115.42	101	139.55	163	163.22	225	186.44	287	209.21	349	231.53	411	253.41
-84	66.14	-22	91.22	40	115.81	102	139.93	164	163.60	226	186.81	288	209.57	350	231.89	412	253.76
-83	66.55	-21	91.62	41	116.20	103	140.32	165	163.97	227	187.18	289	209.94	351	232.25	413	254.11
-82	66.96	-20	92.02	42	116.59	104	140.70	166	164.35	228	187.55	290	210.30	352	232.60	414	254.46
-81	67.36	-19	92.42	43	116.99	105	141.09	167	164.73	229	187.92	291	210.66	353	232.96	415	254.80
-80	67.77	-18	92.82	44	117.38	106	141.47	168	165.11	230	188.29	292	211.03	354	233.31	416	255.15
-79	68.18	-17	93.22	45	117.77	107	141.86	169	165.48	231	188.66	293	211.39	355	233.67	417	255.50
-78	68.59	-16	93.62	46	118.16	108	142.24	170	165.86	232	189.03	294	211.75	356	234.03	418	255.85
-77	69.00	-15	94.02	47	118.56	109	142.63	171	166.24	233	189.40	295	212.11	357	234.38	419	256.20
-76	69.41	-14	94.42	48	118.95	110	143.01	172	166.62	234	189.77	296	212.48	358	234.74	420	256.55
-75	69.81	-13	94.82	49	119.34	111	143.39	173	166.99	235	190.14	297	212.84	359	235.09	421	256.89
-74	70.22	-12	95.22	50	119.73	112	143.78	174	167.37	236	190.51	298	213.20	360	235.45	422	257.24
-73	70.63	-11	95.62	51	120.12	113	144.16	175	167.75	237	190.88	299	213.56	361	235.80	423	257.59
-72	71.04	-10	96.02	52	120.51	114	144.55	176	168.12	238	191.25	300	213.93	362	236.16	424	257.94
-71	71.44	-9	96.42	53	120.91	115	144.93	177	168.50	239	191.62	301	214.29	363	236.51	425	258.29
-70	71.85	-8	96.81	54	121.30	116	145.31	178	168.88	240	191.99	302	214.65	364	236.87	426	258.63
-69	72.26	-7	97.21	55	121.69	117	145.70	179	169.25	241	192.36	303	215.01	365	237.22	427	258.98
-68	72.66	-6	97.61	56	122.08	118	146.08	180	169.63	242	192.73	304	215.37	366	237.58	428	259.33
-67	73.07	-5	98.01	57	122.47	119	146.47	181	170.00	243	193.09	305	215.74	367	237.93	429	259.67
-66	73.48	-4	98.41	58	122.86	120	146.85	182	170.38	244	193.46	306	216.10	368	238.28	430	260.02
-65	73.88	-3	98.81	59	123.25	121	147.23	183	170.76	245	193.83	307	216.46	369	238.64	431	260.37
-64	74.29	-2	99.20	60	123.64	122	147.61	184	171.13	246	194.20	308	216.82	370	238.99	432	260.72
-63	74.70	-1	99.60	61	124.03	123	148.00	185	171.51	247	194.57	309	217.18	371	239.35	433	261.06
-62	75.10	0	100.00	62	124.42	124	148.38	186	171.88	248	194.94	310	217.54	372	239.70	434	261.41
-61	75.51	1	100.40	63	124.81	125	148.76	187	172.26	249	195.31	311	217.90	373	240.05	435	261.75
-60	75.91	2	100.80	64	125.20	126	149.15	188	172.63	250	195.67	312	218.26	374	240.41	436	262.10
-59	76.32	3	101.19	65	125.59	127	149.53	189	173.01	251	196.04	313	218.63	375	240.76	437	262.45
-58	76.72	4	101.59	66	125.98	128	149.91	190	173.38	252	196.41	314	218.99	376	241.11	438	262.79
-57	77.13	5	101.99	67	126.37	129	150.29	191	173.76	253	196.78	315	219.35	377	241.47	439	263.14
-56	77.53	6	102.38	68	126.76	130	150.67	192	174.13	254	197.14	316	219.71	378	241.82	440	263.49
-55	77.94	7	102.78	69	127.15	131	151.06	193	174.51	255	197.51	317	220.07	379	242.17	441	263.83
-54	78.34	8	103.18	70	127.54	132	151.44	194	174.88	256	197.88	318	220.43	380	242.53	442	264.18
-53	78.75	9	103.57	71	127.93	133	151.82	195	175.26	257	198.25	319	220.79	381	242.88	443	264.52
-52	79.15	10	103.97	72	128.32	134	152.20	196	175.63	258	198.61	320	221.15	382	243.23	444	264.87
-51	79.56	11	104.37	73	128.71	135	152.58	197	176.01	259	198.98	321	221.51	383	243.58	445	265.21
-50	79.96	12	104.76	74	129.09	136	152.96	198	176.38	260	199.35	322	221.87	384	243.94	446	265.56
-49	80.36	13	105.16	75	129.48	137	153.35	199	176.75	261	199.71	323	222.23	385	244.29	447	265.90
-48	80.77	14	105.56	76	129.87	138	153.73	200	177.13	262	200.08	324	222.59	386	244.64	448	266.25
-47	81.17	15	105.95	77	130.26	139	154.11	201	177.50	263	200.45	325	222.94	387	244.99	449	266.59
-46	81.58	16	106.35	78	130.65	140	154.49	202	177.88	264	200.81	326	223.30	388	245.35	450	266.94
-45	81.98	17	106.74	79	131.04	141	154.87	203	178.25	265	201.18	327	223.66	389	245.70	451	267.28
-44	82.38	18	107.14	80	131.42	142	155.25	204	178.62	266	201.55	328	224.02	390	246.05	452	267.63
-43	82.79	19	107.53	81	131.81	143	155.63	205	179.00	267	201.91	329	224.38	391	246.40	453	267.97
-42	83.19	20	107.93	82	132.20	144	156.01	206	179.37	268	202.28	330	224.74	392	246.75	454	268.31
-41	83.59	21	108.32	83	132.59	145	156.39	207	179.74	269	202.64	331	225.10	393	247.10	455	268.66
-40	83.99	22	108.72	84	132.98	146	156.77	208	180.12	270	203.01	332	225.46	394	247.46	456	269.00
-39	84.40	23	109.11	85	133.36	147	157.15	209	180.49	271	203.38	333	225.81	395	247.81	457	269.35

Resistencia de termistor vs. Temperatura

Código del producto	44004 44033	44005 44030	44007 44034	44006 44031	44008 44032	Código del producto	44004 44033	44005 44030	44007 44034	44006 44031	44008 44032
Ω 25 °C	2252	3000	5000	10,000	30,000	Ω 25 °C	2252	3000	5000	10,000	30,000
TEMP. °C	RESISTENCIA Ω					TEMP. °C	RESISTENCIA Ω				
- 80	1660K	2211K	3685K	3558K		-20	21.87K	29.13K	48.56K	78.91K	271.2K
79	1518K	2022K	3371K	3296K		19	20.64K	27.49K	45.83K	74.91K	256.5K
78	1390K	1851K	3086K	3055K		18	19.48K	25.95K	43.27K	71.13K	242.8K
77	1273K	1696K	2827K	2833K		17	18.40K	24.51K	40.86K	67.57K	229.8K
76	1167K	1555K	2592K	2629K		16	17.39K	23.16K	38.61K	64.20K	217.6K
75	1071K	1426K	2378K	2440K		15	16.43K	21.89K	36.49K	61.02K	206.2K
74	982.8K	1309K	2182K	2266K		14	15.54K	20.70K	34.50K	58.01K	195.4K
73	902.7K	1202K	2005K	2106K		13	14.70K	19.58K	32.63K	55.17K	185.2K
72	829.7K	1105K	1843K	1957K		12	13.91K	18.52K	30.88K	52.48K	175.6K
71	763.1K	1016K	1695K	1821K		11	13.16K	17.53K	29.23K	49.94K	166.6K
-70	702.3K	935.4K	1560K	1694K		-10	12.46K	16.60K	27.67K	47.54K	158.0K
69	646.7K	861.4K	1436K	1577K		9	11.81K	15.72K	26.21K	45.27K	150.0K
68	595.9K	793.7K	1323K	1469K		8	11.19K	14.90K	24.83K	43.11K	142.4K
67	549.4K	731.8K	1220K	1369K		7	10.60K	14.12K	23.54K	41.07K	135.2K
66	506.9K	675.2K	1126K	1276K		6	10.05K	13.39K	22.32K	39.14K	128.5K
65	467.9K	623.3K	1039K	1190K		5	9534	12.70K	21.17K	37.31K	122.1K
64	432.2K	575.7K	959.9K	1111K		4	9046	12.05K	20.08K	35.57K	116.0K
63	399.5K	532.1K	887.2K	1037K		3	8586	11.44K	19.06K	33.93K	110.3K
62	369.4K	492.1K	820.5K	968.4K		2	8151	10.86K	18.10K	32.37K	104.9K
61	341.8K	455.3K	759.2K	904.9K		- 1	7741	10.31K	17.19K	30.89K	99.80K
-60	316.5K	421.5K	702.9K	845.9K		0	7355	9796	16.33K	29.49K	94.98K
59	293.2K	390.5K	651.1K	791.1K		+ 1	6989	9310	15.52K	28.15K	90.41K
58	271.7K	361.9K	603.5K	740.2K		2	6644	8851	14.75K	26.89K	86.09K
57	252.0K	335.7K	559.7K	692.8K		3	6319	8417	14.03K	25.69K	81.99K
56	233.8K	311.5K	519.4K	648.8K		4	6011	8006	13.34K	24.55K	78.11K
55	217.1K	289.2K	482.2K	607.8K		5	5719	7618	12.70K	23.46K	74.44K
54	201.7K	268.6K	447.9K	569.6K		6	5444	7252	12.09K	22.43K	70.96K
53	187.4K	249.7K	416.3K	534.1K		7	5183	6905	11.51K	21.45K	67.66K
52	174.3K	232.2K	387.1K	501.0K		8	4937	6576	10.96K	20.52K	64.53K
51	162.2K	216.0K	360.2K	470.1K		9	4703	6265	10.44K	19.63K	61.56K
-50	151.0K	201.1K	335.3K	441.3K		+10	4482	5971	9951	18.79K	58.75K
49	140.6K	187.3K	312.3K	414.5K		11	4273	5692	9486	17.98K	56.07K
48	131.0K	174.5K	291.0K	389.4K		12	4074	5427	9046	17.22K	53.54K
47	122.1K	162.7K	271.3K	366.0K		13	3886	5177	8628	16.49K	51.13K
46	113.9K	151.7K	253.0K	344.1K		14	3708	4939	8232	15.79K	48.84K
45	106.3K	141.6K	236.2K	323.7K		15	3539	4714	7857	15.13K	46.67K
44	99.26K	132.2K	220.5K	304.6K		16	3378	4500	7500	14.50K	44.60K
43	92.72K	123.5K	205.9K	286.7K		17	3226	4297	7162	13.90K	42.64K
42	86.65K	115.4K	192.5K	270.0K		18	3081	4105	6841	13.33K	40.77K
41	81.02K	107.9K	180.0K	254.4K		19	2944	3922	6536	12.79K	38.99K
-40	75.79K	101.0K	168.3K	239.8K	884.6K	+ 20	2814	3748	6247	12.26K	37.30K
39	70.93K	94.48K	157.5K	226.0K	830.9K	21	2690	3583	5972	11.77K	35.70K
38	66.41K	88.46K	147.5K	213.2K	780.8K	22	2572	3426	5710	11.29K	34.17K
37	62.21K	82.87K	138.2K	201.1K	733.9K	23	2460	3277	5462	10.84K	32.71K
36	58.30K	77.66K	129.5K	189.8K	690.2K	24	2354	3135	5225	10.41K	31.32K
35	54.66K	72.81K	121.4K	179.2K	649.3K	25	2252	3000	5000	10.00K	30.00K
34	51.27K	68.30K	113.9K	169.3K	611.0K	26	2156	2872	4787	9605	28.74K
33	48.11K	64.09K	106.9K	160.0K	575.2K	27	2064	2750	4583	9227	27.54K
32	45.17K	60.17K	100.3K	151.2K	541.7K	28	1977	2633	4389	8867	26.40K
31	42.42K	56.51K	94.22K	143.0K	510.4K	29	1894	2523	4204	8523	25.31K
-30	39.86K	53.10K	88.53K	135.2K	481.0K	+ 30	1815	2417	4029	8194	24.27K
29	37.47K	49.91K	83.22K	127.9K	453.5K	31	1739	2317	3861	7880	23.28K
28	35.24K	46.94K	78.26K	121.1K	427.7K	32	1667	2221	3702	7579	22.33K
27	33.15K	44.16K	73.62K	114.6K	403.5K	33	1599	2130	3549	7291	21.43K
26	31.20K	41.56K	69.29K	108.6K	380.9K	34	1533	2042	3404	7016	20.57K
25	29.38K	39.13K	65.24K	102.9K	359.6K	35	1471	1959	3266	6752	19.74K
24	27.67K	36.86K	61.45K	97.49K	339.6K	36	1412	1880	3134	6500	18.96K
23	26.07K	34.73K	57.90K	92.43K	320.9K	37	1355	1805	3008	6258	18.21K
22	24.58K	32.74K	54.58K	87.66K	303.3K	38	1301	1733	2888	6026	17.49K
21	23.18K	30.87K	51.47K	83.16K	286.7K	+ 39	1249	1664	2773	5805	16.80K

Notas: : Los datos en blanco se refieren a termistores con intercambiabilidad de ±0.2 °C. Los datos en morado se refieren a termistores con intercambiabilidad de ±0.1 °C. Las cifras de temperatura/resistencia son las mismas para ambos tipos. Sólo los termistores con intercambiabilidad de ±0.2 °C están disponibles cubiertos en PTFE como piezas estándar. Para el código del producto de los termistores cubiertos en PTFE agregue 100 al número de modelo de los termistores intercambiables ±0.2 °C. Ejemplo: 44005 es un termistor estándar. 44105 es un termistor cubierto en PTFE con los mismos valores de resistencia.

Resistencia de termistor vs. Temperatura

Código del producto	44004 / 44033	44005 / 44030	44007 / 44034	44006 / 44031	44008 / 44032	Código del producto	44004 / 44033	44005 / 44030	44007 / 44034	44006 / 44031	44008 / 44032
Ω 25 °C	2252	3000	5000	10,000	30,000	Ω 25 °C	2252	3000	5000	10,000	30,000
TEMP. °C	RESISTENCIA Ω					TEMP. °C	RESISTENCIA Ω				
+40	1200	1598	2663	5592	16.15K	+100	152.8	203.8	339.6	816.8	2069
41	1152	1535	2559	5389	15.52K	101	148.4	197.9	329.8	794.6	2009
42	1107	1475	2459	5193	14.92K	102	144.2	192.2	320.4	773.1	1950
43	1064	1418	2363	5006	14.35K	103	140.1	186.8	311.3	752.3	1894
44	1023	1363	2272	4827	13.80K	104	136.1	181.5	302.5	732.1	1840
45	983.8	1310	2184	4655	13.28K	105	132.3	176.4	294.0	712.6	1788
46	946.2	1260	2101	4489	12.77K	106	128.6	171.4	285.7	693.6	1737
47	910.2	1212	2021	4331	12.29K	107	125.0	166.7	277.8	675.3	1688
48	875.8	1167	1944	4179	11.83K	108	121.6	162.0	270.1	657.5	1640
49	842.8	1123	1871	4033	11.39K	109	118.2	157.6	262.6	640.3	1594
+50	811.3	1081	1801	3893	10.97K	+110	115.0	153.2	255.4	623.5	1550
51	781.1	1040	1734	3758	10.57K	111	111.8	149.0	248.4	607.3	1507
52	752.2	1002	1670	3629	10.18K	112	108.8	145.0	241.6	591.6	1465
53	724.5	965.0	1608	3504	9807	113	105.8	141.1	235.1	576.4	1425
54	697.9	929.6	1549	3385	9450	114	103.0	137.2	228.7	561.6	1386
55	672.5	895.8	1493	3270	9109	115	100.2	133.6	222.6	547.3	1348
56	648.1	863.3	1439	3160	8781	116	97.6	130.0	216.7	533.4	1311
57	624.8	832.2	1387	3054	8467	117	95.0	126.5	210.9	519.9	1276
58	602.4	802.3	1337	2952	8166	118	92.5	123.2	205.3	506.8	1241
59	580.9	773.7	1290	2854	7876	119	90.0	119.9	199.9	494.1	1208
+60	560.3	746.3	1244	2760	7599	+120	87.7	116.8	194.7	481.8	1176
61	540.5	719.9	1200	2669	7332	121	85.4	113.8	189.6	469.8	1145
62	521.5	694.7	1158	2582	7076	122	83.2	110.8	184.7	458.2	1114
63	503.3	670.4	1117	2497	6830	123	81.1	107.9	179.9	446.9	1085
64	485.8	647.1	1079	2417	6594	124	79.0	105.2	175.3	435.9	1057
65	469.0	624.7	1041	2339	6367	125	77.0	102.5	170.8	425.3	1029
66	452.9	603.3	1006	2264	6149	126	75.0	99.9	166.4	414.9	1002
67	437.4	582.6	971.1	2191	5940	127	73.1	97.3	162.2	404.9	976.3
68	422.5	562.9	938.0	2122	5738	128	71.3	94.9	158.1	395.1	951.1
69	408.2	543.7	906.3	2055	5545	129	69.5	92.5	154.1	385.6	926.7
+70	394.5	525.4	875.7	1990	5359	+130	67.8	90.2	150.3	376.4	903.0
71	381.2	507.8	846.4	1928	5180	131	66.1	87.9	146.5	367.4	880.0
72	368.5	490.9	818.3	1868	5007	132	64.4	85.7	142.9	358.7	857.7
73	356.2	474.7	791.2	1810	4842	133	62.9	83.6	139.4	350.3	836.1
74	344.5	459.0	765.1	1754	4682	134	61.3	81.6	136.0	342.0	815.0
75	333.1	444.0	740.0	1700	4529	135	59.8	79.6	132.6	334.0	794.6
76	322.3	429.5	715.9	1648	4381	136	58.4	77.6	129.4	326.3	774.8
77	311.8	415.6	692.7	1598	4239	137	57.0	75.8	126.3	318.7	755.6
78	301.7	402.2	670.3	1549	4102	138	55.6	73.9	123.2	311.3	736.9
79	292.0	389.3	648.8	1503	3970	139	54.3	72.2	120.3	304.2	718.8
+80	282.7	376.9	628.1	1458	3843	+140	53.0	70.4	117.4	297.2	701.2
81	273.7	364.9	608.2	1414	3720	141	51.7	68.8	114.6	290.4	684.1
82	265.0	353.4	588.9	1372	3602	142	50.5	67.1	111.9	283.8	667.5
83	256.7	342.2	570.4	1332	3489	143	49.3	65.5	109.2	277.4	651.3
84	248.6	331.5	552.6	1293	3379	144	48.2	64.0	106.7	271.2	635.6
85	240.9	321.2	535.4	1255	3273	145	47.0	62.5	104.2	265.1	620.3
86	233.4	311.3	518.8	1218	3172	146	45.9	61.1	101.8	259.2	605.5
87	226.2	301.7	502.8	1183	3073	147	44.9	59.6	99.40	253.4	591.1
88	219.3	292.4	487.4	1149	2979	148	43.8	58.3	97.10	247.8	577.1
89	212.6	283.5	472.6	1116	2887	149	42.8	56.9	94.87	242.3	563.5
+90	206.1	274.9	458.2	1084	2799	+150	41.9	55.6	92.70	237.0	550.2
91	199.9	266.6	444.4	1053	2714						
92	193.9	258.6	431.0	1023	2632						
93	188.1	250.9	418.2	994.2	2552						
94	182.5	243.4	405.7	966.3	2476						
95	177.1	236.2	393.7	939.3	2402						
96	171.9	229.3	382.1	913.2	2331						
97	166.9	222.6	370.9	887.9	2262						
98	162.0	216.1	360.1	863.4	2195						
99	157.3	209.8	349.7	839.7	2131						

Notas: Los datos en blanco se refieren a termistores con intercambiabilidad de ±0.2 °C. Los datos en morado se refieren a termistores con intercambiabilidad de ±0.1 °C. Las cifras de temperatura/resistencia son las mismas para ambos tipos. Sólo los termistores con intercambiabilidad de ±0.2 °C están disponibles cubiertos en PTFE como piezas estándar. Para el código del producto de los termistores cubiertos en PTFE agregue 100 al código del producto de los termistores intercambiables ±0.2 °C. Ejemplo: 44005 es un termistor estándar. 44105 es un termistor cubierto en PTFE con los mismos valores de resistencia.

Resistencia vs Temperatura para termistores lineales serie "700"

Estas tablas dan los valores de resistencia para T1 y T2 para el termistor de respuesta lineal 44018 que se utiliza en las sondas de termistor lineal serie 700. Resistencia en ohmios. Temperatura en °C.

Visite mx.omega.com para sondas 44018 y serie 700.

T¹ Resistencia versus Temperatura -30 a +100 °C									
Temp°C	Res	Temp°C	Res	Temp°C	Res	Temp°C	Res	Temp°C	Res
-30	106.2K	0	19.59K	+30	4834	+60	1493	+90	549.8
29	99.82K	+ 1	18.62K	31	4634	61	1440	91	533.2
28	93.88K	2	17.70K	32	4442	62	1389	92	517.2
27	88.32K	3	16.83K	33	4260	63	1341	93	501.8
26	83.12K	4	16.01K	34	4084	64	1294	94	486.8
25	78.26K	5	15.24K	35	3918	65	1249	95	472.4
24	73.72K	6	14.50K	36	3760	66	1207	96	458.6
23	69.46K	7	13.81K	37	3610	67	1165	97	445.2
22	65.48K	8	13.15K	38	3466	68	1126	98	432.2
21	61.74K	9	12.53K	39	3328	69	1087	99	419.6
-20	58.26K	+10	11.94K	+40	3196	+70	1051	+100	407.6
19	54.98K	11	11.38K	41	3070	71	1016		
18	51.90K	12	10.85K	42	2950	72	981.8		
17	49.02K	13	10.35K	43	2836	73	949.4		
16	46.32K	14	9878	44	2726	74	918.0		
15	43.78K	15	9428	45	2620	75	888.0		
14	41.40K	16	9000	46	2520	76	859.0		
13	39.16K	17	8594	47	2424	77	831.2		
12	37.04K	18	8210	48	2334	78	804.4		
11	35.06K	19	7844	49	2246	79	773.6		
-10	33.20K	+20	7496	+50	2162	+80	753.8		
9	31.49K	21	7166	51	2080	81	729.8		
8	29.80K	22	6852	52	2004	82	706.8		
7	28.24K	23	6554	53	1930	83	684.4		
6	26.78K	24	6270	54	1859	84	663.0		
5	25.40K	25	6000	55	1792	85	642.4		
4	24.10K	26	5744	56	1727	86	622.6		
3	22.88K	27	5500	57	1664	87	603.4		
2	21.72K	28	5266	58	1605	88	584.8		
-1	20.62K	29	5046	59	1547	89	567.0		

T² Resistencia versus Temperatura -30 a +100 °C									
Temp°C	Res	Temp°C	Res	Temp°C	Res	Temp°C	Res	Temp°C	Res
-30	481.0K	0	94.98K	+30	24.27K	+60	7599	+90	2799
29	453.5K	+1	90.41 K	31	23.28K	61	7332	91	2714
28	427.7K	2	86.09K	32	22.33K	62	7076	92	2632
27	403.5K	3	81.99K	33	21.43K	63	6830	93	2552
26	380.9K	4	78.11 K	34	20.57K	64	6594	94	2476
25	359.6K	5	74.44K	35	19.74K	65	6367	95	2402
24	339.6K	6	70.96K	36	18.96K	66	6149	96	2331
23	320.9K	7	67.66K	37	18.21K	67	5940	97	2262
22	303.3K	8	64.53K	38	17.49K	68	5738	98	2195
21	286.7K	9	61.56K	39	16.80K	69	5545	99	2131
-20	271.2K	+10	58.75K	+40	16.15K	+70	5359	+100	2069
19	256.5K	11	56.07K	41	15.52K	71	5180		
18	242.8K	12	53.54K	42	14.92K	72	5007		
17	229.8K	13	51.13K	43	14.35K	73	4842		
16	217.6K	14	48.84K	44	13.80K	74	4682		
15	206.2K	15	46.67K	45	13.28K	75	4529		
14	195.4K	16	44.60K	46	12.77K	76	4381		
13	185.2K	17	42.64K	47	12.29K	77	4239		
12	175.6K	18	40.77K	48	11.83K	78	4102		
11	166.6K	19	38.99K	49	11.39K	79	3970		
-10	158.0K	+20	37.30K	+50	10.97K	+80	3843		
9	150.0K	21	35.70K	51	10.57K	81	3720		
8	142.4K	22	34.17K	52	10.18K	80	3602		
7	135.2K	23	32.71K	53	9807	83	3489		
6	128.5K	24	31.32K	54	9450	84	3379		
5	122.1 K	25	30.00K	55	9109	85	3273		
4	116.0K	26	28.74K	56	8781	86	3172		
3	110.3K	27	27.54K	57	8467	87	3073		
2	104.9K	28	26.40K	58	8166	88	2979		
-1	99.80K	29	25.31 K	59	7876	89	2887		

Cuadro para conversión de temperatura

°C = ⅝ (°F - 32)
Kelvin = °C + 273.15

°F = ⅝°C + 32
Rankine = °F + 459.67

EJEMPLO DE TABLA:
Para convertir 1000 °C a °F, busque 1000 y lea a la izquierda
Para convertir 1000 °F a °C, busque 1000 y lea a la derecha

para °F	De	para °C	para °F	De	para °C	para °F	De	para °C	para °F	De	para °C	para °F	De	para °C
-	**-458**	-272.22	-	**-308**	-188.89	-252.4	**-158**	-105.56	+17.6	**-8**	-22.22	287.6	**142**	61.11
-	**-456**	-271.11	-	**-306**	-187.78	-248.2	**-156**	-104.44	+21.2	**-6**	-21.11	291.2	**144**	62.22
-	**-454**	-270.00	-	**-304**	-186.67	-245.2	**-154**	-103.33	+24.8	**-4**	-20.00	294.8	**146**	63.33
-	**-452**	-268.89	-	**-302**	-185.56	-241.6	**-152**	-102.22	+28.4	**-2**	-18.89	298.4	**140**	64.44
-	**-450**	-267.78	-	**-300**	-184.44	-238.0	**-150**	-101.11	+32.0	**0**	-17.78	302.0	**150**	65.56
-	**-448**	-266.67	-	**-298**	-183.33	-234.4	**-148**	-100.00	+35.6	**2**	-16.67	305.6	**152**	66.67
-	**-446**	-265.56	-	**-296**	-182.22	-230.2	**-146**	-98.89	+39.2	**4**	-15.56	309.2	**154**	67.78
-	**-444**	-264.44	-	**-294**	-181.11	-227.2	**-144**	-97.78	+42.8	**6**	-14.44	312.8	**156**	68.89
-	**-442**	-263.33	-	**-292**	-180.00	-223.6	**-142**	-96.67	+46.4	**8**	-13.33	316.4	**158**	70.00
-	**-440**	-262.22	-	**-290**	-178.89	-220.0	**-140**	-95.56	+50.0	**10**	-12.22	320.0	**160**	71.11
-	**-438**	-261.11	-	**-288**	-177.78	-216.4	**-138**	-94.44	+53.6	**12**	-11.11	323.6	**162**	72.22
-	**-436**	-260.00	-	**-286**	-176.67	-212.8	**-136**	-93.33	+57.2	**14**	-10.00	327.2	**164**	73.33
-	**-434**	-258.89	-	**-284**	-175.56	-209.2	**-134**	-92.22	+60.8	**16**	-8.89	330.8	**166**	74.44
-	**-432**	-257.78	-	**-282**	-174.44	-205.6	**-132**	-91.11	+64.4	**18**	-7.78	334.4	**168**	75.56
-	**-430**	-256.67	-	**-280**	-173.33	-202.0	**-130**	-90.00	+68.0	**20**	-6.67	338.0	**170**	76.67
-	**-428**	-255.56	-	**-278**	-172.22	-198.4	**-128**	-88.89	+71.6	**22**	-5.56	341.6	**172**	77.78
-	**-426**	-264.44	-	**-276**	-171.11	-194.2	**-126**	-87.78	+75.2	**24**	-4.44	345.2	**174**	78.89
-	**-424**	-253.33	-	**-274**	-170.00	-191.2	**-124**	-86.67	+78.8	**26**	-3.33	348.8	**176**	80.00
-	**-422**	-252.22	-457.6	**-272**	-168.89	-187.6	**-122**	-85.56	+82.4	**28**	-2.22	352.4	**178**	81.11
-	**-420**	-251.11	-454.0	**-270**	-167.78	-184.0	**-120**	-84.44	+86.0	**30**	-1.11	356.0	**180**	82.22
-	**-418**	-250.00	-450.4	**-268**	-166.67	-180.4	**-118**	-83.33	+89.6	**32**	0.00	359.6	**182**	83.33
-	**-416**	-248.89	-446.8	**-266**	-165.56	-176.8	**-116**	-82.22	+93.2	**34**	1.11	363.2	**184**	84.44
-	**-414**	-247.78	-443.2	**-264**	-164.44	-173.2	**-114**	-81.11	+96.8	**36**	2.22	366.8	**186**	85.56
-	**-412**	-246.67	-439.6	**-262**	-163.33	-169.6	**-112**	-80.00	+100.4	**38**	3.33	370.4	**188**	86.67
-	**-410**	-245.56	-436.0	**-260**	-162.22	-166.0	**-110**	-78.89	+104.0	**40**	4.44	374.0	**190**	87.78
-	**-408**	-244.44	-432.4	**-258**	-161.11	-162.4	**-108**	-77.78	107.6	**42**	5.56	377.6	**192**	88.89
-	**-406**	-243.33	-428.8	**-256**	-160.00	-158.8	**-106**	-76.67	111.2	**44**	6.67	381.2	**194**	90.00
-	**-404**	-242.22	-425.2	**-254**	-158.89	-155.2	**-104**	-75.56	114.2	**46**	7.78	384.8	**196**	91.11
-	**-402**	-241.11	-421.6	**-252**	-157.78	-151.6	**-102**	-74.44	118.4	**48**	8.89	388.4	**198**	92.22
	-400	-240.00	-418.0	**-250**	-156.67	-148.0	**-100**	-73.33	122.0	**50**	10.00	392.0	**200**	93.33
-	**-398**	-238.89	-414.4	**-248**	-155.56	-144.4	**-98**	-72.22	125.6	**52**	11.11	395.6	**202**	94.44
-	**-396**	-237.78	-410.8	**-246**	-154.44	-140.8	**-96**	-71.11	129.2	**54**	12.22	399.2	**204**	95.56
-	**-394**	-236.67	-407.2	**-244**	-153.33	-137.2	**-94**	-70.00	132.8	**56**	13.33	402.8	**206**	96.67
-	**-392**	-235.56	-403.6	**-242**	-152.22	-133.6	**-92**	-68.89	136.4	**58**	14.44	406.4	**208**	97.78
-	**-390**	-234.44	-400.0	**-240**	-151.11	-130.0	**-90**	-67.78	140.0	**60**	15.56	410.0	**210**	98.89
-	**-388**	-233.33	-396.4	**-238**	-150.00	-126.4	**-88**	-66.67	143.6	**62**	16.67	413.6	**212**	100.00
-	**-386**	-232.22	-392.8	**-236**	-148.89	-122.2	**-86**	-65.56	147.2	**64**	17.78	417.2	**214**	101.11
-	**-384**	-231.11	-389.2	**-234**	-147.78	-119.2	**-84**	-64.44	150.8	**66**	18.89	420.8	**216**	102.22
-	**-382**	-230.00	-385.6	**-232**	-146.67	-115.6	**-82**	-63.33	154.4	**68**	20.00	424.4	**218**	103.33
-	**-380**	-228.89	-382.0	**-230**	-145.56	-112.0	**-80**	-62.22	158.0	**70**	21.11	428.0	**220**	104.44
-	**-378**	-227.78	-378.4	**-228**	-144.44	-108.4	**-78**	-61.11	161.6	**72**	22.22	431.6	**222**	105.56
-	**-376**	-226.67	-374.8	**-226**	-143.33	-104.8	**-76**	-60.00	165.2	**74**	23.33	435.2	**224**	106.67
-	**-374**	-225.56	-371.2	**-224**	-142.22	-101.2	**-74**	-58.89	168.8	**76**	24.44	438.8	**226**	107.78
-	**-372**	-224.44	-367.6	**-222**	-141.11	-97.6	**-72**	-57.78	172.4	**78**	25.56	442.4	**228**	108.89
-	**-370**	-223.33	-364.0	**-220**	-140.00	-94.0	**-70**	-56.67	176.0	**80**	26.67	446.0	**230**	110.00
-	**-368**	-222.22	-360.4	**-218**	-138.89	-90.4	**-68**	-55.56	179.6	**82**	27.78	449.6	**232**	111.11
-	**-366**	-221.11	-356.8	**-216**	-137.78	-86.8	**-66**	-54.44	183.2	**84**	28.89	453.2	**234**	112.22
-	**-364**	-220.00	-353.2	**-214**	-136.67	-83.2	**-64**	-53.33	186.8	**86**	30.00	456.8	**236**	113.33
-	**-362**	-218.89	-349.6	**-212**	-135.56	-79.6	**-62**	-52.22	190.4	**88**	31.11	460.4	**238**	114.44
-	**-360**	-217.78	-346.0	**-210**	-134.44	-76.0	**-60**	-51.11	194.0	**90**	32.22	464.0	**240**	115.56
-	**-358**	-216.67	-342.4	**-208**	-133.33	-72.4	**-58**	-50.00	197.6	**92**	33.33	467.6	**242**	116.67
-	**-356**	-215.56	-338.8	**-206**	-132.22	-68.8	**-56**	-48.89	201.2	**94**	34.44	471.2	**244**	117.78
-	**-354**	-214.44	-335.2	**-204**	-131.11	-65.2	**-54**	-47.78	204.8	**96**	35.56	474.8	**246**	118.89
-	**-352**	-213.33	-331.6	**-202**	-130.00	-61.6	**-52**	-46.67	208.4	**98**	36.67	478.4	**248**	120.00
-	**-350**	-212.22	-328.0	**-200**	-128.89	-58.0	**-50**	-45.56	212.0	**100**	37.78	482.0	**250**	121.11
-	**-348**	-211.11	-324.4	**-198**	-127.78	-54.4	**-48**	-44.44	215.6	**102**	38.89	485.6	**252**	122.22
-	**-346**	-210.00	-320.8	**-196**	-126.67	-50.8	**-46**	-43.33	219.2	**104**	40.00	489.2	**254**	123.33
-	**-344**	-208.89	-317.2	**-194**	-125.56	-47.2	**-44**	-42.22	222.8	**106**	41.11	492.8	**256**	124.44
-	**-342**	-207.78	-313.6	**-192**	-124.44	-43.6	**-42**	-41.11	226.4	**108**	42.22	496.4	**258**	125.56
-	**-340**	-206.67	-310.0	**-190**	-123.33	-40.0	**-40**	-40.00	230.0	**110**	43.33	500.0	**260**	126.67
-	**-338**	-205.56	-306.4	**-188**	-122.22	-36.4	**-38**	-38.89	233.6	**112**	44.44	503.6	**262**	127.78
-	**-336**	-204.44	-302.8	**-186**	-121.11	-32.8	**-36**	-37.78	237.2	**114**	45.56	507.2	**264**	128.89
-	**-334**	-203.33	-299.2	**-184**	-120.00	-29.2	**-34**	-36.67	240.2	**116**	46.67	510.8	**266**	130.00
-	**-332**	-202.22	-295.6	**-182**	-118.89	-25.6	**-32**	-35.56	244.4	**118**	47.78	514.4	**268**	131.11
-	**-330**	-201.11	-292.0	**-180**	-117.78	-22.0	**-30**	-34.44	248.0	**120**	48.89	518.0	**270**	132.22
-	**-328**	-200.00	-288.4	**-178**	-116.67	-18.4	**-28**	-33.33	251.6	**122**	50.00	521.6	**272**	133.33
-	**-326**	-198.89	-284.8	**-176**	-115.56	-14.8	**-26**	-32.22	255.2	**124**	51.11	525.2	**274**	134.44
-	**-324**	-197.78	-281.2	**-174**	-114.44	-11.2	**-24**	-31.11	258.8	**126**	52.22	528.8	**276**	135.56
-	**-322**	-196.67	-277.6	**-172**	-113.33	-7.6	**-22**	-30.00	262.4	**128**	53.33	532.4	**278**	136.67
-	**-320**	-195.56	-274.0	**-170**	-112.22	-4.0	**-20**	-28.89	266.0	**130**	54.44	536.0	**280**	137.78
-	**-318**	-194.44	-270.4	**-168**	-111.11	-0.4	**-18**	-27.78	269.6	**132**	55.56	539.6	**282**	138.89
-	**-316**	-193.33	-266.8	**-166**	-110.00	+3.2	**-16**	-26.67	273.2	**134**	56.67	543.2	**284**	140.00
-	**-314**	-192.22	-263.2	**-164**	-108.89	+6.8	**-14**	-25.56	276.8	**136**	57.78	546.8	**286**	141.11
-	**-312**	-191.11	-259.6	**-162**	-107.78	+10.4	**-12**	-24.44	280.4	**138**	58.89	550.4	**288**	142.22
-	**-310**	190.00	-256.0	**-160**	106.67	+14.0	**-10**	- 23.33	284.0	**140**	60.00	554.0	**290**	143.33

para °F	De	para °C	para °F	De	para °C	para °F	De	para °C	para °F	De	para °C	para °F	De	para °C
557.6	**292**	144.44	870.8	**466**	241.11	1832.0	**1000**	537.78	3398.0	**1870**	1021.1	4964.0	**2740**	1504.4
561.2	**294**	145.56	874.4	**468**	242.22	1850.0	**1010**	543.33	3416.0	**1880**	1026.7	4982.0	**2750**	1510.0
564.8	**296**	146.67	878.0	**470**	243.33	1868.0	**1020**	548.89	3434.0	**1890**	1032.2	5000.0	**2760**	1515.6
568.4	**298**	147.78	881.6	**472**	244.44	1886.0	**1030**	554.44	3452.0	**1900**	1037.8	5018.0	**2770**	1521.1
572.0	**300**	148.89	885.2	**474**	245.56	1904.0	**1040**	560.00	3470.0	**1910**	1043.3	5036.0	**2780**	1526.7
575.6	**302**	150.00	888.8	**476**	246.67	1922.0	**1050**	565.56	3488.0	**1920**	1048.9	5054.0	**2790**	1532.2
579.2	**304**	151.11	892.4	**478**	247.78	1940.0	**1060**	571.11	3506.0	**1930**	1054.4	5072.0	**2800**	1537.8
582.8	**306**	152.22	896.0	**480**	248.89	1958.0	**1070**	576.67	3524.0	**1940**	1060.0	5090.0	**2810**	1543.3
586.4	**308**	153.33	899.6	**482**	250.00	1976.0	**1080**	582.22	3542.0	**1950**	1065.6	5108.0	**2820**	1548.9
590.0	**310**	154.44	903.2	**484**	251.11	1994.0	**1090**	587.78	3560.0	**1960**	1071.1	5126.0	**2830**	1554.4
593.6	**312**	155.56	906.8	**486**	252.22	2012.0	**1100**	593.33	3578.0	**1970**	1076.7	5144.0	**2840**	1560.0
597.2	**314**	156.67	910.4	**488**	253.33	2030.0	**1110**	598.89	3596.0	**1980**	1082.2	5162.0	**2850**	1565.6
600.8	**316**	157.78	914.0	**490**	254.44	2048.0	**1120**	604.44	3614.0	**1990**	1087.8	5180.0	**2860**	1571.1
604.4	**318**	158.89	917.6	**492**	255.56	2066.0	**1130**	610.00	3632.0	**2000**	1093.3	5198.0	**2870**	1576.7
608.0	**320**	160.00	921.2	**494**	256.67	2084.0	**1140**	615.56	3650.0	**2010**	1098.9	5216.0	**2880**	1582.2
611.6	**322**	161.11	924.8	**496**	257.78	2102.0	**1150**	621.11	3668.0	**2020**	1104.4	5234.0	**2890**	1597.8
615.2	**324**	162.22	928.4	**498**	258.89	2120.0	**1160**	626.67	3686.0	**2030**	1110.0	5252.0	**2900**	1593.3
618.8	**326**	163.33	932.0	**500**	260.00	2138.0	**1170**	632.22	3704.0	**2040**	1156.6	5270.0	**2910**	1598.9
622.4	**328**	164.44	935.6	**502**	261.11	2156.0	**1180**	637.78	3722.0	**2050**	1121.1	5288.0	**2920**	1604.4
626.0	**330**	165.56	939.2	**504**	262.22	2174.0	**1190**	643.33	3740.0	**2060**	1126.7	5306.0	**2930**	1610.0
629.6	**332**	166.67	942.8	**506**	263.33	2192.0	**1200**	648.89	3758.0	**2070**	1132.2	5324.0	**2940**	1615.6
633.2	**334**	167.78	946.4	**508**	264.44	2210.0	**1210**	654.44	3776.0	**2080**	1137.8	5342.0	**2950**	1621.1
636.8	**336**	168.89	950.0	**510**	265.56	2228.0	**1220**	660.00	3794.0	**2090**	1143.3	5360.0	**2960**	1626.7
640.4	**338**	170.00	953.6	**512**	266.67	2246.0	**1230**	665.56	3812.0	**2100**	1148.9	5378.0	**2970**	1632.2
644.0	**340**	171.11	957.2	**514**	267.78	2264.0	**1240**	671.11	3830.0	**2110**	1154.4	5396.0	**2980**	1637.2
647.6	**342**	172.22	960.8	**516**	268.89	2282.0	**1250**	676.67	3848.0	**2120**	1160.0	5414.0	**2990**	1643.3
651.2	**344**	173.33	964.4	**518**	270.00	2300.0	**1260**	682.22	3866.0	**2130**	1165.6	5432.0	**3000**	1648.9
654.8	**346**	174.44	968.0	**520**	271.11	2318.0	**1270**	687.78	3884.0	**2140**	1171.1	5450.0	**3010**	1654.4
658.4	**348**	175.56	971.6	**522**	272.22	2336.0	**1280**	693.33	3902.0	**2150**	1176.7	5468.0	**3020**	1660.0
662.0	**350**	176.67	975.2	**524**	273.33	2354.0	**1290**	698.89	3920.0	**2160**	1182.2	5486.0	**3030**	1665.6
665.6	**352**	177.78	978.8	**526**	274.44	2372.0	**1300**	704.44	3938.0	**2170**	1187.8	5504.0	**3040**	1671.1
669.2	**354**	178.89	982.4	**528**	276.56	2390.0	**1310**	710.00	3956.0	**2180**	1193.3	5522.0	**3050**	1676.7
672.8	**356**	180.00	986.0	**530**	276.67	2408.0	**1320**	715.56	3974.0	**2190**	1198.9	5540.0	**3060**	1682.2
676.4	**358**	181.11	989.6	**532**	277.78	2426.0	**1330**	721.11	3992.0	**2200**	1204.4	5588.0	**3070**	1687.8
680.0	**360**	182.22	993.2	**534**	278.89	2444.0	**1340**	726.67	4010.0	**2210**	1210.0	5576.0	**3080**	1693.3
683.6	**362**	183.33	996.8	**536**	280.00	2462.0	**1350**	732.22	4028.0	**2220**	1215.6	5594.0	**3090**	1698.9
687.2	**364**	184.44	1000.4	**538**	281.11	2480.0	**1360**	737.78	4046.0	**2230**	1221.1	5612.0	**3100**	1704.4
690.8	**366**	186.56	1004.0	**540**	282.22	2498.0	**1370**	743.33	4064.0	**2240**	1226.7	5702.0	**3150**	1732.2
694.4	**368**	186.67	1007.6	**542**	283.33	2516.0	**1380**	748.89	4082.0	**2250**	1232.2	5792.0	**3200**	1760.0
698.0	**370**	187.78	1011.2	**544**	284.44	2534.0	**1390**	754.44	4100.0	**2260**	1237.8	5882.0	**3250**	1787.8
701.6	**372**	188.89	1014.8	**546**	285.56	2552.0	**1400**	760.00	4118.0	**2270**	1243.3	5972.0	**3300**	1815.6
705.2	**374**	190.00	1018.4	**548**	286.67	2570.0	**1410**	765.56	4136.0	**2280**	1248.9	6062.0	**3350**	1843.3
708.8	**376**	191.11	1022.0	**550**	287.78	2588.0	**1420**	771.11	4154.0	**2290**	1254.4	6152.0	**3400**	1871.1
712.4	**378**	192.22	1040.0	**560**	293.33	2606.0	**1430**	776.67	4172.0	**2300**	1260.0	6242.0	**3450**	1898.9
716.0	**380**	193.33	1058.0	**570**	298.89	2624.0	**1440**	782.22	4190.0	**2310**	1265.6	6332.0	**3500**	1926.7
719.6	**382**	194.44	1076.0	**580**	304.44	2642.0	**1450**	787.78	4208.0	**2320**	1271.1	6422.0	**3550**	1954.4
723.2	**384**	195.56	1094.0	**590**	310.00	2660.0	**1460**	793.33	4226.0	**2330**	1276.7	6512.0	**3600**	1982.2
726.8	**386**	196.67	1112.0	**600**	315.56	2678.0	**1470**	798.89	4244.0	**2340**	1282.2	6602.0	**3650**	2010.0
730.4	**388**	197.78	1130.0	**610**	321.11	2696.0	**1480**	804.44	4262.0	**2350**	1287.8	6692.0	**3700**	2037.8
734.0	**390**	198.89	1148.0	**620**	326.67	2714.0	**1490**	810.00	4280.0	**2360**	1293.3	6782.0	**3750**	2065.6
737.6	**392**	200.00	1166.0	**630**	332.22	2732.0	**1500**	815.56	4298.0	**2370**	1298.9	6972.0	**3800**	2093.3
741.2	**394**	201.11	1184.0	**640**	337.78	2750.0	**1510**	821.11	4316.0	**2380**	1304.4	6962.0	**3850**	2121.1
744.8	**396**	202.22	1202.0	**650**	343.33	2768.0	**1520**	826.67	4334.0	**2390**	1310.0	7052.0	**3900**	2148.9
748.4	**398**	203.33	1220.0	**660**	348.89	2786.0	**1530**	832.22	4352.0	**2400**	1315.6	7142.0	**3950**	2176.7
752.0	**400**	204.44	1238.0	**670**	354.44	2804.0	**1540**	837.78	4370.0	**2410**	1321.1	7232.0	**4000**	2204.4
755.6	**402**	205.66	1256.0	**680**	360.00	2822.0	**1550**	843.33	4388.0	**2420**	1326.7	7322.0	**4050**	2232.2
759.2	**404**	206.67	1274.0	**690**	365.56	2840.0	**1560**	848.89	4406.0	**2430**	1332.2	7412.0	**4100**	2260.0
762.8	**406**	207.78	1292.0	**700**	371.11	2858.0	**1570**	854.44	4424.0	**2440**	1337.8	7502.0	**4150**	2287.8
766.4	**408**	208.89	1310.0	**710**	376.67	2876.0	**1580**	860.00	4442.0	**2450**	1343.3	7592.0	**4200**	2315.6
770.0	**410**	210.00	1328.0	**720**	382.22	2894.0	**1590**	865.56	4460.0	**2460**	1348.9	7682.0	**4250**	2343.3
773.6	**412**	211.11	1346.0	**730**	387.78	2912.0	**1600**	871.11	4478.0	**2470**	1354.4	7772.0	**4300**	2371.1
777.2	**414**	212.22	1364.0	**740**	393.33	2930.0	**1610**	876.67	4496.0	**2480**	1360.0	7862.0	**4350**	2398.9
780.8	**416**	213.33	1382.0	**750**	398.89	2948.0	**1620**	882.22	4514.0	**2490**	1365.6	7952.0	**4400**	2426.7
784.4	**418**	214.44	1400.0	**760**	404.44	2966.0	**1630**	887.78	4532.0	**2500**	1371.1	8042.0	**4450**	2454.4
788.0	**420**	215.56	1418.0	**770**	410.00	2984.0	**1640**	893.33	4550.0	**2510**	1376.7	8132.0	**4450**	2482.2
791.6	**422**	216.67	1436.0	**780**	415.56	3002.0	**1650**	898.89	4568.0	**2520**	1382.2	8222.0	**4550**	2510.0
795.2	**424**	217.78	1454.0	**790**	421.11	3020.0	**1660**	904.44	4586.0	**2530**	1387.2	8312.0	**4600**	2537.8
798.8	**426**	218.89	1472.0	**800**	426.67	3038.0	**1670**	910.00	4604.0	**2540**	1393.3	8402.0	**4650**	2565.6
802.4	**428**	220.00	1490.0	**810**	432.22	3056.0	**1680**	915.56	4622.0	**2550**	1398.9	8492.0	**4700**	2593.3
806.0	**430**	221.11	1508.0	**820**	437.78	3074.0	**1690**	921.11	4640.0	**2560**	1404.4	8582.0	**4750**	2621.1
809.6	**432**	222.22	1526.0	**830**	443.33	3092.0	**1700**	926.67	4658.0	**2570**	1410.0	8672.0	**4800**	2648.9
813.2	**434**	223.33	1544.0	**840**	448.89	3110.0	**1710**	932.22	4676.0	**2580**	1415.6	8762.0	**4850**	2676.7
816.8	**436**	224.44	1562.0	**850**	454.44	3128.0	**1720**	937.78	4694.0	**2590**	1421.1	8852.0	**4900**	2704.4
820.4	**438**	225.56	1580.0	**860**	460.00	3146.0	**1730**	943.33	4712.0	**2600**	1426.7	8942.0	**4950**	2732.2
824.0	**440**	226.67	1598.0	**870**	465.56	3164.0	**1740**	948.89	4730.0	**2610**	1432.2	9032.0	**5000**	2760.0
827.6	**442**	227.78	1616.0	**880**	471.11	3182.0	**1750**	954.44	4748.0	**2620**	1437.8	9122.0	**5050**	2787.8
831.2	**444**	228.89	1634.0	**890**	476.67	3200.0	**1760**	960.00	4766.0	**2630**	1443.3	9212.0	**5100**	2815.6
834.8	**446**	230.00	1652.0	**900**	482.22	3218.0	**1770**	965.56	4784.0	**2640**	1448.9	9302.0	**5150**	2843.3
838.4	**448**	231.11	1670.0	**910**	487.78	3236.0	**1780**	971.11	4802.0	**2650**	1454.4	9392.0	**5200**	2871.1
842.0	**450**	232.22	1688.0	**920**	493.33	3254.0	**1790**	976.67	4820.0	**2660**	1460.0	9482.0	**5250**	2898.9
845.6	**452**	233.33	1706.0	**930**	498.89	3272.0	**1800**	982.22	4838.0	**2670**	1465.6	9572.0	**5300**	2926.7
849.2	**454**	234.44	1724.0	**940**	504.44	3290.0	**1810**	997.78	4856.0	**2680**	1471.1	9662.0	**5350**	2954.4
852.2	**456**	235.56	1742.0	**950**	510.00	3308.0	**1820**	993.33	4974.0	**2690**	1467.7	9752.0	**5400**	2982.2
856.4	**458**	236.67	1760.0	**960**	515.66	3326.0	**1830**	998.89	4892.0	**2700**	1482.2	9842.0	**5450**	3010.0
860.0	**460**	237.78	1778.0	**970**	521.11	3344.0	**1840**	1004.40	4910.0	**2710**	1487.8	9932.0	**5500**	3037.8
863.6	**462**	238.89	1796.0	**980**	526.67	3362.0	**1850**	1010.00	4928.0	**2720**	1493.3	10,002.0	**5550**	3065.6
867.2	**464**	240.00	1814.0	**990**	532.22	3380.0	**1860**	1015.60	4946.0	**2730**	1498.9	10,112.0	**5600**	3093.3

SECCIÓN DE DATOS TÉCNICOS
Sección de referencia

TERMINOLOGÍA

ACF = Pies Cúbicos reales
A/D = Analógico a Digital
ATM = Atmósferas
BTU = Unidades Térmicas Británicas
cc/min = Centímetros cúbicos por minuto
CFH = Pies Cúbicos Estándar por hora (SCFH)
C_P = Calor Específico
C.S. = Acero de Carbono
D = Diámetro
Dia. = Diámetro
Diam. = Diámetro
D/A = Digital a Analógico
EMI = Interferencia Electromagnética
EPR = Caucho Etileno Propileno
FDA = Administración de Alimentos y Medicamentos
FF = Cara Plana
FNPT = Rosca Nacional de Tubos Hembra
FPM = Pies Por Minuto
FPS = Pies Por Segundo
F.S. = Escala Real
Ft = Pies
gals = Galones
gpm = Galones Por Minuto
gph = Galones por Hora
H_F = Calor Latente de Fusión
H/L = Alto/Bajo
H_V = Calor Latente de Vaporización
I.D. = Diámetro Interno
I/0 = Entrada/Salida
k = Conductividad Térmica
lbs = Libras
lbs/in² = Libras por Pulgada Cuadrada
lpm = Litros Por Minuto
L/min = Litros Por Minuto
mL/min = Milímetros por Minuto
MNPT = Rosca Nacional de Tubos Macho
ms = Milisegundos
m/s = Metros por Segundo
MSEC = Milisegundos
NiCad = Níquel Cadmio
NO/NC = Normalmente Abierto/ Normalmente Cerrado
NPT = Rosca Nacional de Tubos
O.D. = Diámetro Externo
P-P = Pico a Pico
PSIA = Libras Por Pulgada Cuadrada Absoluta
PSID = Libras Por Pulgada Cuadrada Diferencial
PSIG = Libras Por Pulgada Cuadrada Calibre
PVC = Cloruro de Polivinilo
PVDF = Fluoruro de Polivinilideno (Kyanol)
RF = Cara Resaltada
RFI = Interferencia de Radiofrecuencia
RMS = Raíz Cuadrada Media
SCCM = Centímetros Cúbicos Estándar por Minuto
SCHED. NO. = Número de Programa
SCFH = Pies Cúbicos Estándar por Hora
SCFM = Pies Cúbicos Estándar por Minuto
SLM = Litros Estándar por Minuto
SLPM = Litros Estándar por Minuto
sq.ft. = Pies Cuadrados
SSU = Segundos Saybolt Universal
ΔT = Aumento de Temperatura
TTL = Lógica Transistor-Transistor
W = Watt
W-hr = Watt-Horas
W/in² = Densidad de 2 watt
W_T = Peso de Material

Factores de conversión

PARA OBTENER	MULTIPLIQUE	POR
Atmósferas	Pulg. Hg a 32 °F	0.033421
BTU	Watt-horas	3.412
BTU	KWh	3412
Centímetros	Pulgadas	2.540
Centímetros de Hg a 0 °C	Atmósferas	76.0
Centímetros de Hg a 0 °C	Gramos/cm cuadrado	0.07356
Centímetros de Hg a 0 °C	Libra/pulgada cuadrada	5.1715
Centímetros de Hg a 0 °C	Libra/pie cuadrado	0.035913
Cm/(seg)(seg)	Gravedad	980.665
Centipoises	Centistokes	Densidad
Centistokes	Centipoises	1/densidad
Centímetro cúbico	Pie cúbico	28,317
Centímetro cúbico	Pulgada cúbica	16,387
Centímetro cúbico	Gal (EUA, liq.)	3785.41
Centímetro cúbico	Litros	1000.03
Centímetro cúbico	Cuartos de gal (EUA, liq.)	946.358
Centímetro cúbico/seg	Pie cúbico/minuto	472.0
Pie cúbico	Metros cúbicos	35.314
Pie cúbico	Gal (EUA, liq.)	0.13368
Pie cúbico	Litros	0.03532
Pie cúbico/minuto	Metros cúbicos/segundo	2118.9
Pie cúbico/minuto	Gal (EUA, liq.)/segundo	8.0192
Pie cúbico/segundo	Gal (EUA, liq.)/min	0.0022280
Pie cúbico/segundo	Litros/min	0.0005886
Pulgada cúbica	Centímetros cúbicos	0.061023
Pulgada cúbica	Gal (EUA, liq.)	231.0
Pulgada cúbica	Litros	61.03
Metros cúbicos	Gal (EUA, liq.)	0.0037854
Metros cúbicos	Litros	0.001000028
Metros cúbicos/hora	Gal/min	0.22712
Metros cúbicos/kilogramos	Pie cúbico/libra	0.062428
Metros cúbicos/minutos	Pie cúbico/minuto	0.02832
Metros cúbicos/seg.	Gal/min	0.000063088
Pies	Metros	3.281
Pies/minuto	Cm/seg	1.9685
Pies/segundo	Metros/seg	3.2808
Pies/(seg)(seg)	Gravedad (nivel del mar)	32.174
Pies/(seg)(seg)	Metros/(seg)(seg)	3.2808
Gal (Imperial, liq.)	Gal (EUA, liq.)	0.83268
Gal (EUA, liq.)	Barriles (Petróleo, EUA)	42
Gal (EUA, liq.)	Pie cúbico	7.4805
Gal (USA, liq.)	Metros cúbicos	264.173
Gal (USA, liq.)	Yardas cúbicas	202
Gal (USA, liq.)	Gal (Imperial, liq.)	1.2010
Gal (USA, liq.)	Litros	0.2642
Gal (USA, liq.)/min	Pies cúbicos/segundo	448.83
Gal (USA, liq.)/min	Metros cúbicos/hora	4.4029
Gal (USA, liq.)/seg	Litros/min	0.0044028
Gramos	Libras (avoir.)	453.5924

Factores de conversión

PARA OBTENER	MULTIPLIQUE	POR
Gramos/(centímetro)(seg)	Centipoises	0.01
Gramos/cm cúbico	Libras/pies cúbicos	0.016018
Gramos/cm cúbico	Libras/pulgadas cúbicas	27.680
Gramos/cm cúbico	Lb/gal	0.119826
Pulgadas	Centímetros	0.3937
Pulgadas de Hg a 32 ˚F	Atmósferas	29.921
Pulgadas de Hg a 32 ˚F	Libras/pulgadas cuadradas	2.0360
Pulgadas de Hg a 32 ˚F	Pulgadas de H_2O a 4 °C	0.07355
Pulgadas/grados F	Centímeros/°C	0.21872
Kg	Libras (avoir.)	0.45359
Kg-cal/metro cuadrado	BTU/pie cuadrado	2.712
Kilogramo/metro cúbico	Libra/pie cúbico	16.018
Kg/(hr)(metro)	Centipoises	3.60
Kg/litro	Libra/gal (EUA, liq.)	0.11983
Kg/metro	Libra/pie	1.488
Kilogramo/cm cuadrado	Libra/pulgada cuadrada	0.0703
Kilogramo/metro cuadrado	Libra/pie cuadrado	4.8824
KWh	BTU	.0002930
KWh	watt-horas	.001
Litros	Pie cúbico	28.316
Litros	Pulgada cúbica	0.01639
Litros	Metros cúbicos	999.973
Litros	Gal (Imperial, liq.)	4.546
Litros	Gal (EUA, liq.)	3.785306
Litros/kg	Pie cúbico/libra	62.42621
Litros/min	Pie cúbico/segundo	1698.963
Litros/min	Gal (EUA, liq.)/min	3.785
Litros/seg	Pie cúbico/minuto	0.47193
Litros/seg	Gal/min	0.063088
Metros	Pies	0.3048
Metros/seg	Pie/segundo	0.3048
Metros/(seg)(seg)	Pie/(segundo)(segundo)	0.3048
Onzas	Gramos	0.035274
Libras (avoir.)	Kg	2.2046
Libras/pies cúbicos	Gramos/centímetro cúbico	62.428
Libras/pies cúbicos	Libras/gal	7.48
Libras/pulgadas cúbicas	Gramos/cm cúbico	0.036127
Libras/(hora) (pies)	Centipoises	2.42
Libras/pulgada	Gramos/cm	0.0056
Libras/(segundos) (pies)	Centipoises	0.000672
Libras/gal. (USA, liq.)	Kg/litro	8.3452
Libras/gal. (USA, liq.)	Libras/pie cúbico	0.1337
Libras/gal. (USA, liq.)	Libras/pulgada cúbica	231
Centímetros cuadrados	Pies cuadrados	929.0
Centímetros cuadrados	Pulgadas cuadradas	6.4516
Pies cuadrados	Metros cuadrados	10.764
Pulgadas cuadradas	Centímetros cuadrados	0.155
Metros cuadrados	Pies cuadrados	0.0929
W-hr	BTU	.2390
W-hr	KWh	1000

PREFIJOS MÉTRICOS

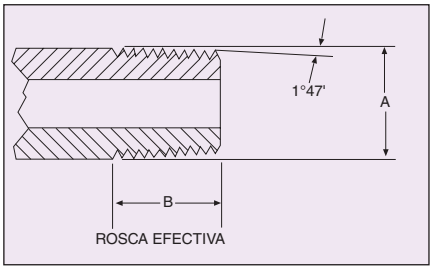
MEGA =	1,000,000
KILO =	1,000
HECTO =	100
DECA=	10
DECI=	0.1
CENTI =	0.01
MILLI=	0.001
MICRO =	0.000.001

FÓRMULAS PARA CONVERSIÓN DE TEMPERATURA:

˚F = (9/5 ˚C) + 32
˚C = (˚F - 32) x 5/9

Dimensiones de rosca nacional cónica para tubos

TAMAÑO NPT	ROSCAS POR PULG	DIM "A" (pulg)	DIM "B" (pulg)
1/16	27	0.312	0.261
1/8	27	0.405	0.264
1/4	18	0.540	0.402
3/8	18	0.675	0.408
1/2	14	0.840	0.534
3/4	14	1.050	0.546
1	11½	1.315	0.683
1¼	11½	1.660	0.707



Gráfica de Resistencia química

INFORMACIÓN SOBRE LA RESISTENCIA QUÍMICA

Estas recomendaciones están basadas sobre información de los proveedores de material y un examen cuidadoso de la información publicada disponible y que se presume como correcta. Sin embargo, dado que la resistencia de metales, plásticos y elastómetros puede afectarse por la concentración, la temperatura, la presencia de otros químicos y otros factores, esta información debe considerarse como una guía general en lugar de una garantía incondicional. Finalmente, el cliente debe de determinar la adecuación de la bomba utilizada en varias soluciones.

Todas las recomendaciones asumen las temperaturas ambiente a menos que se especifique lo contrario.

CLASIFICACIONES—EFECTO QUÍMICO

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

NOTAS AL PIE DE PÁGINA

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio para junta tórica
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.

Las clasificaciones para estos materiales están basadas únicamente en resistencia química. Cualquier consideración agregada debe de ser proporcionada para sacar las selecciones cuando el químico sea abrasivo, naturalmente viscoso o tenga una gravedad específica mayor a 1.1

	302 Acero inoxidable	304 Acero inoxidable	316 Acero inoxidable	440 Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Hastelloy C	Bronce fundido	Latón	Hierro fundido	Acero de carbón	Kynar®	PVC (Tipo 1)	Tygon® (E-3606)	PTFE	Noryl®	Poliacetal	Nailon	Cycolac (ABS)	Polietileno	Polipropileno	Ryton®	Carbón	Cerámica	Ceramagnet "A"*	FKM	Buna- N (Nitrilo)	Silicio	Neopreno	Etileno Propileno (EPM)	Caucho (Natural)	Epoxi
Acetaldehído[5]	A	A	A	-	B	A	A	D	-	-	C	-	D	D	A	-	A	A	D	C	B	A	A	A	-	D	B	B	D	B	C	A
Acetamida	-	B	A	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	-	B	-	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	A	D	A
Solv. De acetato[2]	A	B	A	B	B	-	-	A	C	B	A	-	B	D	A	-	-	A	-	B	D	-	A	A	-	D	D	-	D	-	-	A
Ácido acético, glacia[1]	-	B	A	A	B	A	A	C	C	D	A	-	C	B	A	C	D	D	D	B	B	A	A	A	-	D	D	B	C	B	C	B
Ácido acético 20%	-	B	A	-	-	A	A	-	C	-	-	A	B	-	A	A	-	D	-	-	A	A	-	A	-	A	C	-	C	-	-	B
Ácido acético 80%	-	B	A	-	-	A	A	-	C	-	-	A	D	-	A	B	-	D	-	-	B	-	-	A	-	A	C	-	D	-	-	B
Ácido acético	-	B	A	B	B	A	A	C	C	D	C	B	A	B	A	A	D	D	C	B	A	A	A	A	-	C	C	-	C	B	C	A
Anhídrido acético	B	A	A	B	B	A	A	C	D	B	D	D	D	D	A	D	D	D	D	A	A	A	A	A	-	D	A	C	B	B	C	A
Acetona[6]	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	D	D	D	A	D	B	A	D	C	B	A	A	A	A	D	D	B	C	A	D	B
Cloruro de acetilo	-	C	A	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	A	-	-	-	-	A	A
Acetileno[2]	A	A	A	A	A	B	-	B	-	A	A	-	B	-	-	-	A	A	-	-	D	A	A	A	-	A	A	C	B	A	C	A
Acrilonitrino	A	A	C	-	B	B	B	A	-	C	-	-	-	-	-	-	B	-	D	-	B	A	A	A	-	C	D	-	D	D	-	A
Alcoholes Amílico	A	A	A	-	C	A	A	A	B	C	C	A	A	B	A	C	A	A	B	B	B	A	A	A	-	A	A	D	A	A	C	A
Bencílico	-	A	A	-	B	A	A	A	C	-	-	-	D	B	-	A	A	A	D	D	A	-	A	A	-	A	D	-	B	B	D	A
Butílico	A	A	A	-	B	B	A	B	C	C	C	A	A	B	A	A	A	A	-	B	B	A	A	A	-	A	A	D	A	A	A	A
Diacetona[2]	-	A	A	-	A	A	A	A	C	-	A	-	D	-	-	A	A	A	-	-	D	-	A	A	-	D	D	-	D	A	D	A
Etílico	-	A	A	A	B	A	A	A	C	A	A	-	A	C	-	A	B	A	B	B	A	-	A	A	A	A	A	B	A	B	A	A
Hexil	-	A	A	-	A	A	A	A	C	-	A	-	-	-	-	A	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	D	B	A	A	A
Isobutílico	-	A	A	-	B	A	A	A	C	-	A	-	-	-	-	A	A	A	B	-	A	-	A	A	-	A	C	B	A	A	A	A
Isopropílico	-	A	A	-	B	A	A	A	C	C	A	-	-	-	-	A	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	C	C	B	A	A	A
Metílico[6]	-	A	A	A	B	A	A	A	C	A	A	-	B	-	A	A	C	A	D	B	A	-	A	A	A	C	B	-	A	A	A	A
Octílico	-	A	A	-	A	A	A	A	C	-	A	-	-	-	-	A	A	A	-	-	-	-	A	A	-	A	B	-	B	A	C	A
Propílico	-	A	A	-	A	A	A	A	-	-	A	B	A	-	A	A	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	B	A	A	A	A

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio para junta tórica
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.

** Ceramagnet "A" es generalmente conocida como ferrita de bario.*

Reproducida con la autorización de de Little Giant Pump Company.

	302 Acero inoxidable	304 Acero inoxidable	316 Acero inoxidable	440 Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Hastelloy C	Bronce fundido	Latón	Hierro fundido	Acero de carbón	Kynar®	PVC (Tipo 1)	Tygon® (E-3606)	PTFE	Nory®	Poliacetal	Nailon	Cycolac (ABS)	Polietileno	Polipropileno	Ryton®	Carbón	Cerámica	Ceramagnet "A"*	FKM	Buna- N (Nitrilo)	Silicio	Neopreno	Etileno Propileno (EPM)	Caucho (Natural)	Epoxi
Cloruro de aluminio 20%	-	D	C	D	B	A	A	D	-	D	A	-	A	B	-	A	C	A	-	B	A	A	A	A	-	A	A	-	A	A	A	A
Cloruro de aluminio	C	D	C	-	D	C	A	C	-	D	B	A	A	A	A	A	-	D	-	-	A	A	A	A	-	A	A	C	A	-	-	A
Floruro de aluminio	-	D	C	D	-	D	B	-	-	-	A	A	A	-	A	A	C	D	-	B	A	-	A	-	-	A	A	C	A	-	C	A
Hidróxido de aluminio[6]	-	A	A	A	A	-	-	A	-	D	A	-	A	-	A	A	B	A	-	-	A	-	A	A	A	A	A	-	A	-	A	A
Alum potasio sulfato (alum), 10%	-	A	-	-	A	-	B	-	-	D	A	-	A	-	A	-	-	A	-	A	-	-	A	A	-	A	-	-	A	-	A	A
Alum potasio sulfato (alum), 100%	-	D	A	B	B	-	B	C	-	-	A	-	A	B	A	A	C	D	-	B	A	-	A	A	-	A	A	-	A	-	A	A
Sulfato de aluminio	-	C	C	A	A	A	A	C	C	D	A	A	A	B	A	A	C	A	-	B	A	A	A	A	-	A	A	-	A	A	A	A
Aminas	A	A	A	-	A	B	A	B	-	A	B	-	C	A	A	B	D	A	-	-	-	-	A	A	-	D	D	C	B	B	C	A
Amoníaco 10%	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	D	A	-	A	A	-	A	-	-	A	A	-	A	-	A	D	-	A	-	-	B
Amoníaco, anhidro	A	B	A	A	B	B	A	D	-	D	B	D	A	B	A	A	D	A	-	B	A	B	C	A	-	D	B	B	A	A	D	A
Amoníaco, líquido	-	A	A	A	D	-	B	D	-	A	A	-	A	B	A	A	D	-	-	D	A	-	A	A	-	D	B	B	A	A	D	A
Amoníaco, nitrato	-	A	A	A	C	-	-	D	-	-	A	-	B	B	-	A	C	-	-	-	A	-	A	A	-	-	A	-	C	-	-	A
Amonio bifluoruro	-	C	A	-	D	-	B	-	-	-	-	-	A	-	-	A	D	-	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Carbonato de amonio	B	A	A	A	C	A	B	B	-	C	B	-	A	B	A	A	D	A	-	-	A	-	A	A	-	B	D	C	A	A	-	A
Caseinato de amonio	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	D	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	A	-	-	A
Cloruro amónico	C	A	C	A	C	D	A	D	C	D	D	A	A	B	A	A	B	A	-	B	A	A	A	A	-	A	A	C	A	A	A	A
Hidróxido de amonio	A	A	A	A	C	A	A	D	D	A	C	-	A	B	A	A	D	A	B	B	A	A	A	A	-	B	B	B	A	A	C	A
Nitrato de amonio	A	A	A	A	B	A	A	D	D	A	D	-	A	B	A	A	C	D	-	B	A	A	A	A	-	D	A	C	A	A	A	A
Oxalato de amonio	-	A	A	A	-	-	A	-	-	-	A	-	-	-	-	-	B	-	-	-	-	-	A	-	-	-	A	-	A	-	-	A
Persulfato de amonio	-	A	A	A	C	C	A	A	-	D	A	D	A	-	A	A	D	D	-	-	A	-	A	A	-	C	A	-	A	A	A	A
Fosfato de amonio dibásico	-	A	A	A	B	A	A	A	C	A	A	-	B	-	A	A	C	A	D	B	A	-	A	A	A	C	B	-	A	A	A	A
Fosfato de amonio monobásico	-	A	A	A	B	A	A	D	-	-	A	-	A	A	A	A	B	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	B	A	A	A	A
Fosfato de amonio, tribásico	B	A	A	A	B	A	A	C	-	C	D	-	A	-	A	A	B	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	B	A	A	A	A
Sulfato de amonio	C	D	B	A	B	A	A	B	C	C	C	A	A	D	A	A	B	D	-	B	A	A	A	A	-	D	A	B	A	A	A	A
Tiosulfato de amonio	-	-	A	-	-	A	-	-	-	D	A	-	-	-	-	-	B	-	-	-	-	-	A	A	-	-	A	-	A	-	-	A
Acetato de amilo	B	A	A	C	B	A	A	C	-	-	C	C	D	D	A	D	A	B	-	D	D	A	A	A	-	D	D	D	D	A	D	A
Alcohol amílico	-	A	A	-	B	A	A	A	-	-	A	A	A	B	A	C	A	A	-	B	A	-	A	A	-	B	B	D	A	A	C	A
Cloruro de amilo	-	C	B	-	D	-	A	A	-	-	A	A	D	C	A	D	A	C	-	D	D	-	A	A	-	A	D	-	D	D	D	A
Anilina	B	A	A	A	C	A	B	C	-	-	C	C	D	D	A	D	D	C	D	C	B	A	A	A	-	C	D	C	D	B	D	A
Anti-congelante	-	A	A	-	A	-	A	B	B	B	C	-	A	B	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A
Tricloruro de antimonio	-	D	D	-	D	C	A	-	-	-	-	-	A	A	A	-	-	D	-	A	-	-	-	A	-	A	-	-	C	-	A	A
Agua regia (80% HCl, 20% HNO)	-	D	D	-	D	A	D	D	-	-	-	C	D	D	A	D	D	D	-	D	C	-	-	D	-	C	D	C	D	D	D	D
Arochior 1248		-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	D		-	-	-	-	-	A	-	-	A	D	-	D	B	D	A
Hidrocarbonos aromáticos	-	-	A	-	A	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	D	A	-	-	C	-	-	A	-	-	A	D	-	D	D	D	A
Ácido arsénico	B	A	A	-	D	-	-	D	B	D	D	A	A	B	A	A	D	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	-	A	-	C	A
Asfalto	-	B	A	-	C	-	-	A	-	C	-	-	A	-	-	-	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	B	C	B	D	D	A
Carbonato de bario	B	A	A	A	B	A	A	B	-	B	B	-	A	A	A	A	A	A	-	B	A	-	A	A	A	A	A	-	A	-	A	A
Cloruro de bario	C	D	A	A	D	A	A	B	-	-	C	A	A	B	A	A	A	B	-	B	A	A	A	A	-	A	A	B	A	A	A	A
Cianuro de bario	C	D	A	A	D	A	A	B	-	-	C	A	A	B	A	A	A	B	-	B	A	A	A	A	-	A	A	B	A	A	A	A
Hidróxido de bario	B	C	A	A	D	B	B	B	-	C	C	A	A	-	A	A	D	A	-	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A
Nitrato de bario	-	A	A	-	-	A	-	D	-	A	A	-	B	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	A	A	-	B
Sulfato de bario	B	A	A	A	D	A	A	C	-	C	C	A	A	-	A	A	A	A	-	B	A	A	A	B	-	A	A	D	A	A	-	B
Sulfuro de bario	B	A	A	-	D	B	-	C	-	C	C	-	A	A	A	A	A	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	C	A	A	A	A
Caña[2]	A	A	A	-	A	A	A	A	B	D	D	A	A	-	A	A	B	D	B	B	D	-	A	A	-	A	D	C	A	A	A	A

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio para junta tórica.
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.

Gráfica de Resistencia Química Continuación

	302 Acero inoxidable	304 Acero inoxidable	316 Acero inoxidable	440 Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Hastelloy C	Bronce fundido	Latón	Hierro fundido	Acero de carbón	Kynar®	PVC (Tipo 1)	Tygon® (E-3606)	PTFE	Noryl®	Poliacetal	Nailon	Cycolac (ABS)	Polietileno	Polipropileno	Ryton®	Carbón	Cerámica	Ceramagnet "A"*	FKM	Buna- N (Nitrilo)	Silicio	Neopreno	Etileno Propileno (EPM)	Caucho (Natural)	Epoxi
Líquidos de azúcar de remolacha	A	A	A	-	A	-	-	A	B	A	-	-	A	-	A	A	B	A	B	-	A	-	A	A	-	A	A	-	B	A	A	A
Benzaldehído[3]	A	A	A	-	B	A	A	A	-	B	A	C	D	D	A	D	A	C	D	D	D	A	A	A	-	D	D	B	D	A	D	A
Benceno[2]	B	A	A	A	B	A	B	B	A	B	C	B	D	C	A	D	A	A	D	D	D	A	A	A	A	A	D	-	D	D	D	A
Ácido benzoico[2]	B	A	A	A	B	A	A	B	-	D	-	A	A	B	A	A	B	D	-	B	D	-	A	B	-	A	D	-	D	D	D	A
Benzol	-	A	A	-	B	A	A	B	A	-	-	-	D	-	A	D	A	A	-	-	A	-	A	A	A	D	D	-	D	-	-	A
Bórax (Borato de sodio)	-	A	A	A	C	B	A	A	B	A	C	A	A	A	A	A	A	A	-	B	A	A	A	A	A	A	B	C	A	A	C	A
Ácido bórico	B	A	A	A	B	A	A	B	C	D	-	A	A	B	A	A	A	A	-	B	A	-	A	A	A	A	A	-	A	A	A	A
Derrame de cervecería	-	-	A	-	-	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Bromo[2] (húmedo)	D	D	D	D	D	A	A	C	-	D	D	A	B	B	A	D	D	D	D	D	D	D	D	A	D	A	D	D	D	D	D	C
Butadieno	A	A	A	-	A	-	-	C	A	C	C	A	A	-	A	-	A	A	-	-	-	B	A	A	-	A	A	-	B	A	-	A
Butano[2] [1]	A	A	A	-	A	-	-	A	A	C	C	A	A	C	A	D	A	A	B	C	D	A	A	A	-	A	A	D	B	D	D	A
Butanol	-	A	A	-	A	-	A	A	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manteca	-	B	A	-	A	-	-	D	-	D	-	-	-	B	-	B	A	-	B	-	-	-	A	A	-	A	A	-	B	A	D	A
Suero de leche	A	A	A	A	A	-	-	D	-	D	-	-	-	B	A	A	A	A	B	-	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	D	A
Butileno	A	B	A	-	A	-	-	A	A	A	A	-	B	-	A	-	A	-	-	-	-	A	A	A	-	A	B	-	-	D	D	A
Acetato de butilo[1]	-	-	C	-	A	-	A	A	-	-	A	C	D	D	A	D	A	-	-	C	D	A	A	A	-	D	B	D	D	B	D	A
Ácido butírico[1]	B	B	A	A	B	A	A	C	-	D	-	A	B	-	A	A	C	D	D	-	A	-	A	D	-	D	D	-	D	B	-	A
Bisulfato de calcio	C	D	A	-	D	-	-	D	D	D	-	-	A	A	A	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	A	C	C	-	A	A
Bisulfuro de calcio	-	-	B	-	C	A	A	C	-	-	-	-	A	-	A	A	D	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	-	A	D	-	A
Bisulfato de calcio	-	B	A	-	C	A	A	C	-	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	A	-	A	-
Carbonato de Calcio	B	A	A	A	C	A	A	C	-	D	-	-	A	A	A	A	A	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	-	A	-	A	A
Clorato de calcio	-	B	A	-	-	B	B	C	-	-	-	-	A	A	A	-	-	A	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	A
Cloruro De Calcio	C	A	D	C	C	A	A	B	-	C	-	A	A	A	A	A	D	A	B	B	A	A	A	A	B	A	A	B	D	A	A	A
Hidróxido de calcio	B	A	A	-	C	A	A	B	-	-	-	-	A	A	A	A	B	A	-	B	A	-	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A
Hipoclorito de calcio	D	D	C	C	C	A	B	D	-	D	-	A	D	-	A	A	D	D	-	B	A	-	A	A	-	A	B	C	D	A	C	A
Sulfato de calcio	B	A	A	A	B	A	B	B	-	-	-	A	A	A	A	A	A	A	C	B	A	A	A	A	-	A	A	-	D	-	C	A
Calgon	-	A	A	-	-	-	-	C	-	D	-	-	-	-	-	A	B	-	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Jugo de caña[2]	-	A	A	-	B	-	-	B	C	A	-	-	A	-	-	-	A	A	-	-	D	-	A	A	-	-	A	-	A	-	A	A
Ácido carbólico (Ver Fenol)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bisulfuro de Carbón[2]	B	A	A	A	A	-	-	C	-	B	-	-	D	D	-	-	A	A	-	-	D	-	A	A	A	A	D	-	D	D	D	A
Dióxido de carbono (húmedo)	-	A	A	-	C	-	A	C	C	C	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	
Disulfuro de carbono[2]	-	B	A	-	C	-	-	C	C	B	C	-	D	C	A	D	A	A	-	D	D	A	A	B	-	A	D	-	D	D	D	A
Monóxido de carbono	-	A	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	B	A	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	B	B	A	C	A
Tetracloruro de carbono[2] [1]	B	B	B	A	C	A	A	C	A	C	D	A	C	C	A	D	A	A	D	D	D	C	A	A	A	A	C	C	D	-	D	C
Agua carbonatada	B	A	A	A	A	-	-	B	-	D	-	-	A	-	-	A	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	A	A	-	A
Ácido carbónico	B	A	B	A	A	-	A	B	-	D	-	A	A	-	A	A	A	A	-	B	A	-	A	A	-	A	B	B	A	A	A	A
Catsup	-	A	A	A	D	-	-	C	-	D	-	-	A	-	-	A	B	A	B	-	A	-	A	A	-	A	A	-	C	-	-	A
Ácido cloroacético[2]	D	D	D	D	C	A	A	D	-	D	-	D	A	D	A	-	D	D	-	D	D	-	A	A	-	D	D	-	D	B	D	B
Ácido clórico	-	D	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	D	-	-	D
Pegamento clorinado	-	A	A	-	D	-	-	C	-	D	-	-	-	-	-	C	-	C	D	-	-	-	-	A	-	A	C	-	D	B	D	A
Cloro líquido anhidro	-	D	D	D	D	D	A	D	-	C	-	-	D	B	A	A	D	D	-	D	D	C	A	D	-	A	D	-	D	B	D	B
Cloro (seco)	B	A	A	-	D	D	A	A	B	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	C	A	A	-	D	-	-	D	-	D	D
Agua con cloro	D	-	D	-	D	A	B	D	D	D	-	A	A	-	A	C	-	D	-	-	D	C	C	A	-	A	D	C	D	-	-	-
Clorobenceno (mono)	A	A	A	-	B	-	A	B	-	B	C	A	D	D	A	D	A	A	D	D	D	A	A	A	-	A	D	-	D	D	D	A

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio para junta tórica.
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.

	302 Acero inoxidable	304 Acero inoxidable	316 Acero inoxidable	440 Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Hastelloy C	Bronce fundido	Latón	Hierro fundido	Acero de carbón	Kynar®	PVC (Tipo 1)	Tygon® (E-3606)	PTFE	Noryl®	Poliacetal	Nailon	Cycolac (ABS)	Polietileno	Polipropileno	Ryton®	Carbón	Cerámica	Ceramagnet "A"*	FKM	Buna- N (Nitrilo)	Silicio	Neopreno	Etileno Propileno (EPM)	Caucho (Natural)	Epoxi
Cloroformo	A	A	A	A	D	A	A	B	-	D	C	C	D	C	A	D	A	C	D	D	D	C	A	A	A	A	D	D	D	D	D	A
Ácido clorosulfónico [1]	D	D	-	D	D	A	B	D	-	-	D	D	C	C	A	D	D	D	-	D	D	D	-	C	-	D	D	D	D	D	D	C
Clorox (blanqueador)	-	A	D	-	C	-	A	A	-	D	C	-	A	B	A	A	D	D	B	-	C	C	A	A	-	A	C	-	B	B	D	A
Sirope de chocolate	-	A	A	-	A	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	A	A	A	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	A	-	D	A
Ácido crómico 5%	-	A	A	B	C	A	A	D	D	D	-	-	A	B	-	C	D	D	B	B	A	A	D	C	-	A	D	C	D	A	B	B
Ácido crómico 10%	-	B	-	-	-	A	A	-	D	-	-	A	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	A	-	A	D	-	D	-	-	C
Ácido crómico 30%	-	B	-	-	-	A	A	-	D	-	-	B	A	-	A	D	-	D	-	-	A	-	-	A	-	A	D	-	D	-	-	D
Ácido crómico 50%	C	B	B	-	C	A	A	D	D	D	-	C	B	B	A	D	D	D	C	C	B	B	D	A	-	A	D	-	D	A	D	C
Sidra	-	A	A	A	B	-	-	A	-	D	-	-	A	-	-	A	B	-	-	B	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Ácido cítrico	-	A	A	A	C	A	A	D	C	D	-	A	A	-	A	A	B	C	C	B	B	-	A	A	B	A	D	C	A	A	A	A
Aceites cítricos	-	A	A	-	C	-	-	B	-	-	-	-	-	-	-	A	B	-	-	-	A	-	A	A	-	A	A	C	D	-	-	A
Café	A	A	A	A	A	-	-	B	-	C	-	-	-	-	A	A	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	A	-	A	A
Cloruro de cobre	C	D	D	B	D	A	A	D	-	D	-	A	A	B	A	A	B	D	-	B	A	A	-	A	-	A	A	-	A	A	A	A
Cianuro de cobre	-	A	A	A	D	A	A	C	-	D	-	A	A	-	A	A	B	A	-	B	A	A	A	A	-	B	B	-	A	A	A	C
Fluoborato de cobre	-	D	D	-	D	-	B	D	-	D	-	-	A	-	A	-	B	-	-	A	-	-	A	-	-	A	B	-	A	-	A	A
Nitrato de cobre	B	A	A	B	D	A	A	D	-	-	-	A	A	-	A	A	B	D	-	B	A	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Sulfato de cobre (5% solución)	-	A	A	A	D	A	A	D	D	D	-	-	A	-	A	A	B	D	-	B	A	A	A	A	-	A	A	C	A	-	C	A
Sulfato de cobre	B	B	-	-	-	A	A	C	D	-	-	A	A	-	A	A	-	C	-	-	A	-	-	A	-	B	B	-	A	A	-	A
Crema	-	A	A	-	A	-	-	C	-	D	-	-	-	-	-	A	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	C	-	-	A
Cresoles[2]	-	A	A	-	B	-	-	D	C	-	-	-	D	D	-	-	D	-	D	D	C	A	A	A	-	D	D	D	D	D	D	A
Ácido crecílico	B	A	A	-	C	A	B	C	-	-	-	B	B	D	A	-	D	D	-	C	-	-	A	A	-	A	D	-	D	D	D	A
Ciclohexano	-	A	-	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	D	-	D	A	-	-	-	D	A	A	A	-	A	A	D	D	D	D	A
Ácido ciánico	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	D	-	-	A
Detergentes	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	A	B	A	B	B	A	A	A	A	-	A	A	-	B	A	C	A
Dicloretano	-	A	A	-	-	-	A	-	-	-	-	-	D	D	A	-	-	A	-	D	-	-	-	-	-	B	-	-	D	-	D	A
Combustible diésel	A	A	A	-	A	-	-	A	-	A	A	-	-	-	-	D	A	-	-	-	D	A	A	A	-	A	A	-	D	D	D	A
Dietilamina	A	A	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	D	-	A	B	D	-	-	-	C	-	A	A	-	D	B	-	B	B	C	A
Dietilenglicol	-	A	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	A	A	B	B	-	-	A	A	-	A	A	C	A	A	A	A
Óxido de difenilo	-	A	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	D	-	D	D	D	A
Colorantes	-	A	A	-	B	-	-	C	-	-	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	C	-	-	A
Sales de epsom (Sulfato de magnesio)	B	A	A	A	A	A	B	B	-	-	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	A	-	C	A
Etano	A	A	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	D	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	B	D	D	A
Etanolamina	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	-	D	-	-	-	-	A	A	A	-	D	B	C	B	-	C	A
Éter [3]	A	A	A	A	A	-	B	B	A	-	B	-	D	C	-	D	A	C	-	-	-	A	A	A	A	C	D	-	D	C	D	A
Acetato de etilo [2]	-	A	A	-	B	-	B	B	-	-	C	D	D	D	A	D	A	A	D	C	C	A	A	A	-	D	D	C	D	B	D	A
Cloruro de etilo	-	A	A	A	B	A	B	B	-	C	D	A	D	D	A	D	A	A	-	D	D	A	A	A	-	A	D	D	C	A	A	A
Sulfato de etilo	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	-	-	-	A
Cloruro de etileno [2]	-	A	A	-	C	B	B	A	-	C	C	-	D	-	A	D	A	-	D	-	D	A	A	A	-	A	D	D	D	C	D	A
Dicloruro de etileno	-	A	A	-	D	A	B	C	-	-	C	-	D	D	A	D	A	A	-	D	A	A	C	A	-	A	D	D	D	C	D	A
Glicol etileno [4]	-	A	A	-	A	-	A	B	B	B	C	A	A	B	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A
Óxido de etileno	-	-	A	-	A	-	-	A	-	-	-	-	D	-	A	A	A	A	-	-	-	-	A	A	-	D	D	D	D	C	D	A
Ácidos grasos	-	A	A	-	B	A	A	C	-	D	-	A	A	B	A	B	A	A	-	B	A	-	A	A	-	A	C	C	B	C	C	A
Cloruro férrico	-	D	D	D	D	A	B	D	D	D	-	A	A	B	A	A	B	D	-	B	A	A	A	A	-	A	D	C	B	A	A	A
Nitrato férrico	-	A	A	A	D	A	A	D	-	-	-	A	A	-	A	A	B	D	-	B	A	A	A	A	-	A	A	D	A	A	A	A
Sulfato férrico	-	A	C	A	D	A	A	D	D	D	-	A	A	B	A	A	B	A	C	-	A	A	C	A	-	A	B	C	A	-	A	A
Cloruro ferroso	-	D	D	-	D	A	B	C	-	D	-	A	A	B	A	A	B	D	-	B	A	A	A	A	-	A	B	C	A	-	A	A

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio por para junta tórica.
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.

Gráfica de Resistencia Química Continuación

	302 Acero inoxidable	304 Acero inoxidable	316 Acero inoxidable	440 Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Hastelloy C	Bronce fundido	Latón	Hierro fundido	Acero de carbón	Kynar®	PVC (Tipo 1)	Tygon® (E-3606)	PTFE	Noryl®	Poliacetal	Nailon	Cycolac (ABS)	Polietileno	Polipropileno	Ryton®	Carbón	Cerámica	Ceramagnet "A"*	FKM	Buna- N (Nitrilo)	Silicio	Neopreno	Etileno Propileno (EPM)	Caucho (Natural)	Epoxi
Sulfato ferroso	B	A	C	-	D	A	B	C	-	D	D	A	A	B	A	A	B	D	-	B	A	A	A	A	-	A	B	-	A	-	A	A
Ácido fluobórico	-	D	B	-	-	D	A	-	-	D	-	A	A	B	A	B	B	C	-	B	A	-	A	D	-	A	B	-	A	-	-	A
Flúor	D	D	D	-	D	D	A	D	-	D	D	-	C	-	C	-	-	D	-	C	-	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-	D
Ácido fluosilícico	-	-	B	-	D	D	B	-	-	D	-	A	A	B	A	A	B	D	-	B	A	-	A	D	-	B	A	-	A	-	-	C
Formaldehído 40%	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	B	B	-	A	A	-	D	-	-	A	A	-	A	-	D	B	B	A	-	-	A
Formaldehído	A	A	A	-	A	A	B	A	B	D	A	-	A	B	A	D	A	A	-	B	A	A	A	A	-	D	C	B	D	B	C	A
Ácido fórmico6	C	A	B	B	D	C	A	C	C	D	D	A	D	B	A	A	D	D	-	B	A	A	A	A	B	B	D	C	D	A	C	B
Freón 11[1]	A	-	A	-	B	-	-	B	-	C	B	-	B	D	A	D	A	A	D	C	-	A	A	A	A	B	C	D	D	D	D	A
Freón 12 (húmedo)[2]	-	-	D	-	B	-	-	B	-	-	-	-	B	D	A	D	A	A	B	C	A	A	A	A	A	A	A	D	B	B	D	A
Freón 22	-	-	A	-	B	-	-	B	-	-	-	-	D	D	-	B	A	A	-	-	-	A	A	A	A	D	D	D	A	A	A	A
Freón 113	-	-	A	-	B	-	-	B	-	-	-	-	C	D	-	-	A	A	-	-	-	A	A	A	A	C	A	D	A	-	D	A
Freón T.F.[4]	-	-	A	-	B	-	-	B	-	-	-	-	B	D	-	D	A	A	-	-	D	A	A	A	A	B	A	D	A	D	D	A
Jugo de frutas	A	A	A	A	B	-	-	B	-	D	D	-	A	-	D	A	B	A	-	B	A	-	A	A	A	A	A	-	A	-	-	A
Aceites combustibles	A	A	A	-	A	A	A	B	-	C	B	A	A	-	A	A	A	A	-	D	B	A	A	A	-	A	A	C	B	D	D	A
Resina de furano	-	A	A	-	A	-	-	A	-	A	A	-	-	-	A	-	A	-	-	-	-	A	-	A	-	A	D	-	D	-	D	A
Furfural [1]	A	A	A	-	A	-	B	A	-	-	A	D	D	-	A	D	B	A	D	D	D	A	A	A	-	D	D	D	D	B	D	A
Ácido gálico	B	A	A	-	A	-	A	A	-	D	D	-	A	A	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A	-	-	-	-	-
Gasolina[1] [4]	A	A	A	A	A	D	A	A	-	A	A	A	C	-	A	D	A	A	D	D	C	A	A	A	A	A	A	D	D	C	D	A
Gelatina	A	A	A	A	A	-	A	A	C	D	D	-	A	-	A	A	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	A	A	A	A
Glucosa	A	-	A	-	A	-	-	A	A	B	B	-	A	B	A	B	A	A	B	B	A	-	A	A	-	A	A	B	A	A	A	A
Pegamento P.V.A.[1]	B	B	A	-	B	A	-	A	-	-	A	-	A	B	A	-	A	A	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Glicerina	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	A	A	B	A	A	A	A	C	-	A	-	A	A	-	A	A	B	A	A	A	A
Ácido glicólico	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	A	-	A	C	-	-	B	A	A	A	-	-	A	A	-	A	-	-	A
Mono cianuro de oro	-	-	A	-	-	-	-	A	-	D	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Zumo de uvas	-	A	A	-	B	-	-	B	-	D	-	-	A	-	-	A	B	-	B	B	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Grasa [4]	A	A	A	-	A	-	-	B	-	A	A	-	-	-	A	-	A	A	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	D	-	-	A
Heptano [1]	A	-	A	-	A	-	A	A	-	-	B	A	A	-	A	D	A	A	C	D	D	A	A	A	-	A	A	-	B	D	-	A
Hexano [1]	A	A	A	-	A	-	A	B	-	-	B	A	C	-	A	D	A	A	D	-	C	A	A	A	-	A	A	B	B	D	D	A
Miel	-	A	A	-	A	-	-	A	-	A	-	-	A	-	-	A	A	A	B	-	A	-	A	A	-	A	A	-	A	A	-	A
Aceites hidráulicos (petróleo)[1]	A	A	A	-	A	-	-	B	-	A	A	-	-	-	A	-	A	A	-	-	D	-	A	A	-	A	A	-	B	D	D	A
Aceites hidráulicos (sintéticos)[1]	-	A	A	-	A	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	A	A	-	-	D	-	A	A	-	A	C	D	-	-	-	A
Hidracina	-	A	A	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	A	-	-	A	B	D	B	A	C	A
Ácido bromhídrico 20%	-	-	D	-	-	A	A	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	B	-	A	D	-	C	-	-	B
Ácido bromhídrico [4]	D	D	D	D	D	A	A	D	-	D	D	A	A	B	A	C	D	D	-	B	B	-	A	A	-	A	D	D	D	A	A	A
Ácido clorhídrico (gas seco)	D	C	A	-	D	-	A	-	-	-	D	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	A	-	A
Ácido clorhídrico (20%)[4]	-	D	D	D	D	C	B	D	-	D	-	A	A	B	A	A	D	D	B	A	A	D	A	A	D	A	C	-	C	A	C	A
Ácido clorhídrico (37%)[4]	-	D	D	D	D	C	B	D	-	D	-	A	A	B	A	A	D	D	C	A	A	D	A	C	D	A	C	C	C	C	D	A
Ácido clorhídrico 100%	-	D	D	-	D	D	C	D	-	D	-	-	A	A	A	-	-	D	-	A	-	-	A	C	-	C	D	-	C	-	A	A
Ácido cianhídrico	A	A	A	C	A	A	A	D	D	-	C	-	A	B	A	A	B	A	-	B	A	-	A	A	-	A	C	-	B	-	A	A
Ácido cianhídrico (gas 10%)	-	D	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	A	C	A
Ácido fluorhídrico (20%)[1]	-	D	D	D	D	D	B	D	-	D	-	-	D	B	A	A	D	D	-	C	A	C	B	C	D	A	D	-	C	A	C	B
Ácido fluorhídrico (75%)[1] [2]	-	C	D	-	D	D	C	D	-	D	-	A	C	B	A	D	D	D	-	C	B	C	D	D	D	A	D	D	D	C	C	C
Ácido fluorhídrico 100%	D	D	D	-	D	D	B	D	-	D	D	-	C	D	A	-	-	-	-	D	-	C	D	D	-	-	D	-	D	-	D	A
Ácido hidrofluosilícico (20%)	-	D	D	-	D	D	B	A	-	D	-	-	D	-	A	B	D	D	-	-	A	-	A	D	-	A	B	-	B	A	A	C
Ácido hidrofluosilícico	-	D	D	-	C	-	C	D	-	-	-	-	-	C	A	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	D	A	-	-	-

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio para junta tórica.
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.

	302 Acero inoxidable	304 Acero inoxidable	316 Acero inoxidable	440 Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Hastelloy C	Bronce fundido	Latón	Hierro fundido	Acero de carbón	Kynar®	PVC (Tipo 1)	Tygon® (E-3606)	PTFE	Noryl®	Poliacetal	Nailon	Cycolac (ABS)	Polietileno	Polipropileno	Ryton®	Carbón	Cerámica	Ceramagnet "A"*	FKM	Buna- N (Nitrilo)	Silicio	Neopreno	Etileno Propileno (EPM)	Caucho (Natural)	Epoxi
Gas de hidrógeno	A	A	A	-	A	-	-	A	-	B	B	A	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A
Peróxido de hidrógeno 10%	-	C	C	-	A	C	A	D	D	D	-	-	A	A	A	-	-	D	-	A	-	B	A	A	-	-	A	-	D	-	C	D
Peróxido de hidrógeno 30%	-	-	B	-	-	B	A	-	D	-	-	-	A	-	A	-	-	D	-	-	A	C	-	-	-	A	D	-	C	-	-	B
Peróxido de hidrógeno	-	A	B	A	A	B	A	D	D	D	D	C	A	C	A	B	D	D	-	B	A	C	-	A	A	A	D	C	D	C	C	A
Sulfuro de hidrógeno, solución acuosa	-	D	A	C	C	A	A	D	C	D	-	A	A	B	A	A	D	D	-	B	A	A	A	A	A	D	C	-	B	A	D	A
Sulfuro de hidrógeno (en seco)	A	C	A	-	D	-	A	D	C	B	B	-	A	-	A	-	-	D	-	-	-	A	-	A	-	D	-	-	-	-	A	A
Ácido hidroxiacético (70%)	-	-	-	-	D	B	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	D	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	A	A	-	A
Tinta	A	A	A	-	C	-	-	C	-	D	D	-	-	-	-	B	A	A	-	B	-	-	A	A	A	A	A	-	A	-	-	A
Yodo	-	D	D	D	D	A	B	D	-	D	-	-	D	B	A	A	C	D	D	D	D	-	D	A	-	A	B	-	D	B	D	A
Yodo (en alcohol)	-	-	B	-	-	D	A	-	-	-	-	-	D	-	A	C	-	D	-	-	B	-	-	A	-	A	D	-	D	-	-	-
Yodoformo	B	C	A	-	A	-	-	C	-	C	B	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-
Isotano[2]	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	A	-	-	-	D	-	-	A	-	A	A	-	-	-	D	A
Acetato de isopropilo	-	-	B	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	D	D	-	D	B	D	A
Éter de isopropilo [2]	A	-	A	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	-	A	D	A	-	-	-	D	-	A	A	-	D	B	-	D	D	D	-
Energía de reacción (JP#, JP4, JP5)	A	A	A	-	A	-	-	A	-	A	A	A	A	-	A	D	A	A	-	-	D	A	A	A	-	A	A	D	D	D	D	A
Queroseno [2]	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	D	A	D	A	A	B	D	D	A	A	A	A	A	A	D	D	A	D	A
Cetonas	A	A	A	-	B	A	A	A	-	A	A	D	D	D	A	D	B	A	-	D	D	A	C	A	-	D	D	-	D	D	C	C
Lacas	A	A	A	-	A	-	-	A	C	C	C	-	-	D	-	C	A	A	-	-	A	-	A	A	-	D	D	-	D	-	D	A
Diluyentes de laca	-	-	A	-	-	A	A	-	C	-	-	-	C	-	A	D	-	A	-	-	B	-	-	A	-	-	D	-	D	A	-	-
Ácido láctico	A	A	B	C	C	A	A	D	-	D	D	C	A	B	A	A	B	C	-	B	A	A	A	A	-	B	B	-	A	B	A	A
Manteca	B	A	A	A	A	-	-	A	-	A	C	-	A	-	-	-	A	A	C	-	A	-	A	A	-	A	A	C	B	-	D	A
Látex	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	A	A	-	B	-	-	-	A	-	A	A	-	C	A	-	A
Acetato de plomo	B	A	A	-	D	A	A	C	-	-	D	-	A	B	A	A	A	A	-	B	A	-	A	A	-	D	B	-	D	A	A	A
Sulfamato de plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	A	-	-	-	-	A	B	C	A	D	C	A
Ligroina3	-	-	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	D	A	-	-	-	D	-	-	A	-	A	A	-	B	A	D	A
Lima	-	A	A	-	C	A	-	A	-	A	-	-	A	-	-	A	D	-	C	-	-	-	A	A	-	A	A	C	B	D	-	A
Lubricantes	-	A	A	-	A	A	A	B	-	-	-	-	A	-	A	-	A	A	B	-	A	A	A	A	-	A	A	C	D	-	D	A
Carbonato de magnesio	-	A	A	A	-	-	B	-	-	-	-	-	A	-	-	A	A	-	-	B	A	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	A
Cloruro de magnesio	B	B	B	A	D	A	A	B	C	D	C	-	A	B	A	A	A	A	-	B	A	A	-	A	-	A	A	-	A	A	A	A
Hidróxido de magnesio	A	A	A	-	D	A	A	C	B	B	B	A	A	-	A	A	A	A	-	B	A	A	A	A	-	A	B	-	B	-	C	A
Nitrato de magnesio	-	A	A	A	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	A	A	-	B	A	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Óxido de magnesio	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	A
Sulfato de magnesio	B	B	A	-	B	A	B	B	B	C	B	-	A	B	A	A	A	A	-	B	A	A	A	A	-	A	A	-	A	D	C	A
Ácido maleico	C	A	A	A	B	A	A	C	-	-	B	-	A	B	A	A	C	A	-	-	C	-	A	A	-	A	D	-	A	D	D	A
Anhídrido maleico	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	-	-	-	-	A	A	-	A	D	-	D	-	D	A
Ácido málico	B	A	A	-	C	-	A	D	-	-	D	-	A	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	A	-	B	-	-	A	-	A	-
Pasta	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	A	-	-	A	-	A	-	-	A
Mayonesa	A	A	A	-	D	-	-	D	-	D	D	-	-	-	A	A	A	A	B	-	A	-	A	A	-	A	A	-	-	-	-	A
Melamina	-	D	D	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	A	A	-	-	C	-	-	-	-	A
El cloruro de mercurio (solución diluida)	D	D	D	D	D	A	B	D	D	D	D	-	A	A	A	A	A	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	-	A	A	A	A
Cianuro de mercurio	A	A	A	-	D	A	-	D	-	-	D	-	A	-	A	A	A	-	-	B	A	-	A	A	-	-	A	-	-	-	-	A
Mercurio	A	A	A	A	C	C	A	D	D	A	A	-	A	-	A	A	A	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	-	A	A	A	A
Metanol (ver alcohol metílico)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetato de metilo	A	-	A	-	A	-	A	A	-	-	B	-	-	-	A	-	A	-	D	-	-	-	A	A	-	D	D	D	B	B	D	-
Acrilato de metilo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	D	D	-	B	B	D	A

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio para junta tórica.
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.

Gráfica de Resistencia Química Continuación

	302 Acero inoxidable	304 Acero inoxidable	316 Acero inoxidable	440 Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Hastelloy C	Bronce fundido	Latón	Hierro fundido	Acero de carbón	Kynar®	PVC (Tipo 1)	Tygon® (E-3606)	PTFE	Noryl®	Poliacetal	Nailon	Cycolac (ABS)	Polietileno	Polipropileno	Ryton®	Carbón	Cerámica	Ceramagnet "A"*	FKM	Buna- N (Nitrilo)	Silicio	Neopreno	Etileno Propileno (EPM)	Caucho (Natural)	Epoxi
Acetona de metilo	A	-	A	-	A	-	-	A	-	A	A	-	-	-	A	D	A	-	-	-	-	-	-	A	-	D	D	-	D	-	-	C
Alcohol de metilo 10%	A	-	A	-	C	-	A	C	-	-	B	-	A	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	B	-	-	-	A	A
Bromuro de metilo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	D	-	-	A	A	-	A	B	-	D	D	D	B
Cetona de metilo butílico	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	B	-	-	-	-	-	A	A	-	D	D	C	D	A	D	B
Metilo cellosolve	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	C	B	-	-	-	A	-	A	A	-	D	D	-	D	B	D	C
Cloruro de metilo	-	A	A	-	D	A	A	A	-	-	-	A	D	-	A	D	A	A	-	D	D	-	A	A	-	A	D	D	D	C	D	A
Dicloruro de metilo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	D	-	D	D	D	A
Cetona de metilo etílico	-	A	A	-	A	A	A	A	-	-	-	D	D	-	A	D	B	A	D	D	A	A	A	A	-	D	D	C	D	A	D	B
Cetona de metilo isobutílico [2]	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	D	D	-	A	D	B	A	D	-	C	A	A	A	-	D	D	C	D	C	D	B
Metilisopropilcetona	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	B	A	-	-	-	-	A	A	-	D	D	B	D	B	D	B
Metacrilato de metilo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	--	-	-	-	-	A	A	-	D	D	-	D	D	D	A
Metilamina	A	-	A	-	A	-	-	D	-	B	B	-	-	-	-	B	D	-	-	-	-	-	A	A	-	-	B	-	-	-	-	A
Cloruro de metileno	A	A	A	-	A	A	A	A	C	-	B	D	D	-	A	D	A	D	-	D	D	-	A	A	-	D	D	-	D	D	D	A
Leche	A	A	A	A	A	-	-	C	C	D	D	-	A	-	-	A	A	A	B	B	A	-	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Melaza	A	A	A	A	A	-	-	A	B	A	A	-	A	-	-	B	A	A	-	B	A	-	A	A	A	A	A	-	A	-	-	A
Mostaza	A	A	A	A	B	-	-	B	-	C	B	-	A	-	-	B	B	A	B	-	A	-	A	A	-	A	B	C	C	-	-	A
Nafta	A	A	A	A	A	A	A	B	-	B	B	A	A	C	A	D	A	A	C	D	A	A	A	A	-	A	B	D	D	D	D	A
Naftalina	B	A	B	-	B	A	A	C	-	B	A	A	D	-	A	D	A	-	-	D	B	A	A	A	-	B	D	-	D	D	D	A
Cloruro de níquel	-	A	B	-	D	A	A	D	-	D	-	A	A	B	A	A	B	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	-	A	A	A	A
Sulfato de níquel	B	A	B	-	D	A	B	C	C	D	D	A	A	A	A	A	B	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	-	A	A	C	A
Ácido nítrico (10% sol.)	A	A	A	A	D	A	A	D	-	D	D	A	A	B	A	A	D	D	C	B	A	D	C	B	D	A	D	-	D	B	D	A
Ácido nítrico (20% sol.)	-	A	A	A	D	A	A	D	-	D	-	B	A	B	A	A	D	D	D	B	A	C	D	C	D	A	D	-	D	D	D	B
Ácido nítrico (50% sol.)	-	A	A	A	D	A	A	D	-	D	-	B	A	B	A	A	D	D	D	C	D	C	D	A	-	A	D	-	D	D	D	D
Ácido nítrico (solución concentrada)	-	D	B	A	B	A	B	D	D	D	-	-	D	C	A	D	D	D	D	D	D	C	D	A	C	B	D	-	D	D	D	D
Nitrobenceno [2]	B	A	B	-	C	A	B	D	-	B	B	D	D	D	A	D	B	C	D	D	C	B	A	A	-	D	D	D	D	D	D	B
Aceites Anilina	-	A	A	-	C	A	D	A	-	A	-	-	D	-	A	D	D	C	D	-	A	-	A	A	-	A	D	-	D	B	D	A
Anís	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	D	-	-	A
Laurel	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	-	-	D	-	-	A
Hueso	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	D	-	-	A
Ricino	-	A	A	-	A	-	-	A	-	A	-	-	A	-	-	-	A		-	-	-	-	A	A	A	A	A	-	A	B	A	A
Canela	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	A	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	D	-	-	A
Cítrico	-	A	A	-	-	-	-	D	-	D	-	-	-	-	-	-	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	D	-	-	A
Diente de ajo	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	A	-	-	B	-	A	A	-	-	A	-	-	-	-	A
Coco	-	A	A	-	B	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	A	A	D	A
Hígado de bacalao	-	A	A	-	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	A	C	-	A	-	A	A	-	A	A	-	B	A	D	A
Maíz	-	A	A	A	B	-	-	B	-	A	-	-	-	-	-	-	A	A	C	-	A	-	A	A	-	A	A	-	D	C	D	A
Semillas de algodón	B	A	A	A	B	-	-	B	-	A	C	-	A	-	A	-	A	A	C	-	A	A	A	A	-	A	A	-	D	C	D	A
Creosota [2]	-	A	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	D	-	A	A	-	A	A	-	B	D	D	A
Combustible diésel (2D, 3D, 4D, 5D)	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	D	A	A	-	-	A	A	A	A	-	A	A	-	D	D	D	A
Combustible (1, 2, 3, 5A, 5B, 6)	-	A	A	-	A	A	A	A	-	-	-	-	A	-	A	D	A	-	-	-	B	-	A	A	-	A	B	-	D	D	D	A

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio para junta tórica.
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.

	302 Acero inoxidable	304 Acero inoxidable	316 Acero inoxidable	440 Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Hastelloy C	Bronce fundido	Latón	Hierro fundido	Acero de carbón	Kynar®	PVC (Tipo 1)	Tygon® (E-3606)	PTFE	Noryl®	Poliacetal	Nailon	Cycolac (ABS)	Polietileno	Polipropileno	Ryton®	Carbón	Cerámica	Ceramagnet "A"*	FKM	Buna- N (Nitrilo)	Silicio	Neopreno	Etileno Propileno (EPM)	Caucho (Natural)	Epoxi
Aceites (cont.) Jenjibre	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Hidráulico (Vea hidráulico)	-								-		-	-																-		-		
Limón	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	D	-	A	A	-	A	-	-	D	-	-	A
Linaza	-	A	A	A	A	-	-	A	-	A	-	-	A	B	-	-	A	A	C	-	A	-	A	A	A	A	A	-	D	D	D	A
Mineral	A	A	A	A	A	-	-	A	-	A	B	-	A	-	-	B	A	A	-	-	B	A	A	A	A	A	A	-	B	D	D	A
Oliva	A	A	A	-	A	-	-	B	-	A	B	-	A	-	A	-	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	C	B	-	D	A
Naranja	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	D	-	-	A
Palma	-	A	A	-	A	-	-	B	-	-	-	-	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	D	-	-	A
Maní [3]	-	A	A	-	A	-	-	A	-	A	-	-	A	-	-	-	A	-	-	-	D	-	A	A	-	A	A	-	D	-	D	A
Yerbabuena [2]	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	A	--	-	-	D	-	A	A	-	A	D	-	D	-	-	A
Pino	A	A	A	-	A	-	-	D	-	C	B	-	A	-	A	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	D	-	D	A
Colza	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	B	-	D	-	D	A
Colofonia	-	A	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	-	-	-	A
Semilla de sésamo	-	A	A	-	A	-	-	A	-	A	-	-	A	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	D	-	-	A
Silicona	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	A	A	A	-	-	A	-	A	A	A	A	A	-	A	-	A	A
Soja	-	A	A	-	A	-	-	B	-	A	-	-	A	-	-	-	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	D	-	D	A
Esperma	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	D	-	-	A
Ácido tánico	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	D	-	-	A
Turbina	-	A	A	-	A	-	-	A	-	A	-	-	A	-	-	-	A	-	C	-	-	-	A	A	-	A	A	-	D	-	D	A
Ácido oléico	B	A	A	B	B	-	B	B	C	C	C	-	A	C	A	C	B	A	B	D	C	-	A	A	-	D	B	D	D	D	D	A
Óleum 25%	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	B	D	-	A	D	-	-	-	-	-	-	-	A	-	A	D	D	D	D	-	D
Óleum	B	-	A	-	B	-	-	C	C	-	B	D	D	-	A	-	D	-	-	-	D	-	-	A	-	A	C	D	D	D	D	A
Ácido oxálico (frío)	C	A	B	A	C	C	B	B	C	D	D	-	A	B	A	C	C	D	-	A	A	-	A	A	-	A	B	C	B	A	C	A
Parafina	A	A	A	A	A	-	-	A	-	B	B	A	A	-	A	B	A	A	B	-	A	-	A	A	-	A	A	-	-	-	-	A
Pentano	A	C	C	-	A	-	B	A	-	B	B	-	-	-	A	D	A	A	D	-	-	-	A	A	-	A	A	-	B	D	D	A
Percloroetileno [2]	B	A	A	-	A	-	-	C	-	B	B	A	-	-	A	D	A	-	D	-	D	A	A	A	-	A	C	D	D	D	D	A
Petrolato	A	-	A	-	B	-	-	B	-	C	C	-	-	-	A	D	A	A	B	-	-	-	A	A	-	A	A	-	B	A	D	A
Fenol 10%	B	A	A	-	A	-	B	C	-	B	D	-	A	C	A	-	-	D	-	-	-	A	-	-	-	B	D	-	C	D	C	C
Fenol (ácido carbólico)	B	A	A	A	B	C	A	B	D	D	D	A	A	C	A	C	D	D	-	D	B	A	A	D	A	A	D	-	D	D	D	B
Ácido fosfórico (A 40% solución)	-	B	A	A	D	A	A	D	D	D	-	-	A	B	A	A	D	D	C	B	A	A	B	C	D	A	D	-	D	B	C	A
Ácido fosfórico (40% - 100% Solución)	-	C	B	B	D	B	A	D	D	D	-	-	A	B	A	A	D	D	D	C	A	A	B	D	D	A	D	-	D	B	C	C
Ácido fosfórico (crudo)	-	D	C	C	D	C	A	D	D	D	D	A	-	-	A	-	D	D	D	C	-	A	C	D	-	A	D	-	D	B	-	A
Anhídrido fosfórico (Seco o húmedo)	-	A	A	-	-	-	-	-	D	-	-	-	D	D	A	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	D	D	-	D	-	A	-
Anhídrido fosfórico (Fundido)	-	A	A	-	D	-	-	D	D	-	-	-	D	-	A	-	-	A	-	D	-	-	-	-	-	D	C	-	D	-	D	A
Fotográfico (Revelador)	-	C	A	C	C	A	A	-	-	D	-	-	A	-	-	A	C	-	-	B	A	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Anhídrido ftálico	B	A	B	-	B	-	A	B	-	C	C	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	C	-	-	-	-	-
Ácido pícrico	B	A	A	-	C	-	A	D	D	D	D	-	A	A	A	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	A	A	D	A	-	A	A
Soluciones de enchapado enchapado de Antimonio 130 °F	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	A	-	A	A	D	A	-	-	B
Enchapado de arsénico 110 °F	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	C	-	A	A	D	A	-	-	B
Enchapado de latón baño regular de latón 100 °F	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	C	-	A	A	D	A	-	-	B
Baño de latón de Alta velocidad 110 °F	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	D	-	A	A	D	A	-	-	B
Baño de bronce R.T de chapado de Cobre-cadmio y bronce	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	C	-	A	A	D	A	-	-	B
Baño de bronce De cobre-estaño 160 °F	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	D	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	D	-	A	A	D	B	-	-	C

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio para junta tórica.
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.

Gráfica de Resistencia Química Continuación

	302 Acero inoxidable	304 Acero inoxidable	316 Acero inoxidable	440 Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Hastelloy C	Bronce fundido	Latón	Hierro fundido	Acero de carbón	Kynar®	PVC (Tipo 1)	Tygon® (E-3606)	PTFE	Noryl®	Poliacetal	Nailon	Cycolac (ABS)	Polietileno	Polipropileno	Ryton®	Carbón	Cerámica	Ceramagnet "A"*	FKM	Buna- N (Nitrilo)	Silicio	Neopreno	Etileno Propileno (EPM)	Caucho (Natural)	Epoxi
Enchapado (continuación) Baño de Bronce de Cobre-Zinc 100°F	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	C	-	A	A	-	A	-	-	B
Baño de Cianuro de enchapado de cadmio 90 °F	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	C	-	A	A	-	A	-	-	B
Baño de fluoborato 100 °F	-	-	A	-	-	D	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	D	-	A	B	-	C	-	-	B
Baño de cromo sulfúrico con enchapado de cromo 130 °F	-	-	C	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	D	-	D	-	-	A	-	-	A	-	C	D	-	D	-	-	D
baño de fluosilicato 95 °F	-	-	C	-	-	C	A	-	-	-	-	-	A	-	A	D	-	D	-	-	A	-	-	B	-	C	D	-	D	-	D	D
baño de fluoruro 130 °F	-	-	D	-	-	C	A	-	-	-	-	-	A	-	A	D	-	D	-	-	A	-	-	B	-	C	D	-	D	-	-	D
baño de cromo negro 115 °F	-	-	C	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	D	-	D	-	-	A	-	-	A	-	C	D	-	D	-	-	D
baño de cromo de barril 95 °F	-	-	D	-	-	C	A	-	-	-	-	-	A	-	A	D	-	D	-	-	A	-	-	A	-	C	D	-	D	-	-	D
Baño de cobre (cianuro) con chapado de cobre 120 °F				-	A	A	A	-	-	-	-	-		-	A	A	-		-	-		-	-	C	-	B	-	-	A	-	-	
Baño de sal Rochelle 150 °F	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	D	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	D	-	A	A	-	B	-	-	C
Baño de alta velocidad 180 °F	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	D	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	D	-	A	A	-	B	-	-	C
Baño de sulfato de cobre (ácido) R.t. con chapado de cobre	-	-	D	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	D	-	A	A	-	A	-	-	D
Baño de fluoborato de cobre 120 °F	-	-	D	-	-	D	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	D	-	A	B	-	C	-	-	D
Cobre (misc.) Cobre pirofosfato 140 °F	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	B	-	A	A	-	A	-	-	B
Cobre (electrolítico)140 °F	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	D	-	A	D	-	D	-	-	B
Chapado de oro de Cianuro 150 °F	-	-	A	-	-	A	A	C	-	-	-	-	D	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	B	-	A	A	-	A	-	-	D
Neutral 75 °F	-	-	C	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Ácido 75 °F	-	-	C	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Chapado R.t. de sulfamato de indio	-	-	C	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Baño de cloruro ferroso de chapado de hierro 190 °F	-	-	D	-	-	A	D	-	-	-	-	-	D	-	A	A	-	D	-	-	C	-	-	A	-	A	B	-	D	-	-	D
Baño de sulfato ferroso 150 °F	-	-	C	-	-	A	A	-	-	-	-	-	D	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	B	-	-	D
Baño de sulfato de amonio ferroso 150 °F	-	-	C	-	-	A	A	-	-	-	-	-	D	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	B	-	-	D
Baño de cloruro-sulfato 160 °F	-	-	D	-	-	A	D	-	-	-	-	-	D	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	A	-	A	B	-	C	-	-	D
Baño de fluoborato 145 °F	-	-	D	-	-	D	B	-	-	-	-	-	D	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	D	-	A	B	-	C	-	-	D
Sulfamato 140 °F	-	-	D	-	-	A	B	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Chapado de fluorobato de plomo	-	-	C	-	-	D	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	D	-	A	B	-	C	-	-	A
Enchapado de níquel Typo de watts 115/160 °F	-	-	C	-	-	A	A	-	-	-	-	-	D	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	D
Cloruro alto 130/160 °F	-	-	C	-	-	A	A	-	-	-	-	-	D	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	B	-	-	D
Fluoborato 100/170 °F	-	-	C	-	-	D	A	D	-	-	-	-	D	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	D	-	A	B	-	C	-	-	D
Sulfamato 100/140 °F	-	-	C	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A
electrolítico 200 °F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	A	D	-	D	-	-	D	-	-	A	-	A	D	-	D	-	-	B
Enchapado de rodio 120 °F	-	-	D	-	-	D	D	-	-	-	-	-	A	-	A	A	D	D	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	B	-	-	A
Enchapado de plata 80-120 °F	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	B	-	A	A	-	A	-	-	A
Enchapado de estaño-fluoborato 100 °F	-	-	C	-	-	D	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	D	-	A	B	-	C	-	-	A
Enchapado de estaño-plomo 100 °F	-	-	C	-	-	D	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	D	-	A	B	-	C	-	-	A
Enchapado de zinc Cloruro ácido 140°F	-	-	D	-	-	A	D	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Baño de sulfato ácido 150 °F	-	-	C	-	-	A	A	-	-	-	-	-	D	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	A	-	A	A	-	B	-	-	D

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio para junta tórica.
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.

	302 Acero inoxidable	304 Acero inoxidable	316 Acero inoxidable	440 Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Hastelloy C	Bronce fundido	Latón	Hierro fundido	Acero de carbón	Kynar®	PVC (Tipo 1)	Tygon® (E-3606)	PTFE	Noryl®	Poliacetal	Nailon	Cycolac (ABS)	Polietileno	Polipropileno	Ryton®	Carbón	Cerámica	Ceramagnet "A"*	FKM	Buna- N (Nitrilo)	Silicio	Neopreno	Etileno Propileno (EPM)	Caucho (Natural)	Epoxi
Enchapados (continuación) Baño R.T de fluoborato Ácido	-	-	-	C	-	D	-	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	A	-	-	D	-	A	B	-	C	-	-	A
Baño R.T de cianuro Alcalino	-	-	-	A	-	A	A	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	D	-	A	A	-	A	-	-	A
Potasa	-	A	-	A	C	-	A	C	-	B	-	-	A	B	-	A	B	A	-	B	A	-	A	A	A	A	A	-	B	-	B	A
Bicarbonato potásico	-	A	-	B	C	A	B	B	-	D	-	A	A	-	A	A	C	A	C	B	A	A	A	A	-	A	A	-	A	-	B	A
Bromuro de potasio	A	A	-	B	C	A	B	C	-	D	D	A	A	-	A	A	A	C	-	B	A	C	A	A	-	A	A	-	A	A	B	A
Carbonato de potasio	B	A	-	A	C	A	A	C	-	B	B	A	A	B	A	A	B	A	-	B	A	A	A	A	A	A	B	-	A	-	B	A
Clorato de potasio	B	A	A	A	B	A	B	B	-	B	B	A	A	B	A	A	B	D	-	B	A	A	A	A	-	A	A	-	A	-	B	A
Cloruro de potasio	C	A	A	B	B	A	A	C	C	B	B	A	A	A	A	A	A	B	C	B	A	A	A	A	-	A	A	-	A	A	A	A
Cromato de potasio	-	-	B	B	A	-	B	A	-	A	-	-	A	-	-	A	C	-	-	B	-	A	A	D	-	A	A	-	A	-	B	C
Soluciones de cianuro de potasio	B	A	B	A	D	A	A	D	-	B	B	A	A	-	A	A	C	A	-	B	A	A	C	A	-	B	A	-	A	A	A	A
Dicromato de potasio	B	A	A	A	A	A	B	C	-	B	C	A	A	-	A	A	C	D	-	B	A	A	A	A	-	B	A	-	A	A	A	A
Ferrocianuro de potasio	B	A	-	A	C	-	B	A	-	-	C	-	A	-	A	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	A	A
Hidróxido de potasio (50%)	A	B	B	B	D	C	A	D	D	C	A	D	A	B	A	A	D	A	C	B	A	A	-	D	A	D	B	C	A	A	C	A
Nitrato de potasio	B	A	B	A	B	A	B	B	-	-	B	A	A	C	A	A	B	C	-	B	A	C	A	A	-	B	A	-	A	A	A	A
Permanganato de potasio	B	A	B	B	B	B	B	B	-	B	B	A	A	-	A	A	C	D	C	B	B	A	A	A	-	B	A	-	A	-	B	B
Sulfato de potasio	B	A	B	B	A	A	A	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	C	-	B	A	A	A	A	-	A	A	C	A	A	C	A
Sulfuro de potasio	A	A	-	A	B	-	B	B	-	B	B	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-
Propano (licuado)[1] [2]	A	A	-	A	A	-	-	A	A	-	B	-	D	-	A	D	A	A	-	-	D	-	A	A	-	A	A	D	B	D	D	A
Propilenglicol	B	B	-	A	A	-	-	B	-	B	B	-	-	-	A	-	B	B	B	B	-	-	A	A	-	A	A	-	C	-	-	A
Piridina	-	C	-	B	B	-	-	-	-	B	A	D	-	D	A	D	D	-	-	C	B	A	A	A	-	D	D	-	D	B	D	A
Ácido pirogálico	B	A	A	A	B	-	A	B	-	B	B	-	A	-	A	-	D	A	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	-	-	-	A
Colofonias	A	A	A	A	A	-	B	A	C	-	C	-	-	-	A	-	B	A	-	-	A	-	A	A	-	-	A	-	-	-	-	A
Ron	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	A	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Inhibidores de óxido	-	A	-	A	-	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	C	-	-	A
Aderezo para ensaladas	-	A	-	A	B	-	-	B	-	D	-	-	A	-	-	A	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	-	-	-	A
Agua de mar	A	A	C	A	C	A	-	C	-	-	D	-	A	-	A	A	A	A	-	B	A	-	A	A	A	A	A	B	B	A	A	A
Laca (blanqueado)	A	A	-	A	A	-	-	A	B	B	A	-	-	-	A	-	A	A	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	A
Laca (naranja)	A	A	-	A	A	-	-	A	C	C	A	-	-	-	A	-	A	A	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	A
Silicón	-	B	-	A	B	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	B	A	A	A	A
Bromuro de plata	-	C	C	B	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	C	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	A
Nitrato de plata	B	A	B	A	D	A	A	D	-	D	D	A	A	B	A	A	C	A	-	B	A	-	A	A	-	A	C	-	A	C	A	A
Soluciones de jabón [1]	A	A	A	A	C	A	B	B	-	B	A	-	B	B	A	A	A	A	-	B	A	A	A	A	A	A	A	B	B	-	C	A
Ceniza de soda (Ver carbonato de sodio)							A																									
Acetato de sodio	B	A	A	B	B	A		B	-	C	C	A	A	-	A	A	B	A	-	B	A	-	A	A	-	D	D	-	C	-	A	A
Aluminato de sodio	B	-	-	A	C	B	B	B	-	-	C	-	-	-	A	A	B	A	-	-	-	A	A	A	-	A	A	-	A	A	B	A
Bicarbonato de sodio	B	A	A	A	A	A	-	B	A	C	C	A	A	B	A	A	B	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A
Bisulfato de sodio	A	A	-	A	D	B	B	C	C	D	D	A	A	B	A	A	B	C	C	B	A	A	A	A	-	B	A	C	A	-	A	A
Bisulfato de sodio	-	A	-	A	A	A	B	C	-	D	-	A	A	B	A	A	B	D	B	B	A	A	A	A	-	A	A	C	A	-	A	A
Borato de sodio	B	A	-	A	C	-	A	A	-	C	C	-	C	-	A	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	A	-	B	A	-	-	-
Carbonato de sodio	B	A	B	B	C	A	A	B	B	B	B	A	A	B	A	A	A	A	C	B	A	A	B	A	-	A	A	-	A	A	A	A
Clorato de sodio	B	A	-	A	B	A	B	B	-	-	C	A	A	B	A	A	D	A	-	B	A	A	A	A	-	A	D	-	A	-	A	A
Cloruro de sodio	B	A	C	B	C	A	A	B	C	B	C	A	A	B	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	B	A
Cromato de sodio	A	A	A	-	D	-	B	B	-	B	B	-	-	-	A	A	D	A	-	-	A	A	A	B	-	B	A	-	A	-	-	C
Cianuro de sodio	B	A	-	A	D	A	-	D	D	B	B	A	A	-	A	A	D	C	-	B	A	A	A	A	-	A	A	D	A	A	A	A
Fluoruro de sodio	B	C	-	C	C	A	A	C	-	D	D	-	D	D	A	-	-	A	-	C	-	-	-	-	-	B	D	-	D	-	D	A
Hidrosulfito de sodio	-	-	-	-	A	-	A	C	-	-	-	-	C	A	A	-	-	A	-	-	-	-	-	A	-	A	-	-	A	-	A	-

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio para junta tórica.
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.

Gráfica de Resistencia Química Continuación

	302 Acero inoxidable	304 Acero inoxidable	316 Acero inoxidable	440 Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Hastelloy C	Bronce fundido	Latón	Hierro fundido	Acero de carbón	Kynar®	PVC (Tipo 1)	Tygon® (E-3606)	PTFE	Noryl®	Poliacetal	Nailon	Cycolac (ABS)	Polietileno	Polipropileno	Ryton®	Carbón	Cerámica	Ceramagnet "A"*	FKM	Buna- N (Nitrilo)	Silicio	Neopreno	Etileno Propileno (EPM)	Caucho (Natural)	Epoxi
Hidróxido de sodio (20%)	-	A	A	A	D	A	A	C	D	A	-	A	A	B	A	A	D	C	C	B	A	A	C	D	A	A	A	D	B	A	A	A
Hidróxido de sodio (50% solución)	-	A	B	-	D	A	A	C	D	B	-	D	A	B	A	A	D	C	C	C	A	B	C	D	A	D	D	D	C	-	A	A
Hidróxido de sodio (80% solución)	-	A	D	-	D	A	B	C	D	C	-	-	A	B	A	A	D	C	C	C	A	B	C	D	A	B	D	D	C	-	B	A
Hipoclorito de sodio[3] (a 20%)	-	C	C	C	C	A	A	D	D	D	-	-	A	B	A	A	D	A	-	B	D	C	D	A	B	A	C	D	D	B	C	B
Hipoclorito de sodio (100%)	D	-	D	-	D	A	A	D	-	D	D	A	A	-	A	A	-	A	-	-	C	C	-	D	-	B	B	C	A	-	-	A
Hiposulfato de sodio	-	A	A	-	D	-	-	D	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	-	C	C
Metafosfato de sodio [2]	A	-	A	-	A	-	-	C	C	B	B	-	-	-	A	-	B	A	-	-	D	-	A	A	-	A	A	-	B	A	A	A
Metasilicato de sodio	A	-	A	-	B	-	-	B	-	C	C	-	-	-	A	-	D	-	-	-	-	-	A	-	-	A	A	D	A	-	-	A
Nitrato de sodio	B	A	A	A	A	A	B	B	C	A	B	A	A	B	A	A	B	A	-	B	A	-	A	A	A	D	C	D	B	A	C	A
Perborato de sodio	B	-	C	-	B	-	-	C	C	B	B	-	-	-	A	A	B	A	-	-	A	-	A	A	-	A	B	D	B	A	C	A
Peróxido de sodio	B	A	A	-	C	-	B	C	C	D	C	-	A	-	A	-	D	D	-	-	-	-	A	A	-	A	C	D	B	A	C	A
Polifosfato de sodio (mono, di, tribásico)	-	A	A	-	D	A	A	C	-	-	-	-	-	-	A	A	B	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	D	A	A	A
Silicato de sodio	B	A	B	A	C	A	B	C	C	-	B	-	A	B	A	A	C	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	A	A	A	A
Sulfato de sodio	B	A	A	C	B	A	B	B	B	A	B	-	A	-	A	A	B	A	-	B	A	A	A	A	-	A	A	-	A	A	C	A
Sulfuro de sodio	B	A	B	-	D	A	B	D	D	A	B	-	A	B	A	A	B	A	-	B	A	A	A	A	-	A	C	-	A	A	C	A
Sulfito de sodio	-	C	C	-	C	A	A	C	-	A	-	-	A	A	A	-	-	D	-	A	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	A	A
Tetraborato de sodio	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	A	B	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	-	-	-	A
Tiosulfato de sodio ("Hipo")	A	A	A	-	B	A	-	D	D	C	B	-	A	-	A	A	C	A	-	-	A	A	A	A	-	A	B	-	A	A	C	A
Sorgo	-	A	A	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Salsa de soja	-	A	A	-	A	-	-	A	-	D	-	-	-	-	-	A	A	A	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	D	A
Cloruro de estaño	D	D	D	-	D	A	B	D	-	D	D	A	A	-	A	A	C	A	-	B	A	-	-	A	-	A	A	D	A	A	A	A
Fluoborato estánnico	-	-	A	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	A	C	-	-	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Cloruro de estaño	D	D	C	-	D	A	A	D	-	D	D	-	A	A	A	-	-	D	-	A	-	-	-	-	-	B	C	D	D	-	A	A
Almidón	B	A	A	-	A	-	-	B	-	C	C	-	A	-	A	A	A	A	-	B	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Ácido esteárico [2]	B	A	A	A	B	A	A	C	C	C	C	A	A	B	A	A	A	A	-	B	D	-	A	A	A	A	B	D	B	B	C	A
Disolvente stoddard	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	D	A	D	A	A	B	D	D	A	A	A	-	A	B	D	D	D	D	A
Estireno	A	A	A	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	-	A	A	A	-	-	-	-	-	A	A	-	B	D	D	D	D	D	A
Azúcar (líquidos)	A	A	A	A	A	-	A	A	-	B	B	-	-	-	A	A	A	A	B	-	A	-	A	A	A	A	A	-	B	-	A	A
Licores de sulfato	-	C	C	-	B	-	A	C	-	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	A	-	A	A	-	-	-	-	C	-	-	A
Cloruro de azufre	-	D	D	D	D	-	-	C	D	-	-	-	A	C	A	A	D	A	-	A	D	-	A	C	-	A	D	-	D	D	D	C
Dióxido de azufre [2]	-	A	A	C	A	A	B	B	-	-	-	B	D	B	A	D	B	D	D	C	D	A	A	A	-	D	D	C	B	A	D	A
Dióxido de azufre (seco)	A	A	A	-	A	-	A	A	C	A	B	-	D	-	A	-	-	A	-	D	-	-	A	A	-	D	-	-	D	-	D	D
Trióxido de azufre (seco)	A	A	C	-	A	-	-	B	-	B	B	-	A	B	A	D	D	D	-	-	-	-	B	A	-	A	D	-	D	B	C	A
Ácido sulfúrico (a 10%)	-	D	C	C	C	A	A	D	D	D	-	A	A	B	A	A	D	D	B	B	A	A	A	A	-	A	C	-	D	D	C	A
Ácido sulfúrico (10% -75%)[2]	-	D	D	D	D	C	B	D	D	D	-	A	A	B	A	B	D	D	B	C	A	B	A	D	C	A	D	-	D	D	D	B
Ácido sulfúrico 75%-100%	-	-	D	-	-	D	B	-	D	-	-	A	B	-	A	A	-	D	-	-	B	C	-	A	-	A	D	-	D	-	-	D
Ácido sulfuroso	C	C	B	C	C	A	B	D	-	D	D	-	A	B	A	A	D	D	-	B	A	-	B	A	-	A	C	D	B	B	C	A
Cloruro de sulfurilo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A
Sirope	-	A	A	A	A	-	-	D	-	-	-	-	A	-	-	A	A	A	B	-	A	-	A	A	A	A	A	-	B	-	A	A
Sebo	-	A	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	A	A	-	C	-	-	A	A	-	A	A	-	-	-	-	A
Ácido tánico	B	A	A	A	C	A	B	B	-	C	C	A	A	B	A	A	B	D	-	B	A	-	A	A	A	A	D	C	A	A	A	A
Licores de bronceado	-	A	A	-	C	A	A	A	-	-	-	-	A	B	A	-	B	-	-	-	A	-	A	A	-	A	C	-	-	-	-	A
Ácido tartárico	B	A	B	B	C	A	B	A	C	D	D	A	A	B	A	A	B	A	-	B	A	-	A	A	-	A	D	C	A	-	A	A

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio para junta tórica.
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.

	302 Acero inoxidable	304 Acero inoxidable	316 Acero inoxidable	440 Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Hastelloy C	Bronce fundido	Latón	Hierro fundido	Acero de carbón	Kynar®	PVC (Tipo 1)	Tygon® (E-3606)	PTFE	Noryl®	Poliacetal	Nailon	Cycolac (ABS)	Polietileno	Polipropileno	Ryton®	Carbón	Cerámica	Ceramagnet "A"*	FKM	Buna- N (Nitrilo)	Silicio	Neopreno	Etileno Propileno (EPM)	Caucho (Natural)	Epoxi
Tetracloroetano	-	-	A	-	-	A	A	-	-	-	-	-	D	-	A	D	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A	D	-	-	D	D	A
Tetrahidrofurano	-	A	A	-	D	-	-	D	-	D	A	D	D	-	A	D	A	A	-	D	C	A	A	A	-	D	D	-	D	B	D	A
Tolueno, toluol [3]	A	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	A	D	D	A	D	A	A	D	D	D	A	A	A	A	C	D	D	D	D	D	A
Jugo de tomate	A	A	A	-	A	-	-	C	-	C	C	-	-	-	A	A	B	A	B	-	A	A	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Tricloroetano	-	C	A	-	C	A	A	C	-	C	-	-	-	-	A	D	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	D	D	D	D	D	A
Trichloretileno[2]	B	A	A	-	B	A	A	B	A	C	B	A	D	-	A	D	A	C	D	D	D	C	A	A	C	A	D	D	D	D	D	A
Tricloropropano	-	-	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	D	A	-	D	-	-	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Triosafosfato	-	-	A	-	-	B	A	A	-	-	-	-	D	-	A	A	C	-	-	-	-	-	A	A	-	B	D	-	D	A	-	A
Trietilamina	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	-	-	B	D	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	D	B	-	-	A
Trementina [3]	B	A	A	-	C	-	A	B	C	B	B	A	A	B	A	D	A	A	-	D	B	A	A	A	-	A	D	-	D	D	D	A
Orina	-	A	A	-	B	-	-	C	-	B	-	-	A	-	-	A	A	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	-	D	A	-	A
Jugo de vegetales	-	A	A	-	A	-	-	C	-	D	-	-	-	-	-	A	A	A	-	-	-	-	A	A	-	A	A	B	D	-	D	A
Vinagre	A	A	A	A	D	A	A	B	B	C	D	A	A	-	A	A	B	A	B	B	A	A	A	A	A	A	C	-	B	A	C	A
Barniz (Uso FKM para aromático)	A	A	A	A	A	-	-	A	B	-	C	-	-	-	A	D	A	A	-	-	A	-	A	A	A	A	B	C	D	-	D	A
Agua, ácido, mina	-	A	A	-	C	-	-	C	D	C	-	-	A	B	-	A	D	A	B	-	A	B	A	A	-	A	A	-	B	-	B	A
Agua destilada de laboratorio de grado 7	-	A	A	-	B	-	-	A	-	D	-	-	A	B	A	A	A	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	-	B	A	A	A
Agua fresca	A	A	A	-	A	-	-	A	C	B	D	-	A	B	A	A	A	A	A	D	A	A	A	A	A	A	A	-	B	A	A	A
Agua salina	-	A	A	-	B	-	-	B	C	D	-	-	A	B	-	A	A	A	-	-	A	A	A	A	A	A	A	-	B	A	A	A
Herbicida	-	A	A	-	C	-	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	A	-	A	B	-	C	-	-	A
Suero	-	A	A	-	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-	-	-	-	A
Vinos y whiskey	A	A	A	A	D	-	-	B	B	D	D	-	A	-	A	A	A	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	B	A	A	A	A
Licor blanco (molino de pulpa)	-	A	A	-	-	-	A	D	-	C	-	-	A	-	A	A	D	A	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A
Agua blanca (molino de papel)	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	-	-	A
Xileno [2]	A	A	A	-	A	-	A	A	A	A	B	A	D	-	A	D	A	A	D	D	D	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D	A
Cloruro de zinc	D	D	B	B	D	A	B	D	D	D	D	A	A	-	A	A	C	A	-	B	A	A	A	A	-	A	A	-	A	A	A	A
Hidrosulfito de zinc	-	-	A	-	D	-	-	D	-	D	-	-	-	-	-	A	C	-	-	-	-	A	A	A	-	-	A	-	A	A	-	A
Sulfato de zinc	B	A	A	A	D	A	B	B	C	C	D	A	C	B	A	A	C	A	-	B	A	A	A	A	-	A	A	-	A	A	C	A

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto menor—Bueno
C—Efecto moderado—Razonable
D—Efecto severo—No Recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio a 72 °F.
2. Polipropileno—Satisfactorio a 72 °F.
3. Polipropileno—Satisfactorio a 120 °F.
4. Buna-N—Satisfactorio para junta tórica.
5. Poliacetal—Satisfactorio a 72 °F.
6. Ceramag—Satisfactorio a 72 °F.



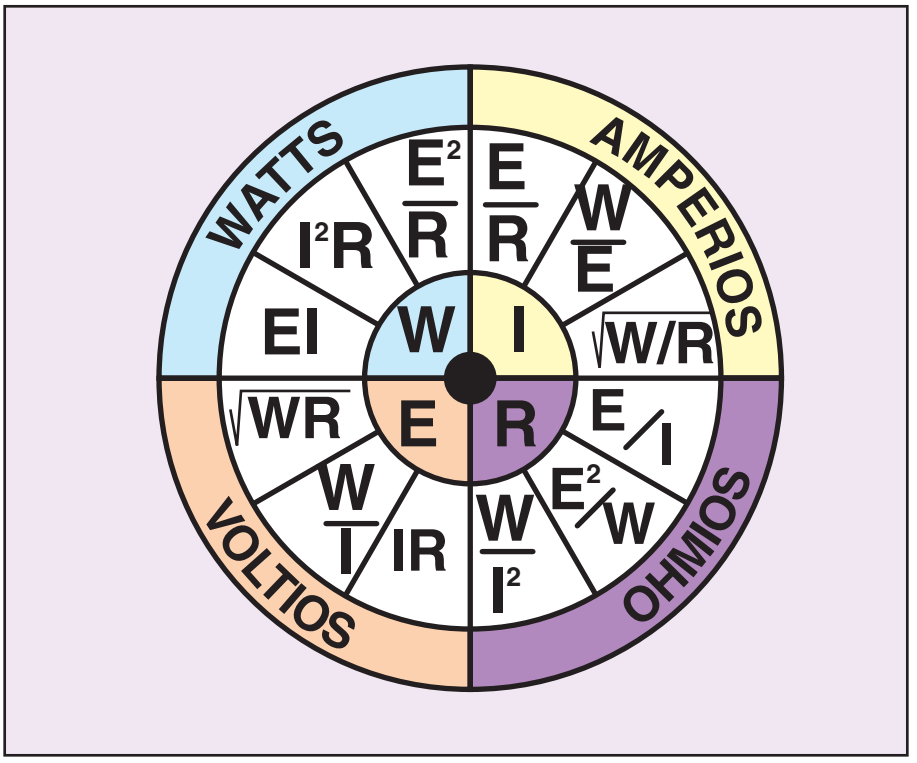
Sondas de termopar cubiertas con pfa, visite mx.omega.com



No se incluye el manipulador hDX de la sonda. Por favor visite mx.omega.com para ver una selección de manipuladores de sondas.

Nota:
OMEGA puede doblar con antelación las sondas cubiertas de PFA antes del envío. Consulte a Compras para esta opción. Las sondas encomendadas de esta página se envían inmediatamente.

LEY DE OHM



VARIACIONES DE LA LEY DE OHM

VOLTIOS

$$\text{VOLTIOS} = \sqrt{\text{WATTS} \times \text{OHMIOS}}$$

$$\text{VOLTIOS} = \frac{\text{WATTS}}{\text{AMPERIOS}}$$

$$\text{VOLTIOS} = \text{AMPERIOS} \times \text{OHMIOS}$$

OHMIOS

$$\text{OHMIOS} = \frac{\text{VOLTIOS}}{\text{AMPERIOS}}$$

$$\text{OHMIOS} = \frac{\text{VOLTIOS}^2}{\text{WATTS}}$$

$$\text{OHMIOS} = \frac{\text{WATTS}^2}{\text{AMPERIOS}^2}$$

AMPERIOS

$$\text{AMPERIOS} = \frac{\text{VOLTIOS}}{\text{OHMIOS}}$$

$$\text{AMPERIOS} = \frac{\text{WATTS}}{\text{VOLTIOS}}$$

$$\text{AMPERIOS} = \frac{\text{WATTS}}{\text{OHMIOS}}$$

WATTS

$$\text{WATTS} = \frac{\text{VOLTIOS}^2}{\text{OHMIOS}}$$

$$\text{WATTS} = \text{AMPERIOS}^2 \times \text{OHMIOS}$$

$$\text{WATTS} = \text{VOLTIOS} \times \text{AMPERIOS}$$

Tabla 11 Corrientes para cargas de calentamiento de resistencia

	Fase individual					Carga equilibrada de tres fases			
kW	120V	208V	240V	440V	480V	208V	240V	440V	480V
1	8.4	4.8	4.2	2.3	2.1	2.8	2.5	1.4	1.3
2	16.7	9.7	8.4	4.6	4.2	5.6	4.9	2.7	2.5
3	25	14.5	12.5	6.9	6.3	8.4	7.3	4	3.7
4	33.4	19.3	16.7	9.1	8.4	11.2	9.7	5.3	4.9
5	41.7	24.1	20.9	11.4	10.5	13.9	12.1	6.6	6.1
6	50	28.9	25	13.7	12.5	16.7	14.5	7.9	7.3
7.5	62.5	36.1	31.3	17.1	15.7	20.9	18.1	9.9	9.1
10	83.4	48.1	41.7	22.8	20.9	27.8	24.1	13.2	12.1
12	100	57.7	50	27.3	25	33.4	29	15.8	14.5
15	125	72.2	62.5	34.1	31.2	41.7	36.2	19.7	18.1
20	167	96.2	83.4	45.5	41.7	55.6	48.2	26.3	24.1
25	209	121	105	56.9	52.1	69.5	60.3	32.9	30.1
30	250	145	125	68.2	62.5	83.4	72.3	39.4	36.2
50	417	241	209	114	105	139	121	65.7	60.3
75	625	361	313	171	157	209	181	98.6	90.4
100	834	481	417	228	209	278	241	132	121

Corrientes para cargas de calentamiento de resistencia

Los elementos de calentamiento se utilizan con frecuencia en voltajes diferentes a los mostrados en nuestro catálogo. Los porcentajes mostrados abajo se utilizan para determinar el vatiaje resultante. Si usted desea utilizar un calentador en un voltaje no mostrado abajo, puede calcular el vatiaje resultante con esta fórmula:

$$\text{Vatiaje real} = \text{Vatiaje clasificado} \times \frac{\text{Voltaje aplicado}^2}{\text{Voltaje clasificado}^2}$$

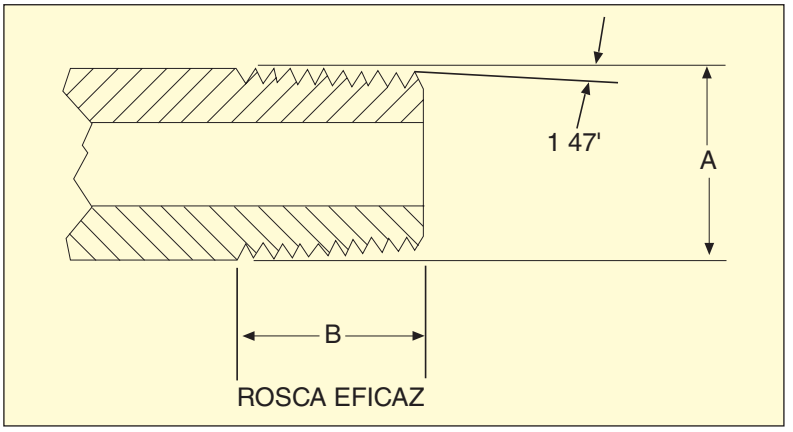
Porcentaje de vatiaje clasificado para diversos voltajes aplicados

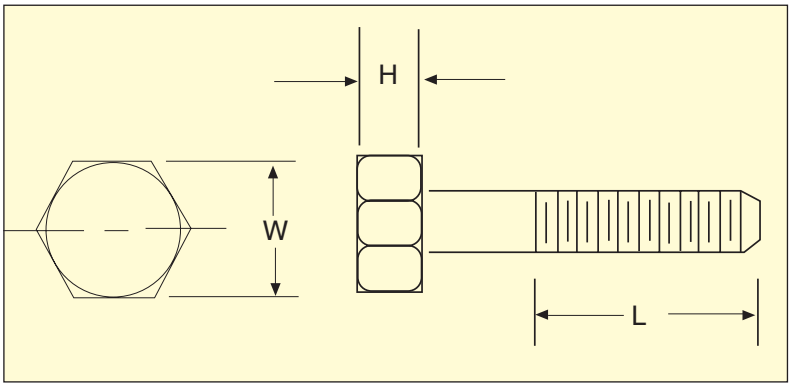
Voltaje	Voltaje clasificado													
Aplicado	110	115	120	208	220	230	240	277	380	415	440	460	480	550
110	100%	91%	84%	28%	25%	23%	21%	16%	8.4%	7%	6.2%	5.7%	5.2%	4%
115	109%	100%	92%	31%	27%	25%	23%	17%	9.0%	7.6%	6.7%	6.2%	5.7%	4.3%
120	119%	109%	100%	33%	30%	27%	25%	19%	10%	8.4%	7.4%	6.8%	6.3%	4.8%
208			300%	100%	89%	82%	75%	56%	30%	25%	22%	20%	19%	14%
220				112%	100%	91%	84%	63%	34%	28%	25%	23%	21%	16%
230				122%	109%	100%	92%	69%	37%	31%	27%	25%	23%	17%
240				133%	119%	109%	100%	75%	40%	33%	30%	27%	25%	19%
277							133%	100%	53%	45%	40%	36%	33%	25%
380								188%	100%	84%	74%	68%	63%	47%
415									119%	100%	89%	81%	75%	57%
440										112%	100%	91%	84%	64%
460										123%	109%	100%	92%	70%
480											119%	109%	100%	76%
550											156%	143%	131%	100%

Dimensiones de rosca de estándar estadounidense de tubos cónica y recta

Dimensiones NPT

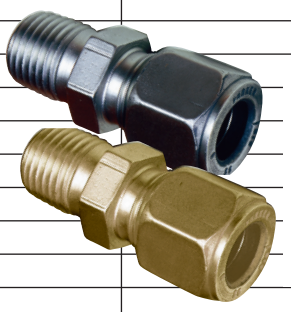
TAMAÑO NPT	ROSCAS POR PULG.	DIM "A" (PULG.)	DIM "B" (PULG.)
1/16	27	0.312	0.261
1/8	27	0.405	0.264
1/4	18	0.540	0.402
3/8	18	0.675	0.408
1/2	14	0.840	0.534
3/4	14	1.050	0.546
1	11 1/2	1.315	0.683
1 1/4	11 1/2	1.660	0.707





Dimensiones de rosca recta

TAMAÑO DE ROSCA NOMINAL	ROSCA POR PULGADA ÁSPERA (UNC)	ROSCA POR PULGADA FINA (UNF)	DIÁMETRO PRINCIPAL	W	H	L
0	—	80	0.0600			
1	64	72	0.0730			
2	56	64	0.0860			
3	48	56	0.0990			
4	40	48	0.1120			
5	40	44	0.1250			
6	32	40	0.1380			
8	32	36	0.1640			
10	24	32	0.1900			
12	24	28	0.2160			
1/4	20	28	0.2500	7/16	11/64	0.750
5/16	18	24	0.3125	1/2	7/32	0.875
3/8	16	24	0.3750	9/16	1/4	1.000
7/16	14	20	0.4375	5/8	19/64	1.125
1/2	13	20	0.5000	3/4	11/32	1.250
9/16	12	18	0.5625	13/16	3/8	1.375
5/8	11	18	0.6250	15/16	27/64	1500
3/4	10	16	0.7500	1 1/8	1/2	1.750
7/8	9	14	0.8750	1 5/16	37/64	2.000
1	8	12	1.0000	1 1/2	43/64	2.250
1 1/8	7	12	1.1250	1 11/16	3/4	2.500
1 1/4	7	12	1.2500	1 7/8	27/32	2.750
1 3/8	6	12	1.3750	2 1/16	29/32	3.000
1 1/2	6	12	1.5000	2 1/4	1	3.250



Accesorios se muestran más pequeños que el tamaño real, visite mx.omega.com

Para accesorios de compresión métrica, visite mx.omega.com

Presentando... El glosario de OMEGA para medición y control de temperatura

Un glosario comprehensivo de términos usados en el campo de medición y control de temperatura. ¡Una herramienta de referencia útil para científicos, ingenieros y técnicos!

Cero Absoluto: Temperatura en la que la energía térmica es mínima.
Definida como 0° Kelvin, calculada como -273.15 °C o -459.67 °F.

CA: Corriente alterna; una corriente eléctrica que revierte su dirección en intervalos regulares recurrentes.

Precisión: La cercanía de una indicación o lectura de un aparato de medición a valor real de la cantidad que se mide. Usualmente se expresa como porcentaje ± de una escala completa de resultados o lectura.

Adaptador: Un mecanismo o dispositivo para conectar partes no compatibles.

CAD: Conversión Analógica Digital: un dispositivo electrónico que convierte las señales analógicas en un equivalente en forma digital, ya sea en código binario o un código decimal de código binario. Cuando se usa para ondas dinámicas, el rango de muestra debe ser alto para prevenir que ocurran errores de sub-muestreo.

Dirección: La etiqueta o número que identifica la ubicación de memoria donde se almacena una unidad de información.

Aliasing: Si el rango muestra de una función (fs) es menor que dos veces el valor de la frecuencia más alta de la función, la frecuencia se presenta ambiguamente. Las frecuencias anteriores (fs/2) se doblarán en las frecuencias más bajas provocando información errónea.

Aleación 11: Una aleación de compensación que se usa en conjunto con cobre puro como la parte negativa para formar cable de extensión para termopares platino-platino-rodio Tipos R y S.

Aleación 200/226: La combinación de aleaciones de compensación que se usa con termopares de tungsteno/renio vs. tungsteno/renio-26% como cable de extensión para aplicaciones a menos de 200 °C.

Aleación 203/225: La combinación de aleaciones de compensación que se usa con termopares de tungsteno/renio-3% vs. tungsteno/renio-25% como cable de extensión para aplicaciones a menos de 200 °C.

Aleación 405/426: La combinación de aleaciones de compensación que se usa con termopares de tungsteno/renio-5% vs. tungsteno/renio-26% como cable de extensión para aplicaciones a menos de 870 °C.

ALOMEGA®: Una aleación niquelar de aluminio que se usa en la parte negativa de un termopar Tipo K (marca registrada de OMEGA ENGINEERING, INC.)

Alfanumérico: Un juego de caracteres que contiene letras y números.

Alumel: Una aleación niquelada que se usa en la parte negativa de un termopar Tipo K (Nombre comercial de Hoskins Manufacturing Company).

Compensación Ambiental: El diseño de un instrumento tal que los cambios en la temperatura ambiental no afecten las lecturas del instrumento.

Condiciones Ambientales: Las condiciones en torno al transductor (presión, temperatura, etc.).

Temperatura Ambiental: La temperatura promedio o aproximada del entorno aéreo que tiene contacto con el equipo y los instrumentos que se están probando.

Amperímetro: Instrumento que se usa para medir la corriente.

Amperio (Amp): Unidad que se usa para medir el rango o flujo de electricidad (corriente) en un circuito; las unidades son un culombio ($6.28x10^{18}$ electrones) por segundo.

Amplificador: Un aparato que toma energía de una fuente diferente a la señal de entrada y produce como resultado una reproducción mayor de los elementos esenciales de su corriente de entrada.

Amplitud: Medida de distancia desde el punto más alto al más bajo de la excursión en movimiento, como en el caso de una cuerpo mecánico en oscilación o el balanceo cima-a-cima de una onda eléctrica.

Salida Analógica: Un voltaje o señal de corriente que es una función continua del parámetro medido.

Convertidor Analógica-Digital (CAD): Aparato o circuito que produce un número binario que corresponde a una señal analógica nivelada en la entrada.

Angstrom: Diez a la menos diez (10^{-10}) metros o un millimicron, una unidad que se usa para definir la longitud de onda de la luz. Identificado con el símbolo Å.

ANSI: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares.

Anti-Reset Windup: Este es un elemento en un controlador PID de tres modalidades que previene que circuito integra (anti-reset) funciones cuando la temperatura está fuera de la banda proporcional.

Aplicación informática: Un programa de computadora que realiza tareas específicas, como procesamiento de palabras.

ASCII: Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información. Un código de siete u ocho bits que se usa para representar caracteres alfanuméricos.
Es el código estándar usado para la comunicación entre sistemas de procesamiento de información y equipo asociado.

ASME: Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

Ensamblador: Programa que traduce instrucciones de lenguaje de ensamblaje a instrucciones en lenguaje de máquina.

ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.

Asincrónico: Un método de comunicación donde la información s envía cuando está lista sin hacer referencia a un temporizador, en vez de esperar hasta que el recipiente indique que está listo para recibir.

ATC: Compensación Automática de Temperatura.

Cero Automático: Corrección automática interna para balances y/o separaciones a una entrada de cero voltaje.

Reinicio Automático: 1. Elemento en un control de límite que reinicia automáticamente el control cuando la temperatura controlada regresa al grupo límite de ancho de banda. 2. La función integral en un control PID que ajusta el ancho de banda proporcional con respecto al punto de inicio para compensar caídas en el circuito, eje. Ajusta la temperatura controlada aun punto de inicio después de que se estabiliza el sistema-

AWG: Calibre de Alambre Estadounidense.

Ruido de Fondo: El ruido total de todas las fuentes de interferencia en un sistema de medición, independiente de la presencia de señal de información.

Respaldo: Un sistema, aparato, archivo o instalación que puede usarse como alternativa en caso de malfuncionamiento o pérdida de información.

Ancho de banda: Región asimétrica alrededor del punto de inicio donde ocurre el control proporcional.

Basic: Un lenguaje de programación de alto nivel diseñado en *Dartmouth College* como una herramienta de aprendizaje. Acrónimo en inglés de Código Simbólico de Instrucciones de Propósito general para Principiantes.

Baudio: Unidad de velocidad de transmisión de información equivalente al número de bits (o eventos significativos) por segundo; 300 baudios = 300 bits por segundo.

BCD, Amortiguado: Salida de decimal codificado en binario con unidades de salida, para aumentar la capacidad línea-unidad.

BCD, Paralelo: Un formato de salida digital donde cada dígito decimal se representa con señales binarias en cuatro líneas y todos los dígitos se presentan en paralelo. El número total de líneas es 4 veces el número de dígitos decimales.

BCD, Consecutiva: Un formato de salida de información digital donde cada dígito decimal se representa por señales binarias en cuatro líneas y hasta cinco dígitos decimales se representan de manera secuencial. El número total de líneas es cuatro líneas de información más una línea estroboscópica por dígito.

BCD, Triestado: Una implementación del BCD paralelo, que tiene 0.1 y estados de salida altos de impedancia. El alto estado de impedancia se usa cuando la salida BCD no se plantea en aplicaciones de conexión paralela.

Óxido de Berilio: BeO (Óxido de Berilio), un material mineral de aislamiento a alta temperatura; tóxico en forma de polvo.

Corriente de polarización: Una corriente de CC de muy bajo nivel generada por un panel medidor y sobrepuesto en un señal. Esta corriente puede provocar desbalanceos medibles a través de una fuente de impedancia muy alta.

Decimal Codificador en Binario (BCD): La representación de un número decimal (base 10, 0 a 9) mediante un grupo binario de 4 bits.

Binario: Se refiere al sistema de numeración con base en 2, donde los únicos dígitos permitidos son 0 y 1. Correspondiente a una condición que solo tiene dos valores o estados posibles.

Bipolar: La habilidad de un panel medidor de mostrar lecturas tanto positivas como negativas.

Bit: Acrónimo en inglés de dígito binario. La unidad más pequeña de información de computación, es 0 o 1.

Cuerpo negro: Un objeto teórico que irradia la cantidad máxima de energía a cierta temperatura y absorbe todo la energía incidente en él. Un cuerpo negro no es necesariamente negro. (El nombre cuerpo negro se eligió porque el color negro se define como la absorción total de energía de luz.)

Conector BNC: Un conector eléctrico de rápida desconexión que se usa para interconectas y/o terminar cables coaxiales.

Punto de ebullición: Temperatura a la que una sustancia en fase líquida se transforma a la fase gaseosa; comúnmente se refiere al punto de ebullición del agua que es 100° C (212° F) al nivel del mar.

BPS: Bits por segundo.

Valores de Voltaje de Rotura: El voltaje CC o CA que se puede aplicar a través de porciones de aislamiento de un transductor sin arqueamiento o conducción sobre un valor de corriente específico.

BTU: Unidad termal británica. La cantidad de energía térmica requerida para elevar una libra de agua a su máxima densidad, 1 grado F. Un BTU equivale a .293 horas vatio, o 252 calorías. Una hora kilovatio equivale a 3412 BTU.

Bulbo (Termómetro Líquido en Vidrio): El área en la punta de un termómetro líquido en vidrio que contiene la reserva líquida.

Prueba de Funcionamiento: Una prueba de larga duración (ya sea por vibración, temperatura o combinado) que es efectiva para descalificar errores prematuros porque simula operaciones reales o de peores casos del aparato, acelerado en relación al tiempo, poder y temperatura.

Glosario para medición y control de temperatura

Cálculo de Explosión: Una forma de salida de ciclo rápido en un control de cálculo de tiempo (típicamente ajustable de 2 a 4 segundos) que se usa en conjunto con un regulador en estado sólido para prolongar la vida de calentadores al minimizar el estrés térmico.

Canal: Líneas paralelas que se usan para transferir señales entre aparatos o componentes. Las computadoras se describen usualmente por la estructura de su canal (por ejemplo, S-100, INM PC).

Byte: La representación de un carácter en binario. Ocho bits.

Ecuación Callendar-van Dussen: Una ecuación que define el valor de la temperatura de resistencia de cualquier metal puro que tome la forma de (RT=RO)(1+AT+BT2) para valores entre el punto de hielo (0 °C) y el punto de congelación del antimonio (630.7 °C) y la forma RT=RO [1 + AT + BT2 + C (T-100)T2] entre el punto de oxigeno (-183.0 °C) y el punto de hielo (0 °C).

Calibración: El proceso de ajustar un instrumento o recopilar un cuadro de desviación para que sus lecturas puedan relacionarse al valor real que se mide.

Caloría: La cantidad de energía térmica que se requiere para elevar un gramo de agua de 1 °C a 15 °C.

Cavitación: La ebullición de un líquido a causa de una reducción en la presión en lugar de un incremento en temperatura.

Celsius (Centígrados): Una escala de temperatura definida a los 0 °C al punto de congelamiento y 100 °C al punto de ebullición del agua al nivel del mar.

Aislamiento Cerámico: Composiciones de óxidos metálicos de alta temperatura usados para aislar un par te cables térmicos. Los más comunes son alúmina (Al_2O_3), óxido de berilio (BeO), y óxido de magnesio (MgO). Su aplicación depende de la temperatura y tiempo de termopar. Alúmina altamente pura se requiere para termopares de aleación de platino. Aisladores cerámicos están disponibles como tubos de agujeros individuales o múltiples o como esferas.

Cerámica: Materiales policristalinos ferro-eléctricos que se usan como unidades sensibles en acelerómetros piezoeléctricos. Hay muchos grados diferentes, de los cuales todos pueden hacerse en varias configuraciones para satisfacer diferentes requisitos de diseño.

Caracter: Una letra, dígito u otro símbolo que se usa como representación de información. Una secuencia conectada de caracteres se llama una serie de caracteres.

Vibración: El ciclo rápido encendido y apagado de un regulador en un proceso de control debido a ancho de banda insuficiente en el control.

CHROMEGA®: Una aleación de cromo-níquel que forma la parte positiva de los termopares tipo K y tipo E (marca registrada de OMEGA ENGINEERING, INC.)

Limpiar: Restaurar un aparato a su estado prescrito inicial, usualmente el estado cero.

Corte: El término se aplica al fenómeno que ocurre cuando una señal de salida se limita en algunas formas por el rango completo de un amplificador, CAD u otro aparato. Cuando esto ocurre, la señal se aplana en los valores más altos, la señal se acerca a la forma de una onda cuadrada y se introducen los componentes de alta frecuencia. Recortar puede ser difícil, como en el caso de que una señal sea estrictamente limitada a cierto nivel, o puede ser suave, en cuyo caso la señal de corte continua siguiendo la entrada a un nivel reducido.

Reloj: El aparato que genera señales periódicas de sincronización.

Cercanía de Control: Variación de temperatura total de un sistema de punto de inicio deseado. Expresado como "cercanía de control" es ±2 °C o un sistema de ancho de banda con 4 °C, también se le refiere como "amplitud de desviación".

CMR (Rechazo al Modo Común): La habilidad de un panel de medición para eliminar el efecto de ruido de CA o CC entre la señal y el suelo. Normalmente se expresa en dB a CC a 60 Hz. Un tipo de CMR se específica entre SEÑAL BAJA y PODER EN TIERRA. En medidores diferenciales, un segundo tipo de CMR se especifica entre SEÑAL ALTA o BAJA y ANALÓGICA TIERRA (MEDIDOR TIERRA).

CMV (Voltaje de Modo Común): El voltaje CA y CC que es tolerable entre la señal y tierra. Un tipo de CMV especifica entre SEÑAL BAJA y PODER EN TIERRA. En medidores diferenciales, un segundo tipo de CMV se especifica entre SEÑAL ALTA o BAJA y ANALÓGICA TIERRA (MEDIDOR TIERRA).

Código de Color: El color establecido por la ANSI para cables termopares en la parte negativa es siempre rojo. El código de color para termopares base de metal es amarillo para tipo K, negro para tipo J, morado para topi E y azul para tipo T.

Modo Común: La forma de salida o tipo de acción de control que usa un controlador de temperatura para controlar la temperatura, por ejemplo encendido/apagado, proporción de tiempo, PID.

Índice de Rechazo al Modo Común: La habilidad de un instrumento para rechazar interferencia de un voltaje común y sus terminales de entrada con relación a tierra, usualmente expresado en dB (decibeles).

Comunicación: Transmisión y recepción de información ente equipos de procesamiento de información y periferias relacionadas.

Conector Compensado: Un conector hecho de aleaciones termopares usado para conectar sondas y cables de termopar.

Aleación Compensadora: Aleaciones que se usan para conectar termopares a instrumentos. Estas aleaciones se seleccionan para que tengan propiedades térmicas similares como las aleaciones de termopares (sin embargo, solo sobre un rango muy limitado de temperatura).

Curva Compensadora: Resistencia de compensación de cable de plomo para elementos RTD donde una longitud extra de cable se corrió desde el instrumento al RTD y de regreso al instrumento, sin conexión al RTD.

Compensación: Una adición de materiales o aparatos específicos para contrarrestar un error encontrado.

Compilador: Un programa que traduce un lenguaje de alto nivel, como leguaje Basic, a lenguaje de máquina.

Conductancia: La medida de la habilidad de una solución para conducir una corriente eléctrica. (Vea Conductancia Equivalente).

Conducción: La transmisión de energía eléctrica o calor mediante o por medio de un conductor.

Nivel de Confianza: El rango (con un valor especificado de incertidumbre, usualmente expresado en porcentaje) dentro del cual el valor real de una cantidad medida existe.

Error de Conformidad: Para los termopares y RTDs, la diferencia entre la lectura real y la temperatura mostrada en tablas publicadas para un voltaje de entrada específico.

Cabeza de Conexión: Parte unida al final de un termopar que puede cubrirse en acero, aluminio o plástico dentro del cual se hacen las conexiones eléctricas.

Constantán: Aleación de cobre-níquel que se usa como alambre negativo en termopares tipo E, tipo J y tipo T.

Espectro Continuo: Un espectro de frecuencia que se caracteriza por su información no periódica. El espectro es continuo en el dominio de frecuencia y se caracteriza por un número infinito de componentes de frecuencia.

Carácter Control: Un carácter cuya ocurrencia en un contexto particular inicia, modifica y detiene una operación que afecta el grabado, procesamiento, transmisión o interpretación de información.

Modo de Control: La forma de salida o tipo de acción de control que se usa por un controlador de temperatura para controlar la temperatura, por ejemplo, encendido/apagado, proporcionado de tiempo, PID.

Punto de Control: La temperatura en la debe mantenerse un sistema.

Convección: 1. El movimiento circular que ocurre en un fluido a una temperatura no uniforme debido a la variación de su densidad y a la acción de la gravedad. 2. La transferencia de calor por esta circulación automática de fluido.

Conteos: El número de intervalos de tiempo contados por el convertidor CAD de doble alcance y mostrado como la lectura del panel de medición, antes de agregar el punto decimal.

CPS: Ciclos por segundo; el índice o número de eventos periódicos en un segundo, expresado en Hertz (Hz).

CPU: Unidad Central de Procesamiento. La parte de la computadora que contiene los circuitos que controlan y realizan la ejecución de las instrucciones de la computadora.

Amortiguamiento Crítico: El amortiguamiento crítico es la cantidad más pequeña de amortiguamiento a la cual un sistema puede responder a un paso de función sin excederse.

Criogenia: Medición de temperatura a valores extremadamente bajos, por ejemplo, abajo de los –200 °C.

CSA: Administración Canadiense de Estándares.

Proporcionalidad de Corriente: Una forma de salida de un controlador de temperatura que provee una corriente proporcional a la cantidad de control requerido. Normalmente, a una banda de corriente proporcional de 4 a 20 miliamperios.

Corriente: El índice de flujo de electricidad. La unidad es el amperio (a) definida como 1 amperio = 1 culombio por segundo.

Ajuste de Curvas: El ajuste de curvas es el proceso de calcular los coeficientes de una función a los valores aproximados de un juego de información dentro de esa función. La aproximación se llama un “ajuste”. Una función matemática, como una regresión del mínimo cuadrático, se usa para juzgar la precisión del ajuste.

Ciclo de Tiempo: El tiempo, usualmente expresado en segundos, para que un controlador complete un ciclo de encendido/apagado.

Amortiguamiento: La reducción de movimiento vibratorio mediante la disipación de energía. Los tipos incluyen viscoso, culombio y sólido.

Base de Datos: Una gran cantidad de información almacenada de manera bien organizada. Un sistema de manejo de base de datos (DBMS) es un programa que permite acceso a la información.

dB (Decibel): 20 veces el logaritmo a la base 10 del índice de dos voltajes. Cada 20 dBs corresponde a un índice de voltaje de 10, cada 10 dBs a un índice de voltaje de 3.162. Por ejemplo, un CMR de 120 dB proporciona ruido de rechazo de voltaje de 1,000,000/1. Un NMR de 70 dB proporciona un ruido de rechazo de voltaje de 3,162/1.

CC: Corriente continua; una corriente eléctrica que fluye en solo una dirección y substancialmente en un valor constante.

Glosario para medición y control de temperatura

Banda Muerta: 1. Para cuadros de registros: el cambio mínimo de señal de entrada requerida para causar una deflexión en la posición de la pluma. 2. Para controladores de temperatura: la banda de temperatura donde el calor se apaga al aumentar la temperatura y se enciende al bajar la temperatura expresada en grados. El área donde no se presenta calentamiento (o enfriamiento).

Depuración: Encontrar y corregir errores en un programa.

Decimal: Se refiere a un sistema basado en diez números usando los caracteres 0 a 9 para representar valores.

Default: El valor(es) u opción(es) que serán supuestas durante una operación cuando no se especifique.

Grado: Un valor incremental en la escala de temperatura, por ejemplo hay 100 grados entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua en la escala de Celsius y 180 °F entre los dos mismos puntos en la escala de Fahrenheit.

Densidad: Masa por unidad de volumen de una sustancia, por ejemplo: gr/cm cúbico o libras/pie cúbico.

Desviación: La diferencia entre el valor de la variable controlada y el valor al que se está controlando.

Entrada Diferencial: Un circuito de señal de entrada donde SEÑAL BAJA y SEÑAL ALTA están flotando eléctricamente con respecto a ANALÓGICO TIERRA (MEDIDOR DE TIERRA, que está normalmente unido al DIGITAL TIERRA). Esto permite la medición de la diferencia de voltaje entre dos señales unidas a la misma tierra y proporciona un rechazo de ruido superior al modo común.

Diferencial: Para un controlador encendido/apagado, se refiere a la diferencia de temperatura a la que el controlador apaga el calor y la temperatura a la que el calor se vuelve a encender. Se expresa en grados.

Dígito: Una medida del lapso de visualización de un panel de medición. Por convención, un dígito completo puede tomar cualquier valor de 0 a 9, un dígito ½ mostrará un 1 y sobrecarga a 2, un dígito ¾ mostrará dígitos hasta 3 y sobrecarga a 4, etc. Por ejemplo, un medidor con un lapso de visualización de ±3999 conteos se conoce como un medidor de 3 ¾ dígitos.

Salida Digital: Una señal de salida que representa el tamaño de una entrada en la forma de una serie de cantidades discretas.

Convertidor Digital a Analógica (CDA o DAC): Un aparato o circuito para convertir un valor digital a un nivel de señal analógica.

DIN (Norma Industrial Alemana): Un grupo de estándares alemanes reconocido en todo el mundo. El estándar ⅛ DIN para paneles medidores especifica una dimensión externa de bisel de 96 x 48 mm y panel de corte de 92 x 45 mm.

DIN 43760: El estándar que define las características de un RTD de platino de 100 ohmios con una curva de resistencia vs. temperatura especificada por a = 0.00385 ohmios por grado.

Constante de Descarga de Tiempo: El tiempo requerido para que el voltaje de salida de un sensor o sistema descargue 37% de su valor original en respuesta a n aumento tiempo de cero en un paso de función de entrada. Este parámetro determina una respuesta de baja frecuencia.

Sistema Operativo de Disco (DOS): Programa que se usa para controlar la transferencia de información de y a un disco, como MS DOS.

Desplazamiento: La distancia medida transcurrida por un punto desde su posición en reposo. Desplazamientos de cima a cima es el total de movimiento medido de un punto vibrante entre sus extremos positivo y negativo. Las unidades de medida se expresan como pulgadas o milipulgadas.

Constante de Disipación: El índice para un termistor que refiere un cambio en el poder de disipación interno a un cambio de temperatura corporal resultante.

Deriva: Un cambio de una lectura o un punto de valor establecido sobre largos periodos debido a varios factores incluyendo el cambio en la temperatura del ambiente, tiempo y línea de voltaje.

Encorvadura: Una actividad común en controles de tiempo proporcional. Se refiere a la diferencia en temperatura entre el punto establecido y donde la temperatura del sistema realmente se estabiliza debido a la acción de proporción de tiempo del controlador.

Sensor de Doble Elemento: Un sensor armado con dos elementos de sensación independientes.

Convertidor CAD de Doble Pendiente: Un convertidor analógico a digital que integra la señal para un tiempo específico, después cuenta los intervalos de tiempo para una referencia de voltaje para traer la señal integrada de nuevo a cero. Tales convertidores proporcionan alta resolución a bajo costo, excelente rechazo de ruido de modo normal y dependencia mínima en elementos de circuito.

Dúplex: Corresponde a la comunicación y transmisión información independiente en dos direcciones simultáneas. Lo mismo en “dúplex completo”.

Cables de Dúplex: Un par de cables aislados entre ellos y con una conexión externa de aislamiento alrededor del par interno aislado.

Ciclo de Trabajo: El tiempo total a un ciclo encendido/apagado. Usualmente se refiere al ciclo encendido/apagado de un controlador de temperatura.

Calibración Dinámica: Calibración en la que la entrada varía entre una longitud específica de tiempo y la salida se registra vs. el tiempo.

Eco: Reflejar la información recibida al emisor. Por ejemplo, teclas oprimidas en un teclado son usualmente repetidas como caracteres mostrados en la pantalla.

Interferencia Eléctrica: Ruido eléctrico inducido sobre los alambres de señales que obscurecen la señal de información deseada.

Fuerza Electromotriz (FEM): La diferencia potencial entre los dos electrodos en una celda. La celda FEM es el voltaje de celda medido cuando ninguna corriente fluye a través de la celda. Puede medirse mediante un medidor de pH con una impedancia de entrada alta.

Alianza de Industrias Electrónicas (EIA): Una organización de estándares especializada en las características funcionales y eléctricas de un equipo de interfaz.

FEM: Fuerza electromotriz. Un incremento en el potencial de energía (eléctrica). La unidad principal es el voltio.

EMI: Interferencia electromagnética.

Emisividad: El radio de energía emitida por un objeto a la energía emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura. La emisividad de un objeto depende de la textura de su material y superficie; una superficie de metal pulido puede tener una emisividad de alrededor de 0.2 y una pieza de madera puede tener una emisividad aproximadamente de 0.95.

Endotérmico: Se dice que un proceso es endotérmico cuando absorbe calor.

Punto de equivalencia (Potenciométrico): El aparente punto de equivalencia de una titulación a la cual se observa un cambio de potencial relativamente grande.

Entalpía: La suma de la energía integral de un cuerpo y el producto de su volumen multiplicado por la presión.

Condiciones ambientales: Todas las condiciones a las que debe estar expuesto un transductor durante su embarque, almacenamiento, manejo y operación.

Memoria Eprom: Memoria Borrable Programable para Solo Lectura. La memoria PROM puede borrarse por luz ultravioleta o electricidad.

Error: La diferencia entre el valor indicado por el transductor y el valor real del valor de medición que se sondea. Usualmente se expresa en porcentaje de salida de escala completa.

Banda de Errores: Las desviaciones de salida permitidas de una norma de referencia específica. Usualmente expresada como porcentaje de escala completa.

Temperatura Eutéctica: El punto de fundición más bajo de una mezcla de aleaciones.

Excitación: La aplicación externa de corriente de voltaje eléctrico aplicado a un transductor para una operación normal.

Exotérmico: Se dice que un proceso es exotérmico cuando libera calor.

Factor de Expansión: Factor de corrección por el cambio en densidad entre dos áreas de medición de presión en un flujo limitado.

Espacio a prueba de explosiones: Un espacio que puede contener una explosión de gases dentro de sí y prevenir la explosión de los gases que lo rodean por chispas, destellos o la explosión del contenedor mismo y mantiene una temperatura externa que no encenderá los gases que lo rodean.

Unión expuesta: Una forma de construcción de un termopar prueba donde la unión caliente o de medición se proyecta más allá del material de cubierta para estar completamente expuesto al medio que se mide. Esta forma de construcción usualmente da la respuesta de tiempo más rápida.

Fahrenheit: Escala de temperatura definida como 32 grados al punto de congelación y 212 grados al punto de ebullición del agua al nivel del mar.

Virola: Un ajuste tubular compresible que se comprime a una sonda dentro de un ajuste de compresión para formar un sello para gas.

Campo de Visión: Un volumen en el espacio definido por un cono angular que se extiende desde el plano focal de un instrumento.

Archivo: Un grupo de registros o información relacionados que se trata como una unidad.

Firmware: Programas almacenados en la memoria PROM.

Indicador: Cualquiera de varios tipos de indicadores que se usan para la identificación de una condición o evento, por ejemplo, un carácter que señala la terminación de una transmisión.

Disquete: Un disco pequeño y flexible que contiene un medio magnético en el que se almacena información digital para su posterior recuperación o uso.

F**M:** Factory Mutual Research Corporation. Corporación de Investigación Mutua de Compañías. Una organización que establece los estándares de seguridad industrial.

Aprobado por la FM: Un instrumento que cumple un grupo específico de especificaciones establecidas por la Corporación de Investigación Mutua de Compañías.

FORTRAN: Formula Translation language. Lenguaje de Traducción de Fórmulas. Un lenguaje de programación de alto nivel altamente usado para problemas que pueden expresarse en términos de formulas algebraicas. Generalmente se usa en aplicaciones científicas.

Punto de Congelación: La temperatura a la que una sustancia pasa de su fase liquida a la fase sólida.

Frecuencia: El numero de ciclos en un periodo específico de tiempo durante el cual ocurre un evento. A su recíproco se le llama periodo.

Glosario para medición y control de temperatura

Salida de Frecuencia Modulada: Una salida de transductor que se obtiene en la forma de una desviación de una frecuencia central, donde la desviación es proporcional al estímulo aplicado.

Frecuencia natural: La frecuencia de oscilaciones libres (no forzadas) del elemento sensor de un transductor completamente armado.

Salida de Frecuencia: Una salida en la forma de frecuencia que varía como una función de la entrada aplicada.

Salida a Gran Escala: La diferencia algebraica entre la salida mínima y la salida máxima.

Ganancia: La cantidad de amplificación que se usa en un circuito eléctrico.

Galvanómetro: Un instrumento que mide Corrientes eléctricas pequeñas al desviar alambres eléctricos.

Tierra: 1.La línea eléctrica neutral que tiene el mismo potencial que la tierra que la rodea 2. El lado negativo de la fuente de poder de CD. 3. Punto de referencia de un sistema eléctrico.

Unión enterrada: Una forma de construcción de un termopar donde la unión caliente o de medición está en contacto eléctrico con el material de la cubierta, de modo que la cubierta y el termopar tengan el mismo potencial eléctrico.

Medio Dúplex: Comunicación de información de manera individual; ambos aparatos pueden transmitir y recibir información, pero solo uno a la vez.

***Handshake*:** Un procedimiento de interfaz que se basa en estado/señales de información que aseguran la transferencia de información en orden en contraste con un intercambio asincrónico.

Copia impresa: Salida en forma permanente (usualmente impresa) en lugar de una forma temporal, como en disco o visualización en la terminal.

***Hardware*:** El equipo eléctrico, mecánico y electromecánico y las partes asociadas a un sistema de cómputo, en contraste con su *firmware* o *software*.

Calor: Energía térmica. El calor se expresa en unidades de caloría o BTUs.

Disipador: 1. Termodinámico. Un cuerpo que puede absorber energía térmica. 2. Práctico. Una pieza de metal aleteada que se usa para disipar el calor de componentes en estado sólido montados en él.

Transferencia de calor: El proceso del flujo de energía de un cuerpo de alta energía a un cuerpo de baja energía. Medios de transferencia: conducción; los dos cuerpos hacen contacto. Convección; una forma de conducción donde dos cuerpos en contacto están en fases diferentes, por ejemplo sólido y gaseoso. Radiación: todos los cuerpos emiten radiación infrarroja.

Tratamiento térmico: Proceso para tratar metales que al calentarse a una temperatura específica y enfriarlos a un valor específico cambian las propiedades del metal.

Hertz (Hz): Unidades en que se expresa la frecuencia. Son sinónimos con ciclos por segundo.

Hexadecimal: Se refiere a sistema basado en dieciséis números que usa los caracteres 0 a 9 y A a F para representar los valores. Programas de lenguaje de máquinas frecuentemente se escriben en notación hexadecimal.

Contener: El medidor CONTENER (HOLD) en una entrada externa que se usa para detener el proceso CAD y congela la visualización. BCD HOLD es una entrada externa que se usa para congelar la salida de código binario decimal mientras permite que el proceso CAD continúe su operación.

Host: La computadora primaria o que controla en un sistema de partes múltiples.

Histéresis: La diferencia en salida cuando el mesurando se aproxima primero con valores de crecimiento y luego con valores decrecientes. Se expresa en porcentaje a gran escala durante cualquier ciclo de calibración. Ver Banda muerta.

Impedancia: La oposición total al flujo eléctrico (resistivo más reactivo).

Infrarrojo: Un área en el espectro electromagnético que se extiende más allá de la luz roja de 760 nanómetros a 1000 micrones (106 nm). Es la forma de radiación que se usa para hacer mediciones de temperatura sin contacto.

Impedancia de Entrada: La Resistencia de un panel de medición visto desde la fuente. En el caso de un voltímetro, esta resistencia tiene que considerarse cuando la impedancia fuente es alta; en el caso de un amperímetro, cuando la impedancia fuente es baja.

Unión Aislada: Ver Unión Expuesta.

Resistencia de Aislamiento: La Resistencia medida entre dos puntos aislados en un transductor cuando se aplica un voltaje CC específico a temperatura ambiente.

Integral: Una forma de control de temperatura. Ver Reinicio Automático (2).

Error de Intercambiabilidad: Un error de medición que puede ocurrir si dos sondas o más se usan para hacer la misma medición. Es causado por una pequeña variación en las características de sondas diferentes.

Interfaz: El medio por el que dos sistemas o dispositivos se conectan en interactúan entre ellos.

Interrumpir: Detener un proceso en una manera tal que pueda continuarse.

Inherentemente seguro: Un instrumento que no producirá ninguna chispa o efecto térmico bajo condiciones normales o anormales que encenderían una mezcla específica de gases.

IPTS-48: Escala Internacional Práctica de Temperatura de 1948. Puntos fijados en la termometría especificados por la Novena Conferencia General de Pesos y Medidas organizada en 1948.

IPTS-68: Escala Internacional Práctica de Temperatura de 1968. Puntos fijados en la termometría especificados en la Conferencia General de Pesos y Medidas.

ISA: Sociedad de Instrumentos de América.

Aislamiento: La reducción de la capacidad de un sistema de responder a una fuerza externa con el uso de materiales de aislamiento resistentes.

Isotérmico: Proceso o área de temperatura constante.

Joule: La unidad básica de la energía térmica.

Unión: El punto en un termopar donde dos metales diferentes se unen.

K: Al referirse a la capacidad de memoria, dos a la décima potencia (1024 en notación decimal).

Escala de Kelvin: Símbolo K. La unidad de absoluto o escala de temperatura termodinámica basada en la escala Celsius con 100 unidades entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua. 0 °C = 273.15K (no se usa símbolo de grados (°) con la escala de Kelvin).

Kilovatio (kw): Equivalente a 1000 vatios.

Kilovatio-Hora (kwh): 1000 vatios-hora. Kilovoltio amperios (kva): 1000 voltiamperios.

KVA: Kilovoltio amperios (1000 voltiamperios).

Lag: 1. Un retraso de tiempo entre la salida de una señal y la respuesta del instrumento a la que se envía la señal. 2. La relación del tiempo entre dos formas de onda donde un punto de referencia fija en una onda ocurre después del mismo punto en la onda de referencia.

Calor Latente: Se expresa en BTU por libras. Es la cantidad de calor que se necesita (absorber) para convertir una libra de agua hirviendo a una libra de vapor.

Porcentaje de Filtración: El porcentaje máximo al cual se permite o determina que un líquido se filtre por un sello.

Límites de Error: Una banda de tolerancia para la respuesta eléctrica térmica de un cable termopar que se expresa en grados o porcentaje definido por la especificación de la ANSI MC-96.1 (1975).

Linealidad: La proximidad de una curva de calibración a una línea recta específica. La linealidad se expresa como la desviación máxima de cualquier punto de calibración en una línea recta específica durante cualquier ciclo de calibración.

Carga: La demanda eléctrica de un proceso que se expresa como voltaje (vatios), corriente (amperios) o resistencia (ohmios).

Impedancia de Carga: La impedancia que se presenta a las terminales de salida de un transductor por un sistema de circuitos externo asociado.

Escala Logarítmica: Un método de mostrar información (en potencias de diez) para alcanzar un rango máximo manteniendo la resolución en la parte baja de la escala.

Resistencia de Curva: La resistencia total de un circuito de termopar causada por la resistencia del cable termopar. Usualmente se usa en referencia a pirómetros analógicos que tienen requerimientos de resistencia de curva típicos de 10 ohmios.

LSD (Cifra Menos Significativa): El dígito activo (no ficticio) al extremo derecho de la pantalla.

Compatible con LS-TTL: Para circuitos de entrada digital, un lógico 1 se obtiene por entradas de 2.0 a 5.5 V que puede originar 20 µA, y un lógico 0 se obtiene por entradas de 0 a 0.8 V que puede bajar 400 µA. Para señales de salida digital, un lógico 1 se representa por 2.4 a 5.5. V con una capacidad de corriente generadora de al menos 400 µA y un lógico 0 se representa por 0 a 0.6 V con una capacidad de corriente de depresión de al menos 16 MS. "LS" significa *Low-power Schottky* (*Schottky* de poder bajo).

Unidad de Carga de LS-TTL: Una carga con niveles de voltaje LS-TTL, que mostrará 20 µA por un lógico 1 y -400 µA por un lógico 0.

M: Mega; un millón. Cuando se refiere a la capacidad de memoria, dos a la vigésima potencia (1,048,576 en notación decimal).

Manual de Reinicio (Ajuste): El ajuste en un controlador proporcional que controla la proporción de banda en relación al punto fijo para eliminar curvas o errores de compensación.

Manual de Inicio (Control): El control en un controlador límite que reinicia manualmente el controlador después de que se excede el límite.

Máxima Temperatura de Operación: La temperatura máxima a la que un instrumento o sensor puede funcionar de manera segura.

Máximo Porcentaje de Potencia: La potencia máxima en vatios que un aparato puede manejar de manera segura.

Temperatura Media: El promedio de la temperatura máxima y mínima del equilibrio de un proceso.

Mensurando: Una cantidad, propiedad o condición física que se mide.

Unión de Medición: La unión del termopar al que se refiere como la unión caliente que se usa para medir una temperatura desconocida.

Punto de Fundición: La temperatura en la que una sustancia de transforma de la fase sólida a la fase líquida.

Mica: Un mineral transparente que se usa como material para ventanas en hornos de alta temperatura.

Microamperio: La millonésima parte de un amperio, 10^{-6} amperios.

Microcomputadora: Una computadora físicamente pequeña. Cabe sobre o debajo de un escritorio; basadas en el sistema de circuitos LSI, las computadoras de este tipo ahora están disponibles con más potencia actualmente asociada a los sistemas de mini-computadora.

Glosario para medición y control de temperatura

Micra: La millonésima parte de un metro, 10^{-6} metros.

Microvoltio: La millonésima parte de un voltio, 10^{-6} voltios.

Milipulgada: La milésima parte de una pulgada (0.001≤).

Miliamperio: La milésima parte de un amperio, 10^{-3} amperios, su símbolo es mA.

Milímetro: La milésima parte de un metro, su símbolo es mm.

Milivoltio: Unidad de fuerza electromotriz. Es la diferencia en el potencial requerido para hacer que una corriente de 1 miliamperio fluya a través de una resistencia de 1 ohmio; la milésima parte de un voltio, su símbolo es mV.

Termopar Aislado Mineralmente: Un tipo de cable termopar que tiene una cubierta externa de metal y aislamiento mineral (óxido de magnesio) adentro separando un par de cables termopar de ellos mismos y de la cubierta externa. Este cable usualmente se baja para compactar el aislamiento mineral y está disponible en diámetros de 0.375 a 0.01 pulgadas. Es ideal para aplicaciones de alta temperatura y manejo pesado.

División de Modo Menor: En una escala analógica, la división más pequeña de unidades en una escala.

Módem: Modulador/Demodulador. Un aparato que transforma las señales digitales a tonos de audio para su transmisión por líneas de teléfono y hace lo contrario para la recepción.

MSD (Cifra Más Significante): El dígito al extremo izquierdo de la pantalla.

Puente Mueller: Una configuración de Puente de alta precisión que se usa para medir termómetros RTD de tres cables.

Múltiplex: Una técnica que permite a las señales de entrada (o salida) diferentes que usen las mismas líneas en tiempos diferentes, controlados por una señal externa. La multiplexación se usa para ahorrar cableado y puertos E/S.

N/C (Sin Conexión): Un punto del conector para el cual no hay conexión interna.

NBS: Oficina Nacional de Normas.

NEC: Código Eléctrico Nacional.

Coeficiente de Temperatura Negativa: Una reducción en la resistencia con un incremento de temperatura.

NEMA-4: Un estándar de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), que define los espacios pretendidos para uso interno o externo primordialmente para proveer un grado de protección contra polvo y lluvia provocado por viento, salpicadura de agua, y agua dirigida con manguera.

NEMA-7: Un estándar de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos, que define los espacios a prueba de explosiones para su uso en ubicaciones clasificadas como Clase I, Grupos A, B, C o D, como se especifica en el Código Eléctrico Nacional.

NEMA-12: Un estándar de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctrico, que define los espacios con protección contra tierra, polvo, salpicaduras de líquidos no corrosivos y rocío de sal.

NEMA-Size Case: Un estándar antiguo de cubierta para paneles medidores, que requiere un recorte de panel de 3.93 x 1.69 pulgadas.

Sistema de redes: Un grupo de computadoras que están conectadas entre ellas por líneas de comunicación para compartir información y recursos.

Nibble (o Cuado): La mitad de un byte.

Nicrosil/Nisil: Aleaciones térmicas de níquel y cromo/níquel y silicio que se usan para medir temperaturas altas. Existen inconsistencias de voltaje termoeléctrico en estas aleaciones con respecto al calibre del cable.

NMR (Rechazo de Modo Normal): La habilidad de un panel medidor para filtrar el ruido superpuesto en la señal y aplicado a través de las terminales de entrada de SEÑAL ALTA a SEÑAL BAJA. Normalmente se expresa en dB a 50/60 Hz.

Ruido: Una interferencia eléctrica indeseada en las señales de cable.

Índice de Rechazo de Modo Normal: La habilidad de un instrumento de rechazar interferencia usual en la línea de frecuencia (50-60 Hz) a través de sus terminales de entrada.

NPT: (National Pipe Thread) Rosca estadounidense cónica para tubos.

Nulo: Una condición, como el balance, que resulta en un valor de salida mínimo absoluto.

Sistema Octal: Corresponde a un sistema numérico con base en 8.

O.D.: Diámetro Exterior.

Desbalance: La diferencia en temperatura entre el punto fijo y el proceso real de temperatura. También se le conoce como curvatura.

Óhmetro: Instrumento que se usa para medir la resistencia eléctrica.

Controlador Encendido/Apagado: Un controlador cuya función en totalmente encendido o totalmente apagado.

Circuito Abierto: La falta de contacto eléctrico en cualquier parte del circuito medidor. Un circuito abierto usualmente se caracteriza por rápidos saltos grandes en el potencial mostrado, seguido de una lectura fuera de la escala.

Sistema Operativo: Una colección de programas que controla la operación completa de una computadora y que realiza tareas como asignar lugares en la memoria a programas e información, procesa interrupciones, programa trabajos y controla la entrada/salida completa del sistema.

Aislamiento Óptico: Dos sistemas de redes que están conectados solamente mediante un transmisor LED y un receptor fotoeléctrico sin continuidad eléctrica entre los dos sistemas de redes.

Salida: La señal eléctrica que se produce por una entrada aplicada al transductor.

Impedancia de Salida: La resistencia medida en las terminales de salida de un transductor.

Ruido de Salida: La RMS, cima-a-cima (como se especifica) componente CA de la salida CC de un transductor en la ausencia de una variación de mensurando.

Sobre-impulso: El número de grados por los cuales un proceso excede la temperatura del punto fijo cuando va llegando a la temperatura del punto fijo.

Paralaje: Una ilusión óptica que ocurre en medidores analógicos y que causa errores de lectura. Ocurre cuando el visor no está en el mismo plano, perpendicular a la cara del medidor, como la aguja indicadora.

Transmisión Paralela: Enviar todos los bits de información simultáneamente. Se usa comúnmente entre computadoras y aparatos de impresión.

Paridad: Una técnica para probar la transmisión de información. Típicamente, un dígito binario se agrega a la información para hacer la suma de todos los dígitos de la información binaria siempre par (paridad igual) o siempre non (paridad non).

Efecto Peltier: Cuando una corriente fluye a través de una únion de termopar, el calor será absorbido o desarrollado dependiendo de la dirección del flujo de corriente. Este efecto es independiente del calentamiento de joule I2 R.

Periférico: Aparato externo al CPU y la memoria principal, por ejemplo impresora, módem o terminal, pero que se conecta por las conexiones eléctricas apropiadas.

Fase: Una relación basada en tiempo entre la función periódica y una referencia. En electricidad, se expresa en grados angulares para describir la relación de voltaje o corriente de dos formas de onda alternas.

Diferencia de Fase: El tiempo expresado en grados entre el mismo punto de referencia en dos formas de onda periódicas.

Proporción de Fase: Una forma de control de temperatura donde la potencia provista al proceso se controla limitando el ángulo de fase de la línea de voltaje.

Controlador PID: Proporcional, integral, derivativo. Un control de acción de tres modos donde el controlador tiene proporción de tiempo, integral (auto reinicio) y porcentaje de acción derivativa.

Piezoresistencia: Resistencia que cambia con el esfuerzo.

Píxel: Elemento de imagen. Ubicaciones definibles en una pantalla que se usan para formar imágenes en la pantalla. Para visualizaciones gráficos, pantallas con más pixeles proveen resolución más alta.

Platinel: Una aleación de termopar no estándar de alta temperatura cuyo voltaje termoeléctrico casi corresponde un termopar tipo K (Marca registrada de Englehard Industries).

Platino: Metal noble que en su forma pura es el cable negativo de termopares tipo R y tipo S.

Platino 6% Rodio: La aleación platino-rodio que se usa como el cable negativo en conjunto con platino-30% rodio para formar un termopar tipo B.

Platino 10% Rodio: La aleación platino-rodio que se usa como el cable positivo en conjunto con platino puro para formar un termopar tipo S.

Platino 13% Rodio: La aleación platino-rodio que se usa como el cable positivo en conjunto con platino puro para formar un termopar tipo R.

Platino 30% Rodio: La aleación platino-rodio que se usa como el cable positivo en conjunto con platino 6% rodio para formar un termopar tipo B.

Platino 67: Para desarrollar gráficas FEM térmicas para termopares, la Oficina Nacional de Estándares junto cada aleación termopar con un cable de platino puro (designado Platino 2 antes de 1973 y actualmente Platino 67). Las FEMs térmicas de cualquier combinación de aleaciones pueden determinarse sumando los FEMs "vs. Pt-67" de las aleaciones, por ejemplo, la gráfica FEM para un termopar tipo K se deriva de los valores de Cromel vs. Pt-67 y el Alumel vs. Pt-67.

Polaridad: En electricidad, la capacidad de tener dos polos con cargas opuestas, una positiva, una negativa.

Puerto: Una señal de entrada (acceso) o punto de salida de una computadora.

Coeficiente de Temperatura Positiva: Un incremento en la resistencia debido al aumento en temperatura.

Energía Potencial: Energía relacionada a la posición o altura sobre un lugar a donde un fluido podría fluir.

Potenciómetro: 1. Un resistor variable que usualmente se usa para controlar un circuito. 2. Un puente de balanceo que se usa para medir el voltaje.

Fuente de alimentación: Una unidad separada o parte de un circuito que alimenta potencia al resto del circuito o a un sistema.

PPM: Abreviación de "partes por millón," a veces se usa para expresar coeficientes de temperatura. Por ejemplo, 100 ppm es idéntico a 0.01 %

Patrón Primario (NBS): Las unidades y constantes físicas de referencia estándar mantenidas por la Oficina Nacional de Estándares sobre el cual se basan todas las unidades de medida en los Estados Unidos.

Sonda: Término genérico que se usa para describir muchos tipos de sensores de temperatura.

Medidor de Proceso: Un panel de medición con capacidades de cero considerable y ajuste de lapso, que puede se escalado para leer en unidades de ingeniería para señales tales como 4-20 mA, 10-50 mA y 1-5 V.

Glosario para medición y control de temperatura

Programa: Una lista de instrucciones que sigue una computadora para realizar una tarea.

Memoria Prom: (*Programmable read-only memory*) Memoria de solo lectura programable. Una memoria semiconductora cuyos contenidos no pueden cambiarse por la computadora después de que se programa.

Banda de Proporción: Una banda de temperatura que se expresa en grados dentro de la cual la función de proporción de tiempo de un controlador de temperatura está activa.

Modo de Control de Proporción: Un controlador de proporción de tiempo donde la cantidad de tiempo que el regulador se energiza es dependiente de la temperatura del sistema.

Control de Proporción más Función Derivativa: Un controlador de tiempo con función derivativa. La función derivativa detecta el índice al que la temperatura de un sistema aumenta o disminuye y ajusta el ciclo de tiempo del controlador para minimizar el sobreimpulso o sub-impulso.

Control de Proporción más Integral: Un controlador de dos modalidades con la acción de proporción de tiempo e integral (auto reinicio). La función integral ajusta automáticamente la temperatura a la que un sistema se estabiliza al punto fijo de temperatura, eliminando la curvatura en el sistema.

Control de Proporción con Función Integral y Derivativa: Controlador PID de tres modalidades. Un controlador de proporción de tiempo con funciones integral y derivativa. La función integral ajusta automáticamente la temperatura del sistema al punto fijo de temperatura para eliminar curvatura debido a la función de proporción de tiempo. La función derivativa detecta el índice de aumento o caída en la temperatura del sistema y automáticamente ajusta el ciclo de tiempo al controlador para minimizar el sobre-impulso o sub-impulso.

Cabeza de Protección: Un espacio hecho usualmente de metal al final de un calentador o sonda donde se hace conexiones.

Tubo de Protección: Un tubo de metal o cerámica, cerrado en un extremo, dentro del cual se inserta un sensor de temperatura. El tubo protege el sensor del medio en el que se inserta.

Protocolo: Una definición formal que describe como se debe intercambiar información.

PSIA: Libras por pulgada cuadrada absoluta. Presión referente al vacío.

PSID: Libras por pulgada cuadrada diferencial. Diferencia de presión entre dos puntos.

PSIG: Libras por pulgada cuadrada de manómetro. Presión referente a la presión del ambiente.

PSIS: Libras por pulgada cuadrada estándar. Presión referente a la atmósfera estándar.

PTFE: Un polímero de fluorocarburo que se usa en el aislamiento de cables eléctricos.

Modulación por Ancho de Pulsos: Una salida en la forma de ciclo de trabajo que varía como una función del mensurando aplicado.

Radiación: Ver Infrarrojo.

Memoria de Acceso Aleatorio (RAM): Memoria que puede leerse y cambiarse durante una operación en computadora. A diferencia de otras memorias semiconductoras, la RAM es volátil – si el poder de la RAM se interrumpe o se pierde, la información almacenada se pierde.

Alcance: Aquellos valores que el transductor pretende medir, especificados por límites mayores y menores.

Capacidad de Alcance: El radio del índice de flujo máximo al índice de flujo mínimo de un medidor.

Rankine (°R): Una escala de temperatura absoluta basada en la escala de Fahrenheit con 180 grados entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua. 459.67 °R = 0° F.

Índice de Acción: La función derivativa de un controlador de temperatura.

Índice de Tiempo: El intervalo de tiempo sobre el cual un sistema de temperatura se muestrea por la función derivativa.

Medición Ratiométrica: Una técnica de medición sonde se usa una señal externa para proporcionar el voltaje referencia para el convertidor CAD de doble alcance. La señal externa puede derivarse de la excitación de voltaje aplicada al puente circuito o a la fuente de arranque, eliminando errores por fluctuaciones de fuente de potencia.

Memoria de Solo Lectura (ROM): Memoria que contiene información fija. La computadora solo puede leer la información, pero no puede cambiarla de ninguna forma.

Tiempo Real: El intervalo de tiempo en el que la temperatura del sistema se muestrea para la función derivativa.

Registro: Una colección de información no relacionada que se trata como una sola unidad.

Tiempo de Recuperación: La duración de tiempo que le toma a un transductor para regresar a la normalidad después de aplicar un presión de prueba.

Unión de Referencia: La unión fría en un circuito de termopar que se mantiene a una temperatura conocida estable. La temperatura de referencia estándar es de 0 °C (32 °F). Sin embargo, se pueden utilizar otras temperaturas.

Termopar de Metales Refractarios: Una clase de termopares con puntos de fundición arriba de 3600 °F. Los más comunes están hechos de aleaciones de tungsteno y tungsteno/renio, tipos G y C. Pueden usarse para medir temperaturas altas de hasta 2200 °C (4000 °F) en ambientes no oxidantes, inertes, o vacíos.

Regulador (Mecánico): Un aparato electromecánico que complete o interrumpe un circuito al mover físicamente contactos eléctricos en contacto entre ellos.

Regulador (Estado Sólido): Un aparato de cambios en estado sólido que completa o interrumpe un circuito eléctrico sin partes removibles.

Remoto: No cableado; que se comunica mediante líneas alternadas, como líneas telefónicas. Usualmente se refiere a aparatos periféricos que se localizan en un lugar lejos del CPU.

Repetibilidad: La habilidad de un transductor para reproducir lecturas de salida cuando el mismo valor mesurando se aplicado a él consecutivamente, bajo las mismas condiciones y en la misma dirección. La repetibilidad se expresa como la diferencia máxima entre lecturas de salida.

Resistencia: La resistencia al flujo de una corriente eléctrica medida en ohmios (Ω). Para un conductor, la resistencia es una función de diámetro, resistividad (una propiedad intrínseca del material) y longitud.

Característica de Ratio Resistencia: Para termistores, el ratio de la resistencia del termistor a 25 °C a la resistencia a 125 °C.

Característica de Temperatura de Resistencia: La relación entre la resistencia de un termistor y la temperatura.

Resolución: El incremento de medida detectable más pequeño. La resolución está usualmente limitada por el número de bits que se usan para cuantifica la señal de entrada. Por ejemplo, un CAD de 12-bits puede resolver a una parte en 4096 (2 a la 12 potencia equivale a 4096).

Frecuencia Resonante: La frecuencia mesurando a la que un transductor responde con una amplitud máxima.

Tiempo de Respuesta: La duración de tiempo requerida para que la salida de un transductor se eleve a un porcentaje especifico de su valor final como resultado de un cambio significativo de entrada.

Tiempo de Respuesta (constante de tiempo): El tiempo requerido por un sensor para alcanzar el 63.2% de un cambio significativo de temperatura bajo un grupo especifico de condiciones. Se requieren cinco constantes de tiempo por el sensor para estabilizar al 100% el valor del cambio significativo.

RFI: Interferencia Electromagnética.

Reóstato: Un resistor variable.

Tiempo de Elevación: El tiempo que se requiere para que un sensor o sistema responda a un paso de función instantáneo, medido desde los puntos 10% al 90% en la forma de onda de respuesta.

Condiciones del Área: Condiciones del ambiente en el que los transductores deben operar comúnmente.

Media Cuadrática (RMS): Raíz cuadrada de la media cuadrática de la señal tomada durante un ciclo completo.

RTD: Detector de Temperatura Resistivo.

SAMA: Asociación de Creadores de Aparatos Científicos. Una asociación que ha publicado estándares acerca de los elementos de resistencia (RTD s) del platino, níquel y cobre.

SCR: Rectificador Controlado de Silicio.

Desplazar: Mover todo o parte del material de pantalla hacia arriba o abajo, izquierda o derecha, para permitir que aparezca nueva información.

Coeficiente Seebek: La derivación (índice de cambio) del FEM térmico con respecto a la temperatura, normalmente se expresa como milivoltios por grado.

Efecto Seebeck: Cuando se forma un circuito con la unión de dos metales diferentes y las uniones se mantienen a diferentes temperaturas, una corriente fluirá en el circuito causada por la diferencia de temperatura entre las dos uniones.

FEM Seebeck: El voltaje del circuito abierto causado por la diferencia en temperatura entre las uniones caliente y frío de un circuito hecho de dos metales diferentes.

Autocalentamiento: Calentamiento interno de un transductor como resultado de disipación de potencia.

Elemento de Detección: La parte del transductor que reacciona directamente en respuesta a una entrada.

Sensibilidad: El cambio mínimo en la señal de entrada a la que un instrumento puede responder.

Cambio de Sensibilidad: Un cambio en la pendiente de la curva de calibración debido a un cambio en sensibilidad.

Acceso Secuencial: Una modalidad de acceso en la que los registros se toman en el mismo orden en que se escribieron. Casa acceso sucesivo a los archivos se refiere al siguiente registro en el archivo.

Transmisión en Serie: Enviar un poco cada vez en un sola línea de transmisión. Comparar con Transmisión Paralela.

Punto Fijo: La temperatura a la que un controlador se fija para controlar un sistema.

Tiempo de Estabilización: El tiempo que le toma a la pantalla para estabilizarse en un dígito final de valor cuando se aplica un grado al medidor de entrada.

SI: Sistema Internacional. El nombre que se le da al sistema métrico de unidades estándar.

Señal: Una transmisión eléctrica (ya sea entrada o salida) que comunica información.

Glosario para medición y control de temperatura

Acondicionador de señal: Un modulo de circuito que compensa, atenúa, amplifica, línea y/o filtra la señal de entrada del convertidor CAD. El condicionamiento de señal de salida típica es +2 V CC.

Acondicionamiento de señal: Procesar la forma o modo de una señal para hacerla inteligible a, compatible con, cierto aparato, incluyendo la manipulación como formación de pulsos, corte de pulsos, compensación, digitalización y alineación.

Entrada de Una Sola Cara: Un circuito de señal de entrada donde SEÑAL BAJA (o a veces SEÑALES ALTAS) está unida a MEDIDOR DE TIERRA. Curvaturas de tierra normalmente no son un problema en medidores potenciados por CA, ya que MEDIDOR DE TIERRA se transformar aisladamente de CA TIERRA.

Precisión Individual: El grado de precisión numérica que requiere el uso de una palabra de computadora. En precisión individual, se almacenan siete dígitos, y se imprimen hasta siete dígitos. Contraste con Precisión Doble.

Software: Generalmente, los programas cargados a la computadora desde un almacenamiento masivo externo pero también se extiende para incluir sistemas operativos y documentación.

Código Fuente: Programa no ejecutable escrito en un lenguaje de alto nivel. Un compilador o ensamblador debe traducir el código fuente al código objeto (lenguaje de máquina) que la computadora pueda entender y procesar.

Intervalo: La diferencia entre los límites más altos y bajos de un rango expresado en las mismas unidades que el rango.

Ajuste de Intervalo: La habilidad de ajustar la ganancia de un proceso o medidor de tensión para que un intervalo de visualización específico en unidades de ingeniería corresponda al intervalo de la señal específica. Por ejemplo, un intervalo de visualización de 200 °F puede corresponder al 16 mA intervalo de un transmisor de señal de4-20 mA.

Reserva: Un punto conector reservado para opciones, especiales, u otras configuraciones. El punto se identifica por un (E#) por ubicación en el esquema eléctrico.

Gravedad Específica: La proporción de masa de cualquier material a la masa del mismo volumen de agua pura a 4 °C.

Calor Específico: La proporción de energía térmica necesaria para elevar la temperatura de un cuerpo 1 grado a la energía térmica requerida para elevar una masa de agua igual 1 grado.

Filtro Espectral: Un filtro solo permite que pase un ancho de banda específico del espectro electromagnético, eje. 4 a 8 micras de radiación infrarroja.

Espectro: La resolución de todas las vibraciones a componentes de amplitud como una función de frecuencia.

Análisis de Espectro: Utilizar los componentes de frecuencia de una señal de vibración para determinar la fuente y causa de la vibración.

Tamaño de sitio: El diámetro del círculo que se forma por la sección cruzada del campo de visión de un instrumento óptico a cierta distancia.

Error Ficticio: Malfuncionamiento aleatorio o errático.

SSR: Regulador en Estado Sólido. Ver Regulador, Estado Sólido.

Estabilidad: La habilidad de un instrumento o sensor de mantener una salida constante cuando se aplica una entrada constante.

Bit de Parada: Una señal que sigue a un caracter o bloque que prepara el aparato el aparato receptor para recibir el siguiente caracter o bloque.

Serie: Una secuencia de caracteres.

Super-enfriamiento: El enfriamiento de un líquido más debajo de su temperatura de congelación sin la formación de fase sólida.

Super-calentamiento: 1. El calentamiento de un líquido por arriba de su temperatura de ebullición sin la formación de fase gaseosa. 2. El calentamiento de la fase gaseosa considerablemente por arriba de la temperatura del punto de ebullición para mejorar la eficiencia termodinámica de un sistema.

Corriente Emergente: Una corriente de corta duración que ocurre cuando la potencia se aplica primero a las cargas capacitivas o cargas resistivas dependientes de la temperatura como calentadores de tungsteno o molibdeno – que usualmente no dura más que unos cuantos ciclos.

Sintaxis: Las reglas que gobiernan la estructura de un lenguaje.

Cinta: Un medio de grabación de información o programas de computadora. La cinta puede ser de forma permanente, como cinta de papel perforado, o borrable, como la cinta magnética. Generalmente, la cinta se usa como medio de almacenamiento masivo, en forma magnética y tiene mucha capacidad más alta de almacenamiento que un disco de almacenamiento, pero toma más tiempo escribir o recuperar información de una cinta que de un disco.

Telecomunicación: Sinónimo de comunicación de información. La transmisión de información de un punto a otro.

TEMPCO: Abreviación en ingles de "coeficiente de temperatura": el error que se introduce por un cambio de temperatura. Normalmente se expresa en %/°C o ppm/°C.

Error de Temperatura: El cambio máximo en salida, a cualquier valor mesurando dentro de un rango específico, donde la temperatura del transductor se cambia de temperatura ambiente a temperaturas extremas específicas.

Rango de Temperatura, Compensada: El rango de temperatura ambiente dentro de la cual todas las tolerancias especificadas por el Cambio Térmico Cero y el Cambio de Sensibilidad Térmica se aplican (error de temperatura).

Rango de Temperatura, Operable: El rango de temperaturas ambiente, dadas por sus extremos, dentro de las cuales un transductor puede operarse. Exceder el rango de compensación puede requerir recalibración.

Terminal: Dispositivo de entrada/salida que se usa para introducir información a una computadora y registrar la salida.

Coeficiente de Resistencia Térmica: El cambio de resistencia de un semiconductor por cambio de unidad de temperatura en un rango específico de temperatura.

Conductividad Térmica: La habilidad de un material para conducir calor en la forma de energía térmica.

FEM térmica: Ver *FEM Seebeck*

Expansión térmica: Un aumento de tamaño debido a un aumento en la temperatura expresada en unidades de un aumento en longitud o aumento en tamaño por grado, es decir, pulgadas/pulgada/grados C.

Gradiente térmico: La distribución de una temperatura diferencial a través de un cuerpo o a través de una superficie.

Cambio de sensibilidad térmica: El cambio de sensibilidad por cambios en la temperatura ambiente desde la temperatura ambiente hasta los límites especificados del rango de temperatura compensado.

Cambio cero térmico: Un error debido a cambios en la temperatura ambiente en que la salida de presión cero cambia. Así, toda la curva de calibración se mueve en un desplazamiento paralelo.

Termistor: Un elemento de detección de temperatura compuesto de un material semiconductor sinterizado que presenta un gran cambio en la resistencia proporcional a un pequeño cambio en la temperatura. Los termistores por lo general tienen coeficientes de temperatura negativos.

Termopar: La unión de dos metales diferentes que tiene una salida de voltaje proporcional a la diferencia de temperatura entre la unión caliente y los cables conductores (unión fría) (consulte FEM Seebeck).

Tipo de termopar (Símbolo ANSI)	**Material**
J	Hierro/Constantán
K	CHROMEGA®/ALOMEGA®
T	Cobre/Constantán
E	CHROMEGA/Constantán
R	Platino/Platino 13% Rodio
S	Platino/Platino 10% Rodio
B	Platino 6% Rodio/Platino 30% Rodio
G*	Tungsteno/Tungsteno 26% Renio
C*	Tungsteno 5% Renio/Tungsteno 26% Renio
D*	Tungsteno 3% Renio/Tungsteno 25% Renio

*No son símbolos ANSI

Pila termoeléctrica: Una distribución de termopares en serie de tal manera que las uniones alternas están a la temperatura de medición y la temperatura de referencia. Esta distribución amplifica la voltaje termoeléctrico. Las pilas termoeléctricas se utilizan por lo general como detectores de infrarrojo en la pirometría de radiación.

Termopozo: Un tubo de extremo cerrado diseñado para proteger los sensores de temperatura de ambientes hostiles, alta presión y flujos. Se pueden instalar en un sistema por rosca de tubo o rebordes soldada y por lo general están hechos de metal resistente a la corrosión o material cerámico, dependiendo de la aplicación.

Efecto Thomson: Cuando la corriente fluye a través de un conductor dentro de un gradiente térmico, una absorción reversible o evolución de calor ocurrirá en el conductor en los límites del gradiente.

Transductor: Un dispositivo (o medio) que convierte la energía de una forma a otra. El término se aplica generalmente a dispositivos que toman los fenómenos físicos (presión, temperatura, humedad, flujo, etc.) y los convierten en señales eléctricas.

Transmisor (Dos cables): Un dispositivo que se utiliza para transmitir datos de temperatura ya sea de un termopar o RTD a través de un bucle de corriente de dos cables. El bucle tiene una fuente de alimentación externa y el transmisor actúa como una resistencia variable con respecto a su señal de entrada.

TRIAC: Un dispositivo de cambio en estado sólido utilizado para cambiar alternando formas de onda de corriente.

Punto triple: La temperatura y presión a la cual las fases sólida, líquida y gaseosa de una sustancia dada están todas presentes simultáneamente en cantidades variables.

Punto triple (Agua): El estado termodinámico donde las tres fases, sólida, líquida y gaseosa, pueden estar presentes en equilibrio. El punto triple de agua es .01 °C.

RMS verdadero: El verdadero valor de la raíz cuadrada media de una señal de CA o CA-más-CC, frecuentemente utilizadas para determinar la energía de una señal. Para una onda sinusoidal perfecta, el valor RMS es 1.11072 veces el valor promedio rectificado, que se utiliza para la medición de bajo costo. Para señales significativamente no sinusoidales, se requiere un convertidor RMS verdadero.

TTL: Lógica de transistor a transistor. Una forma de lógica en estado sólido que utiliza sólo transistores para formar las puertas de lógica.

Compatible con TTL: Para circuitos de entrada digital, un 1 lógico se obtiene para entradas de 2.0 a 5.5 V que pueden conseguir 40 µA y un 0 lógico se obtiene para entradas de 0 a 0.8 V que pueden disipar 1.6 mA. Para señales de salida digital, un 1 lógico está representado por 2.4 a 5.5 V con una capacidad de fuente de corriente de al menos 400 µA y un 0 lógico está representado por 0 a 0.6 V con una capacidad de disipación de corriente de al menos 16 mA.

Carga de unidad TTL: Una carga con niveles de voltaje TTL, que atraerán 40 µA para un 1 lógico y –1.6 mA para un 0 lógico.

Típico: Error dentro de una desviación estándar más o menos (± 1%) del valor nominal especificado, calculado a partir de la población total.

UL: *Underwriters Laboratories, Inc.* Un laboratorio independiente que establece las normas para los productos comerciales e industriales.

Ultravioleta: Esa porción del espectro electromagnético debajo de la luz azul (380 nanómetros).

Sub-impulso: La diferencia de temperatura entre la temperatura a la que va un proceso, por debajo del punto de ajuste, después de apagar el ciclo de enfriamiento y la temperatura del punto de ajuste.

Unión sin puesta a tierra: Una forma de construcción de una sonda de termopar donde la unión caliente o de medición está completamente cerrado por y aislado del material de la funda.

Unión: Una forma de accesorio de tubería donde dos tubos de extensión se unen en un acoplamiento separable.

Vacío: Una presión menor a la presión atmosférica.

Velocidad: La velocidad de tiempo en cambio de desplazamiento; dx/dt.

Transductor de vibración: Por lo general, cualquier dispositivo que convierta el movimiento, ya sea de choque o vibración en estado fijo, en una señal eléctrica proporcional al movimiento; un sensor.

Voltio: La diferencia potencial (eléctrica) entre dos puntos en un circuito. La unidad fundamental se deriva como trabajo por carga de unidad – (V = W/Q). Un voltio es la diferencia potencial requerida para mover un culombio de carga entre dos puntos en un circuito usando un julio de energía.

Voltaje: Un potencial eléctrico que se puede medir en voltios.

Voltímetro: Un instrumento utilizado para medir el voltaje.

Densidad de watts: Los watts que emanan de cada pulgada cuadrada de un área con superficie caliente de un calentador. Expresado en unidades de watts por pulgada cuadrada.

Puente de Wheatstone: Una red de cuatro resistencias, una fuente de FEM, y un galvanómetro conectado de tal manera que cuando las cuatro resistencias se unen, el galvanómetro muestra una deflexión cero o lectura "nula".

Ventana: En los gráficos de computadora, un área definida en un sistema no delimitado por ningún límite; "espacio" ilimitado en los gráficos.

Palabra: Número de bits tratados como una sola unidad por el CPU. En una máquina de 8 bits, la longitud de la palabra es de 8 bits; en una máquina de 16 bits, es de 16 bits.

Estándar de trabajo: Un estándar de medición de unidades calibrado ya sea un estándar primario o secundario, que se utiliza para calibrar otros dispositivos o hacer mediciones de comparación.

Ajuste cero: La capacidad de ajustar la pantalla de un medidor de procesos o tensión de manera que el cero en la pantalla corresponda a una señal que no sea cero, como 4 mA, 10 mA, o 1 V CC. El rango de ajuste normalmente se expresa en conteos.

Compensación cero: 1. La diferencia expresada en grados entre el cero verdadero y una instrucción dada por un instrumento de medición. 2. Ver Supresión cero.

Resistencia de energía cero: La resistencia de un termistor o elemento RTD sin energía disipada.

Supresión cero: El alcance de un indicador o registrador de gráficos puede ser compensado de cero (cero suprimido) de tal manera que ninguno de los límites del alcance será cero. Por ejemplo, un registrador de temperatura que registra un alcance de 100° de 400° a 500° se dice que tiene supresión cero de 400°.

Cambio de voltaje cero: La realización o ruptura de un circuito programado de tal manera que la transición ocurre cuando la forma de onda de voltaje cruza el voltaje cero; por lo general sólo se encuentra en dispositivos de cambio en estado sólido.

Ventas y servicio internacionales

OMEGA tiene sus oficinas centrales de ventas y distribución internacionales en Estados Unidos. Atendemos al creciente mercado europeo desde nuestra oficina en el Reino Unido, así como al mercado mexicano. Todas las ubicaciones tienen personal de ventas multilingüe con amplio conocimiento del comercio mundial.

Encuentre la oficina más cercana:

México
No. gratuito: 01800 890 5495
8335 5372 (Desde Monterrey)
+52 (81) 8335 5372 (Fuera de México)
e-mail: ventas@mx.omega.com

América Latina
Tel: 001 (203) 359-1660
Fax: 001 (203) 359-7700
e-mail: espanol@omega.com

Brasil
Tel: +55 (19) 2138-6300
No. gratuito: 0800-779-2847
e-mail: vendas@br.omega.com

Chile
e-mail: ventas@cl.omega.com
cl.omega.com

Estados Unidos
No. gratuito: 1-800-826-6342
e-mail: info@omega.com
www.omega.com

Reino Unido
e-mail: sales@omega.co.uk
www.omega.co.uk

Benelux
e-mail: esales@omega.nl
www.omega.nl

Francia
e-mail: esales@omega.fr
www.omega.fr

Italia
e-mail: commerciale@it.omega.com
it.omega.com

España
e-mail: ventas@es.omega.com
es.omega.com

Canadá
e-mail: generalinfo@omega.ca
www.omega.ca

China
e-mail: info@cn.omega.com
cn.omega.com

República Checa
e-mail: info@jakar.cz
www.omegaeng.cz

Alemania/Austria
e-mail: info@omega.de
www.omega.de

Japón
e-mail: info@jp.omega.com
jp.omega.com

Corea
e-mail: esales@kr.omega.com
kr.omega.com

Cingapura
e-mail: info@sea.omega.com
sea.omega.com

Indonésia
e-mail: info@sea.omega.com
sea.omega.com

Malásia
e-mail: info@sea.omega.com
sea.omega.com

Filipinas
e-mail: info@sea.omega.com
sea.omega.com

Taiwan
e-mail: info@sea.omega.com
sea.omega.com

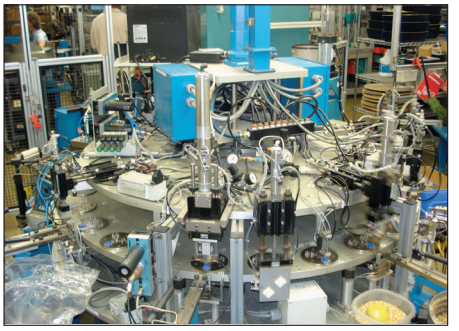
Tailândia
e-mail: info@sea.omega.com
sea.omega.com

Excediendo sus expectativas



Comenzando en 1962 con la fabricación de una sola línea de termopares, OMEGA se ha convertido en un líder global de tecnología, con más de 100,000 productos innovadores para medir y controlar la temperatura, humedad, presión, tensión, fuerza, flujo, nivel, pH y conductividad. También tenemos una completa línea de productos inalámbricos, de adquisición de datos, de calentamiento eléctrico y personalizados.

Por décadas, los profesionales de la medición y el control de procesos han recurrido a OMEGA para obtener información GRATUITA de nuestros productos y material de referencia, así como nuestros empleados, servicios, instalaciones y compromiso con la satisfacción del cliente.







Manufactura, gente y productos de calidads

OMEGA se enorgullece de ofrecer las capacidades de ingeniería personalizada más amplias y sofisticadas en la industria de la medición y control de procesos. Nuestras amplias capacidades de manufactura personalizada refuerzan nuestra filosofía de servicio al cliente/impulsada por los clientes. Si usted necesita una simple modificación de un producto estándar o una ingeniería de sistemas personalizada completa, OMEGA puede complacer su petición especial.

Más de 50 años de experiencia combinada con nuestras habilidades de diseño y manufactura ha establecido a OMEGA como líder. Instrumentación de calidad siempre ha sido nuestra mayor prioridad, pero es nuestro dedicado personal técnico altamente calificado que garantiza esta calidad y distingue a nuestros productos y servicios. Desde nuestro diseño y manufactura asistido por computadora (CAD/CAM), hasta la producción y ensamblaje, así como nuestro centro de pruebas de control de calidad, ¡el personal experto de OMEGA garantiza que sus productos sean perfectamente de vanguardia!

Estamos listos para servirle en México

OMEGA™

Su única fuente para la Medición y Control de procesos.

Garantía/Renuncia de responsabilidad

OMEGA se complace en ofrecerle sugerencias sobre el uso de sus diferentes productos. Sin embargo, OMEGA no asume responsabilidad alguna por omisiones o errores, ni asume responsabilidad alguna por los daños que resulten del uso de sus productos de acuerdo con la información proporcionada por OMEGA, ya sea verbal o escrita. OMEGA garantiza solamente que las piezas fabricadas por ésta estarán según lo especificado y libres de defectos. OMEGA NO HACE NINGUNA OTRA GARANTÍA O DECLARACIÓN DE NINGÚN TIPO, EXPRESA O IMPLÍCITA, EXCEPTO LA DE TÍTULO Y TODAS LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS, INCLUYENDO CUALQUIER GARANTÍA DE COMERCIALIZACIÓN Y APTITUD PARA UN PROPÓSITO EN PARTICULAR SE RENUNCIAN POR LA PRESENTE. LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD: Los recursos del comprador establecidos aquí son exclusivos y la responsabilidad total de OMEGA con respecto a cualquier orden, ya sea con base en contrato, garantía, negligencia, indemnización, responsabilidad estricta o de otra manera, no excederá el precio de compra del componente sobre el cual está basada la responsabilidad. En ningún caso OMEGA será responsable por daños o pérdidas, ya sean directos, indirectos, incidentales, especiales o consecuentes. Esta garantía no puede transferirse o asignarse a terceros. Se limita al comprador solamente.

CONDICIONES: El equipo vendido por OMEGA no está destinado para utilizarse, ni debe utilizarse: (1) como “componente básico” utilizado en o con cualquier instalación o actividad nuclear; o (2) en aplicaciones médicas o utilizado en humanos. En caso de que cualquier producto(s) se utilice en o con cualquier instalación o actividad nuclear, aplicación médica, utilizado en humanos, o mal utilizado de cualquier forma, OMEGA no asume responsabilidad alguna según lo establecido en nuestra GARANTÍA /RENUNCIA DE RESPONSABILIDAD básica mencionada anteriormente y además, el comprador deberá indemnizar a OMEGA y liberar a OMEGA de cualquier responsabilidad o daño derivado del uso del producto(s) de tal manera.

La información contenida en este manual se considera correcta, pero OMEGA no asume responsabilidad alguna por cualquier error que contenga y se reserva el derecho a modificar especificaciones sin previo aviso. Por favor póngase en contacto con OMEGA para cualquier duda o problema relacionado con nuestra protección de patentes en: legal@omega.com

Cómo encomendar

Nuestro calificado personal de ventas está capacitado para ofrecerle asistencia técnica y ayudarle a hacer su pedido.

PEDIDOS POR ESCRITO

Los pedidos por e-mail son bienvenidos. Si está familiarizado con nuestros productos y no necesita consultar con un vendedor, envíe su pedido a: ventas@mx.omega.com.

También puede enviar sus pedidos por escrito a:
OMEGA ENGINEERING
ONE OMEGA DRIVE, P.O. BOX 4047
STAMFORD, CT
06907-0047 USA

Para un procesamiento rápido y eficiente de su pedido, favor de incluir:

- Número de orden de compra
- Direcciones de facturación y envío
- Código del producto y descripción de artículos
- Número telefónico del solicitante

PRECIOS

Los precios de los productos vendidos son los que están en vigor al momento de la venta. Los precios publicados son los que están en vigor al momento de la publicación y están sujetos a cambios sin previo aviso. Contáctenos para obtener los precios actuales. Con gusto OMEGA enviará cotizaciones por correo, teléfono, e-mail o FAX sobre pedido.

DESCUENTOS POR CANTIDAD

Muchos artículos tienen programas de descuento por cantidad. Para cantidades grandes y productos que no tienen programas de descuento publicados, favor consultar con el departamento de ventas.

PAGO

Se aceptan pagos con tarjeta de crédito, tarjeta de débito, transferencia bancaria o contra entrega.

ENVÍOS

Los pedidos se envían por Federal Express o Shentong.

ESTATDO DEL PEDIDO Y PREGUNTAS SOBRE DEVOLUCIONES/REPARACIONES

Para estado de entrega, cambios de pedido, cancelaciones, reparaciones en garantía y fuera de garantía, contacte al Departamento de Servicio al Cliente de OMEGA. Antes de devolver cualquier producto(s), contacte al Departamento de Servicio al Cliente para obtener un número y dirección de envío para devolución autorizada (AR). El número AR designado debe escribirse en el exterior del paquete de devolución. Para evitar retrasos en el proceso, asegúrese de incluir: número de orden de compra, número de factura, nombre, dirección y número telefónico, modelo y número de serie del producto y las instrucciones de reparación. Llame de forma gratuita a Servicio:

01800-890-5495

Oficinas de ventas globales

México
No. Gratuito: 001 800 890 5495
(México solamente)
8335 5372 (Desde Monterrey)
+52 (81) 8335 5372 (Fuera de México)
e-mail: ventas@mx.omega.com

América Latina
Tel: 001 (203) 359-1660
Fax: 001 (203) 359-7700
e-mail: espanol@omega.com

Brasil
Av. John Dalton, 92 md. 01
Techno Park
CEP 13069-330
Campinas- SP, Brazil
Tel: +55 (19) 2138-6300
No. Gratuito: 0800-779-2847
e-mail: info@br.omega.com

Estados Unidos
One Omega Drive, P.O. Box 4047
Stamford, CT 06907-0047 USA
Tel: (203) 359-1660
Fax: (203) 359-7700
No. Gratuito: 1-800-826-6342
e-mail: info@omega.com

España
Tel: +34 911 776 121
Fax: +34 911 776 122
No. Gratuito: 800 900 532
e-mail: ventas@es.omega.com

Reino Unido
One Omega Drive,
River Bend Technology Centre
Northbank, Irlam, Manchester
M44 5BD United Kingdom
Tel: +44 (0) 161 777-6611
Fax: +44 (0) 161 777-6622
No. Gratuito: 0800-488-488
e-mail: sales@omega.co.uk

Benelux
Tel: +31 070 770 3815
Fax: +31 070 770 3816
No. Gratuito: 0800 099 3344
e-mail: esales@omega.nl

Francia
Tel: 01 57 32 48 17
Fax: 01 57 32 48 18
No. Gratuito: 0805 541 038
e-mail: esales@omega.fr

Italia
Tel: +39 022 333 1521
Fax: +39 022 333 1522
No. Gratuito: 800 906 907
e-mail: commerciale@it.omega.com

Canadá
976 Bergar
Laval (Quebec) H7L 5A1 Canada
Tel: (514) 856-6928
Fax: (514) 856-6886
No. Gratuito: 1-800-826-6342
e-mail: generalinfo@omega.ca

China
1698 Yi Shan Road, Unit 102
Min Hang District
Shanghai, China 201103 P.R.C.
Tel. Fijo: 800 819 0559
Celular: 400 619 0559
e-mail: info@cn.omega.com

República Checa
Frystatska 184
733 01 Karviná
Czech Republic
Tel: +420-59-6311899
Fax: +420-59-6311114
e-mail: info@jakar.cz

Alemania/Austria
Daimlerstrasse 26
D-75392 Deckenpfronn Germany
Tel: +49 (0) 7056 9398-0
Fax: +49 (0) 7056 9398-29
No. Gratuito: 0800 8266342
e-mail: info@omega.de

Japón
SA Building (1F)
Kiba2-17-12, Koto-ku
Tokyo, Japan 135-0042
Tel: 03-5620-1880
Fax: 03-5620-1350
No. Gratuito: 0120-040572
e-mail: info@jp.omega.com

Corea
1F 203 Building, 203-7
Yangjae-dong, Seocho-gu
Seoul, 137-893, Korea (South)
No. Gratuito:+82 080 7300 8830
e-mail: info@kr.omega.com

Singapur
(e otros países del Sureste de Asia)
1 Kaki Bukit View
#05-26/29 Techview, Singapore 415941
Tel: +65 6415 5353
Fax: +65 6743 0950
No. Gratuito:+65 1800 622 1156
e-mail: info@sea.omega.com

Malasia
No. Gratuito: +60 1800 88 3496
e-mail: info@sea.omega.com

Filipinas
No. Gratuito: +63 1 800 8908 8267
+63 1 800 1441 0877
e-mail: info@sea.omega.com

Taiwán
No. Gratuito: +886 0809 090 375
e-mail: info@sea.omega.com

Tailandia
No. Gratuito: +66 001 800 441 0237
e-mail: info@sea.omega.com

Indonesia
e-mail: info@sea.omega.com

Manual de Referencia Técnica de Temperatura



El libro de referencias técnicas incluye:

- Preguntas frecuentes sobre temperatura
- Factores de conversion para unidades físicas de medición
- Gráfico de resistencia química
- Glosario de medición y control de temperatura
- Lineamientos prácticos para la medición de temperatura
- Cómo utilizar termopares
- Cómo utilizar los detectores de temperatura de resistencia (RTD)
- Cómo utilizar los termistores
- Propiedades del termopar
- Tablas de referencia de termopar
- Principios de la termometría de infrarrojo
- Libro blanco de calibración
- Guía del controlador de temperatura
- Afinación de controladores PID
- Temperatura de RTD vs Tablas de resistencia
- Temperatura de termistor vs Tablas de resistencia
- Conversiones, cálculos, gráficos y tablas sobre muchos temas técnicos

mx.omega.com