

Clasificaciones de Pesas

OIML R 111, ASTM E 617 y NIST F

En los servicios de calibración de pesas surgen diferentes preguntas acerca de las especificaciones de las pesas, errores máximos permisibles, construcción, forma, diseño, características de materiales, marcado, presentación, densidad de los materiales, etc. En esta edición reunimos las respuestas a muchas de estas preguntas.



CLASIFICACIONES DE PESAS

Las clasificaciones de pesas usadas comúnmente son:

OIML R 111: E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ y M₃ (Internacional)

ASTM E 617-97, Clases 0 a 7 (Estados Unidos)

NIST Clase F (Estados Unidos)

La Recomendación OIML R 111, es aceptada internacionalmente. ASTM E 617 y NIST Clase F son usadas en los Estados Unidos.

En la tabla 1 se tiene una correlación general entre las clasificaciones de Pesas OIML (International Organization of Legal Metrology), ASTM (American Society for Testing and Materials), y NIST (National Institute of Standards and Technology).

Apasionados por la Metroología

La Guía MetAs, es el boletín electrónico de difusión periódica de MetAs & Metrólogos Asociados.

En *La Guía MetAs* se presentan: noticias de la metroología, artículos e información técnica; seleccionada por nuestros colaboradores, que deseamos compartir con Usted, colegas, usuarios, clientes, estudiantes, amigos y en fin, con todos aquellos interesados o relacionados con la metrología técnica e industrial.

Servicios Metrológicos:

Laboratorio de Calibración:

Presión, Alto Vacío, Temperatura, Humedad, Eléctrica, Vibraciones, Masa, Densidad, Volumen, Óptica y Dimensional

Ingeniería:

Selección de Equipos, Desarrollo de Sistemas de Medición y Software, Reparación y Mantenimiento

Gestión Metrológica:

Subcontratación de Servicios, Outsourcing, Selección de Proveedores, Confirmación Metrológica

Consultoría:

Capacitación, Entrenamiento, Asesoría, Auditorías, Ensayos de Aptitud, Sistemas de Calidad

OIML R 111	ASTM E 617- 1997 re- aprove- ada 2003	NBS Circ. 547, 1954 reem- plazada 1978 por ASTM	NIST 105-1, 1990	Uso Típico OIML R 111
Extra-Fina Exactitud				
E_1				Esta clase de exactitud se utiliza para asegurar la trazabilidad entre los patrones nacionales de masa y pesas de la clase E_2 e inferiores.
E_2	0			Esta clase de exactitud se utiliza para la calibración de pesas de la clase F_1 y para la calibración de instrumentos para pesar de la clase de exactitud I.
	1	M,S		
Fina Exactitud				
F_1	2			Esta clase de exactitud se utiliza para la calibración de pesas de la clase F_2 y para la calibración de instrumentos para pesar de la clase de exactitud I y II.
	3	S-1		
F_2				Esta clase de exactitud se utiliza para la calibración de pesas de la clase M_1 y para la calibración de instrumentos para pesar de la clase de exactitud II, que participan en importantes transacciones comerciales (Por ejemplo metales y piedras preciosas).
Media Exactitud				
	4	P		
M_1	5	Q		Esta clase de exactitud se utiliza para la calibración de pesas de la clase M_2 y para la calibración de instrumentos para pesar de la clase de exactitud III.
M_{1-2}	6			
M_2	6		F	Esta clase de exactitud se utiliza para la calibración de pesas de la clase M_3 y para la calibración de instrumentos para pesar de la clase de exactitud III, utilizados en transacciones comerciales generales.
M_{2-3}				
M_3	7	T		Esta clase de exactitud se utiliza para la calibración de instrumentos para pesar de clase de exactitud III y III.

Tabla 1. Correlación General entre las Clasificaciones de Pesas

No existe todavía una relación directa entre las clasificaciones en estas especificaciones y las especificaciones han cambiado en el tiempo.

ERRORES MÁXIMOS PERMISIBLES

Los errores máximos permisibles para OIML R 111 y ASTM E 617 están dados en las tablas 3 y 5. Los valores nominales de estas tablas indican desde la pesa más pequeña hasta la más grande para las distintas clases exactitud y los respectivos errores máximos permisibles para cada pesa.

Por ejemplo, el valor más pequeño de pesa que se acepta en una clase M₂ es de 100 mg, mientras que el mayor es 5 000 kg. Una pesa de 50 mg, no puede ser aceptada como una pesa de clase M₂ según la OIML R 111, pero sí puede ser aceptada dentro de la clase M₁ si cumple con los errores máximos permisibles y otros requerimientos de la norma (por ejemplo: forma o marcados permitidos).

Para cada pesa, durante la calibración, la incertidumbre expandida U , para $k=2$ de la masa convencional, debe ser menor o igual que un 1/3 del error máximo permisible dado en las tablas 3 y 5.

$$U(k=2) \leq \frac{1}{3} \delta m \quad (1)$$

Para cada pesa, la masa convencional, m_c (determinada con una incertidumbre expandida), no debe diferir por más que la diferencia: error máximo permisible δm menos incertidumbre expandida, del valor nominal de la pesa m_o :

$$m_o - (\delta m - U) \leq (m_c) \leq m_o + (\delta m - U) \quad (2)$$

**OIML
R 111**

PESAS OIML R 111 (2004)

En esta norma se definen las clases de exactitud E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ y M₃.



Clase E₁: (cavidad de ajuste no permitida)

- ✓ No marcas, una sola pieza
- ✓ Marcas de usuario para distinguir de otras pesas clase E₁ y E₂
- ✓ La clase debe ser indicada en el estuche de resguardo.

Clase E₂: (cavidad de ajuste no permitida)

- ✓ No marcas, una sola pieza
- ✓ Puede colocarse un punto en la parte superior para distinguir de la clase E₁
- ✓ Pesa mayores de 50 kg pueden tener cavidad de ajuste y deben ser ajustadas con el mismo material.

Construcción, forma, diseño, características de materiales

Clase E₁ y E₂:

- ✓ Pesas iguales o mayores de 1 g, la dureza y resistencia del material deben ser similar o mejor que la del acero inoxidable austenítico.

Clase F₁: (cavidad de ajuste permitida)

- ✓ Una o más piezas
- ✓ Pesas iguales o mayores de 1 g, pueden marcarse en la parte superior sólo con el valor nominal sin el símbolo de la unidad (Ejemplo "5").

Clase F₂: (cavidad de ajuste permitida)

- ✓ Una o más piezas
- ✓ Pesas iguales o mayores de 1 g, pueden marcarse en la parte superior la clase como "F" junto con el nominal sin el símbolo de la unidad, (Ejemplo "F5").

Clase F₁ y F₂:

- ✓ Pesas iguales o mayores de 1 g, la dureza y fragilidad del material deben ser al menos igual que la del bronce
- ✓ Pesas iguales o mayores de 50 kg, la dureza y fragilidad del material deben ser al menos igual que la del acero inoxidable.

Clase M₁: (con cavidad de ajuste)

- ✓ Pueden marcarse en la parte superior la clase como "M" o "M₁" junto con el valor nominal seguido del símbolo de la unidad que corresponda (Ejemplo, "M, 5 kg")
- ✓ Pesas cilíndricas menores de 5 kg deben ser hechas de bronce o de un material similar o mejor que la del bronce
- ✓ Pesas cilíndricas de 50 kg o menores deben ser hechas de hierro fundido gris o de un material similar o mejor que la del hierro fundido gris.

Clase M₂: (con cavidad de ajuste)

- ✓ Pueden marcarse en la parte superior la clase como "M₂" junto con el valor nominal seguido del símbolo de la unidad que corresponda (Ejemplo, "M₂, 5 kg")
- ✓ Incluir la marca es permitida.

Marcado, presentación y densidad de los materiales

Clase M₃: (con cavidad de ajuste)

- ✓ Pueden marcarse en la parte superior la clase como "M₃" o "X" junto con el valor nominal seguido del símbolo de la unidad que corresponda (Ejemplo, "M₃, 5 kg")
- ✓ Incluir la marca es permitida.

Clase M₂ y M₃:

- ✓ Pesas cilíndricas menores de 100 g deben ser hechas de bronce o de un material similar o mejor que la del bronce.

Clase M₁, M₂ y M₃:

- ✓ Pesas iguales o mayores de 1 g, su superficie puede ser tratada en orden de mejorar su dureza y resistencia a la corrosión.
- ✓ Pesas menores de 1 g, el material debe ser resistente para la corrosión y oxidación, su superficie no puede ser tratada.
- ✓ Pesas cilíndricas de 50 kg o menores deben ser hechas de hierro fundido gris o de un material similar o mejor que la del hierro fundido gris.
- ✓ Pesas paralelepípedas rectangulares de 5 kg a 50 kg deben ser hechas de un material al menos igual que la del hierro fundido gris.
- ✓ Pesas mayores de 50 kg, su superficie puede ser tratada en orden de mejorar su dureza y resistencia a la corrosión para condiciones ambientales en intemperie. Deben ser hechas de uno o más materiales iguales o mejores que la del hierro fundido gris.
- ✓ 1 g a 10 g, cavidad de ajuste no es recomendada
- ✓ 20 g a 50 g, cavidad de ajuste es opcional
- ✓ 100 g a 5 000 kg, debe tener cavidad de ajuste
- ✓ 20 g a 200 g, cavidad de ajuste opcional para pesas de acero inoxidable en M₁ y M₂.

Clase M₁₋₂ y M₂₋₃:

- ✓ Pueden marcarse en la parte superior la clase como "M₁₋₂" o "M₂₋₃" junto con el valor nominal seguido del símbolo de la unidad que corresponda.

Pesas iguales o menores de 1 g:

Las pesas menores de 1 g deben ser de hojas o alambres, con las formas acordadas a tabla 2. La forma de pesas no marcadas con su valor nominal debe conformar a los valores dados en tabla 2.

La pesa de 1 g puede tener cualquier de la forma de los múltiplos de las pesas de 1 g o la forma de los sub-múltiplos de las pesas de 1 g.

Valores Nominales	Hojas	Alambres	
5, 50 , 500 mg	Pentágono	Pentágono	5 segmentos
2, 20 , 200 mg	Cuadrado	Cuadrado	2 segmentos
1, 10, 100, 1 000 mg	Triángulo	Triángulo	1 segmento

Tabla 2. Formas de Pesas iguales o menores de 1 g

Marcado, presentación y densidad de los materiales

Marcado:

El numeral indicado los valores nominales de las pesas deben representar:

Kilogramos - para pesas 1 kg hacia arriba
Gramos - para pesas de 1 g a 500 g

Pesas duplicadas o triplicadas en un juego debe ser claramente distinguidas **por un número o uno ó dos asteriscos o puntos** en el centro de la superficie, excepto para pesas de alambre las cuales deben ser distinguidas por uno o dos ganchos.

La secuencia de un juego de pesas debe cumplir con una de las siguientes secuencias:

(1; 1; 2; 5) x 10^n kg
 (1; 1; 1; 2; 5) x 10^n kg
 (1; 2; 2; 5) x 10^n kg
 (1; 1; 2; 2; 5) x 10^n kg
 ó
 $m \times 1 \times 10^n$ kg
 $m \times 2 \times 10^n$ kg
 $m \times 5 \times 10^n$ kg

Donde "n" representa un número positivo o negativo y donde "m" representa el número de piezas múltiple.

Errores Máximos Permisibles OIML R 111

La densidad del material usado para las pesas debe ser tal que una desviación del 10 % de la densidad del aire normalizado ($1,2 \text{ kg/m}^3$) no produce un error que exceda 1/4 del error máximo permisible de la pesa.

Clase OIML	E_1	E_2	F_1	F_2	M_1	M_{1-2}	M_2	M_{2-3}	M_3
Valor Nominal	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
5 000 kg			25 000	80 000	250 000	500 000	800 000	1 600 000	2 500 000
2 000 kg			10 000	30 000	100 000	200 000	300 000	600 000	1 000 000
1 000 kg		1 600	5 000	16 000	50 000	100 000	160 000	300 000	500 000
500 kg		800	2 500	8 000	25 000	50 000	80 000	160 000	250 000
200 kg		300	1 000	3 000	10 000	20 000	30 000	60 000	100 000
100 kg		160	500	1 600	5 000	10 000	16 000	30 000	50 000
50 kg	25	80	250	800	2 500	5 000	8 000	16 000	25 000
20 kg	10	30	100	300	1 000		3 000		10 000
10 kg	5	16	50	160	500		1 600		5 000
5 kg	2,5	8	25	80	250		800		2 500
2 kg	1,0	3,0	10	30	100		300		1 000
1 kg	0,5	1,6	5	16	50		160		500
500 g	0,25	0,8	2,5	8	25		80		250
200 g	0,1	0,30	1,0	3,0	10		30		100
100 g	0,05	0,16	0,5	1,6	5		16		50
50 g	0,03	0,10	0,30	1,0	3,0		10		30
20 g	0,025	0,080	0,25	0,8	2,5		8		25
10 g	0,020	0,060	0,20	0,6	2,0		6		20
5 g	0,016	0,050	0,16	0,5	1,6		5		16
2 g	0,012	0,040	0,12	0,4	1,2		4		12
1 g	0,010	0,030	0,10	0,3	1,0		3		10
500 mg	0,008	0,025	0,08	0,25	0,8		2,5		
200 mg	0,006	0,020	0,06	0,20	0,6		2		
100 mg	0,005	0,016	0,05	0,16	0,5		1,6		
50 mg	0,004	0,012	0,04	0,12	0,4				
20 mg	0,003	0,010	0,03	0,10	0,30				
10 mg	0,003	0,008	0,025	0,08	0,25				
5 mg	0,003	0,006	0,020	0,06	0,20				
2 mg	0,003	0,006	0,020	0,06	0,20				
1 mg	0,003	0,006	0,020	0,06	0,20				

Tabla 3. Errores Máximos Permisibles OIML R 111-1 (2004)

ASTM E 617-97 (2003)

Esta norma especifica las pesas patrón usadas en los Estados Unidos, especialmente clases 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Esta especificación reemplaza la Circular 547 del NIST (antes de 1988 llamado NBS). La ASTM E 617 reconoce que la recomendación internacional OIML R 111 existe, que los usuarios pueden escoger como referencia, dependiendo de los requerimientos.



Las pesas están divididas en base a dos tipos de diseño de construcción:

- Tipo I Una sola pieza y no contiene material de ajuste.
- Tipo II Este tipo puede ser de cualquier diseño apropiado, material de ajuste puede ser usado.

Los errores máximos permisibles para pesas de denominaciones intermedias entre las listas en la tabla 5 pueden ser determinadas como sigue: Si la unidad de medida es no métrica usar el factor de conversión para convertir del valor nominal a una unidad métrica. Para las pesas que son intermedias entre las listadas en la tabla 5, el error máximo permisible de la pesa más baja próxima debe ser aplicada.

ASTM
E 617

Clase	Tipo	Aplicación
0	I	Patrones de Referencia de Laboratorio Primario
0	I	Patrones de referencia usados para la calibración de pesas Clase 1
0	I	Patrones de referencia usados para la calibración de pesas Clase 2
1	I	Patrones de referencia usados para la calibración de pesas Clase 3
1	II	Pesas de calibración usadas con instrumentos para Pesas Clase I
1	I ó II	Pesas dentro de los instrumentos para pesar de alta calidad
1, 2	I ó II	Pesas de calibración usadas con instrumentos para pesar Clase II, Pesas de Laboratorio para rutina de trabajo analítico
2	I ó II	Patrones usados para calibrar pesas de clase 4
3	I ó II	Patrones usados para calibrar pesas de clase 5
4	I ó II	Patrones usados para calibrar pesas de clase 6
4, 5, 6	I ó II	Pesas de calibración usadas con instrumentos para pesar Clase III, IIII (NIST Handbook 44) y IIII. Instrumentos para pesar tipo carátula, mecánica (Trip) y plataforma
5, 6	I ó II	Uso en laboratorio estudiantil
7	I ó II	Operaciones de pesadas rudas en laboratorios físicos y químicos tales como máquina de medición de fuerza

La clasificación de los instrumentos para pesar son encontrados en OIML R 76 y NIST Handbook 44

Tabla 4. Tipos y Aplicación de Pesas ASTM E 617-97 (2003)

**Errores
Máximos
Permisibles
ASTM E
617**

Clase ASTM	Clase 0	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7
Valor Nominal	mg							
5 000 kg					100 000	250 000	500 000	750 000
3 000 kg					60 000	150 000	300 000	450 000
2 000 kg					40 000	100 000	200 00	300 000
1 000 kg					20 000	50 000	100 000	150 000
500 kg					10 000	25 000	50 000	75 000
300 kg					6 000	15 000	30 000	45 000
200 kg					4 000	10 000	20 000	30 000
100 kg					2 000	5000	10 000	15 000
50 kg	63	125	250	500	1000	2 500	5 000	7 500
30 kg	38	75	150	300	600	1 500	3 000	4 500
25 kg	31	62	125	250	500	1 200	2 500	4 500
20 kg	25	50	100	200	400	1000	2 000	3 800
10 kg	13	25	50	100	200	500	1 000	2 200
5 kg	6	12	25	50	100	250	500	1 400
3 kg	3,8	7,5	15	30	60	150	300	1 000
2 kg	2,5	5,0	10	20	40	100	200	750
1 kg	1,3	2,5	5,0	10	20	50	100	470
500 g	0,60	1,2	2,5	5,0	10	30	50	300
300 g	0,38	0,75	1,5	3,0	6,0	20	30	210
200 g	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	15	20	160
100 g	0,13	0,25	0,50	1,0	2,0	9	10	100
50 g	0,060	0,12	0,25	0,60	1,2	5,6	7	---
30 g	0,037	0,074	0,15	0,45	0,90	4,0	5	44
20 g	0,037	0,074	0,10	0,35	0,70	3,0	3	33
10 g	0,025	0,050	0,074	0,25	0,50	2,0	2	21
5 g	0,017	0,034	0,054	0,18	0,36	1,3	2	13
3 g	0,017	0,034	0,054	0,15	0,30	0,95	2,0	9,4
2 g	0,017	0,034	0,054	0,13	0,26	0,75	2,0	7,0
1 g	0,017	0,034	0,054	0,10	0,20	0,50	2,0	4,5
500 mg	0,005	0,010	0,025	0,080	0,16	0,38	1,0	3,0
300 mg	0,005	0,010	0,025	0,070	0,14	0,30	1,0	2,2
200 mg	0,005	0,010	0,025	0,060	0,12	0,26	1,0	1,8
100 mg	0,005	0,010	0,025	0,050	0,10	0,20	1,0	1,2
50 mg	0,005	0,010	0,014	0,042	0,085	0,16	0,50	0,88
30 mg	0,005	0,010	0,014	0,038	0,075	0,14	0,50	0,68
20 mg	0,005	0,010	0,014	0,035	0,070	0,12	0,50	0,56
10 mg	0,005	0,010	0,014	0,030	0,060	0,10	0,50	0,4
5 mg	0,005	0,010	0,014	0,028	0,055	0,080	0,20	
3 mg	0,005	0,010	0,014	0,026	0,052	0,070	0,20	
2 mg	0,005	0,010	0,014	0,025	0,050	0,060	0,20	
1 mg	0,005	0,010	0,014	0,025	0,050	0,050	0,10	

Tabla 5. Errores Máximos Permisibles ASTM E 617-97 (2003)

En las pesas de clase 0, 1, 2 y 3. La dureza de este material y su resistencia al uso y corrosión debe ser similar o mejor que la del acero inoxidable austenítico.



En las pesas de clase 4, 5, 6 y 7. La dureza y fragilidad de este material debe ser al menos igual que la del bronce.

Las clases de pesas M₁₋₂ y M₂₋₃ son pesas de 50 kg a 5 000 kg de baja exactitud para uso en la calibración de instrumentos para pesar de clase de exactitud III.

NIST
F

NIST CLASE F (1990)

El manual NIST Handbook 105-1, contiene las especificaciones y errores máximos permisibles para las pesas y mediciones usadas en aplicaciones comerciales (por ejemplo, instrumentos para pesar en la compra y venta de productos). Esta norma no es designada a ser una norma industrial, aunque un número de industrias usan las especificaciones y errores máximos permisibles para sus aplicaciones.

La pesa clase F puede ser usada para la mayoría de los instrumentos para pesar de clase de exactitud III, para todos los instrumentos para pesar de clase III L (NIST Handbook 44) ó IIII, y para los instrumentos para pesar, donde su clase designada no esta marcada.

Clase NIST	F
Valor Nominal	mg
500 kg	50 000
300 kg	30 000
200 kg	20 000
100 kg	10 000
50 kg	5 000
30 kg	3 000
20 kg	2 000
10 kg	1 000
5 kg	500
3 kg	300
2 kg	200
1 kg	100
500g	70
300 g	60
200 g	40
100 g	20
50 g	10
30 g	6,0
20 g	4,0
10 g	2,0
5 g	1,5
3 g	1,3
2 g	1,1
1 g	0,90
500 mg	0,72
300 mg	0,61
200 mg	0,54
100 mg	0,43
50 mg	0,35
30 mg	0,29
20 mg	0,26
10 mg	0,21
5 mg	0,17
3 mg	0,14
2 mg	0,12
1 mg	0,10

Tabla 6. Errores Máximos Permisibles NIST F (1990)

Pesas menores de 5 g:

- ✓ Deben ser de acero inoxidable, tántalo, níquel cromo, aluminio, u otro material resistente a la corrosión y oxidación
- ✓ La densidad debe ser $2\ 700\ \text{kg/m}^3$ o mayor.

Pesas de 5 g a 5 kg:

- ✓ Deben ser de un material de una dureza Rockwell B 80 o mayor, y ser resistente a la abrasión, corrosión, abolladura y astillada
- ✓ No deben ser cubiertas con una capa.

Pesas mayores de 5 kg:

- ✓ Deben ser de hierro fundido, acero o acero inoxidable, con dureza de Rockwell B 80 o mayor, y ser resistente a la abrasión, corrosión, abolladura y astillada. El hierro fundido debe ser usado para pesas de 10 kg y mayores
- ✓ Pintado color oro para las pesas métricas y color plata para las pesas avoirdupois para diferenciar las pesas.

Pesas de 5 g y mayores, la densidad no deben ser menor que $7\ 000\ \text{kg/m}^3$ y no mayor que $9\ 000\ \text{kg/m}^3$.

Pesas menores de 50 g deben ser de una pieza sin cavidad de ajuste.

Pesas de 50 g y mayores deben tener una cavidad de ajuste.

Todas las pesas deben ser marcadas con su valor nominal, las pesas de 30 g y mayores deben ser marcadas con la unidad.

Pesas hasta 5 kg, deben resguardarse en estuches.

Ultra- Class y Ulti-Mass

CLASIFICACIÓN DE PESAS POR FABRICANTES

Ultra-Class y Ulti-Mass son clasificaciones de pesas declaradas por fabricantes correlacionadas a la Clase OIML E₂ y Clase ASTM 0. Estas clasificaciones no son reconocidas formalmente en OIML, ASTM y NIST.

Pesas de 1 g y mayores:

- Dos piezas en Ultra-Class
- Una pieza en Ulti-Mass

Las pesas Ultra-Class son idénticas a la Clase ASTM 1 en construcción y diseño.

Las pesas Ulti-Mass son idénticas a la Clase ASTM 1 en marcado y densidad.

REFERENCIAS

OIML R 111-1 (2004). Weights of classes E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ and M₃ Part 1: Metrological and technical requirements. International Organization of Legal Metrology.

ASTM E 617 - 97 (2003) Standard Specification for Laboratory Weights and Precision Mass Standards, American Society for Testing and Materials.

NIST Handbook 105-1 (1990) Specifications and Tolerances for Reference Standards and Field Standard Weights and Measures (NIST Class F), NIST.

NIST Handbook 44 (2010) Specifications, Tolerances, and Other Technical Requirements for Weighing and Measuring Devices, NIST.

<http://ts.nist.gov/WeightsAndMeasures/caqmass.cfm> (2010) Commonly Asked Questions About Mass Standards, NIST, Technology Services Weights and Measures, 2010-04-29.