

Trabajo Fin de Máster  
Máster en Ingeniería Industrial

# DISEÑO DE LAS INSTALACIONES PRINCIPALES DE UNA FÁBRICA DE CARTÓN ONDULADO

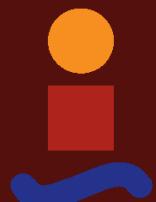
Autor: José Manuel García Redondo

Tutor: Pablo José Matute Martín

Dpto. Ingeniería de la construcción y proyectos  
de ingeniería

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2019



Departamento de  
Ingeniería de la Construcción  
y Proyectos de Ingeniería

Trabajo Fin de Máster  
Máster en Ingeniería Industrial

# **DISEÑO DE LAS INSTALACIONES PRINCIPALES DE UNA FÁBRICA DE CARTÓN ONDULADO**

Autor:  
José Manuel García Redondo

Tutor:  
Pablo José Matute Martín  
Profesor Asociado

Dpto. de Ingeniería de la construcción y proyectos de ingeniería  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2019

## 4. EMPLAZAMIENTO

**L**a nave industrial se encuentra ubicada en el polígono industrial *Dehesa Boyal*, S/N, en la carretera industrial Dehesa Boyal, kilómetro 1, emplazada en el término municipal de Pozoblanco, con código postal 14400.

La superficie aproximada del terreno es de 45.000 metros cuadrados, donde se construye la nave industrial, accesos, aparcamientos, viales para el tránsito de camiones y el resto de elementos necesarios para las instalaciones auxiliares, etc.



**Ilustración 1.** Emplazamiento de la nave industrial

## 5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO INDUSTRIAL

**L**a principal actividad es la fabricación de cartón ondulado, a partir de bobinas, para embalaje. El cartón ondulado consiste en la unión alternativa de papeles planos y ondulados para formar planchas.

Se permiten diferentes alternativas que dan como resultado diferentes tipos y grosores de plancha dependiendo del número de caras lisas y onduladas pegadas alternativamente. Otro factor a tener en cuenta es la gama de materiales, ya que depende de la calidad y gramajes de los papeles que se combinen.

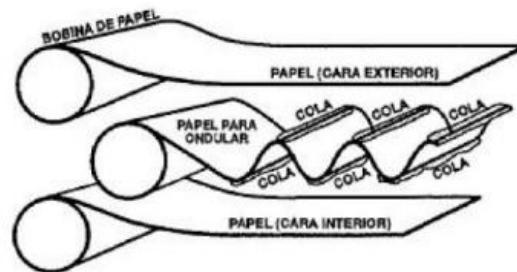
El proceso productivo detallado es el siguiente:

- **Diseño:** Inicialmente se crea un prototipo de la caja mediante un software específico, de manera que se tiene en cuenta las propiedades estructurales (dimensiones del producto, peso del producto y las condiciones climatológicas que soportará la caja en un futuro almacenamiento).

Una de las principales ventajas de realizar este paso inicial es el ahorro de papel proveniente de las bobinas de materia prima, de modo que se puede obtener la menor cantidad de residuo al final del proceso productivo.

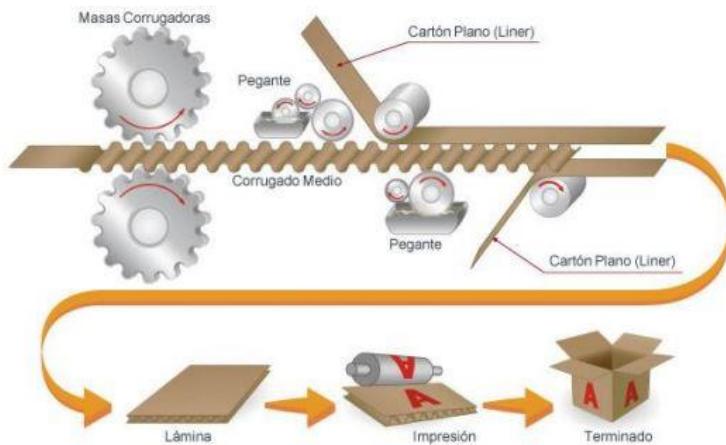
- **Corrugado/Ondulado:** La plancha de cartón ondulado se fabrica en una máquina denominada “Onduladora”. Esta máquina realiza valles en las láminas provenientes de las bobinas de papel, con el objetivo de aumentar la resistencia de las placas.

Las láminas ya onduladas se colocan entre una o dos láminas lisas de papel y se aplica un adhesivo (generalmente a base de almidón en proporciones muy específicas), junto con la acción de vapor y calor.



**Ilustración 2.** Detalle de la composición del cartón ondulado.

- **Corte/Troquelado:** Etapa en la que realizan los cortes necesarios y pliegues indicados en el patrón de diseño, para posteriormente proceder a un correcto armado.



**Ilustración 3.** Proceso productivo del cartón ondulado.

- **Impresión:** Se realiza según las especificaciones requeridas por el cliente, hay 3 tipos de impresión:
  - ❖ Sobre cartón, se realiza directamente sobre el cartón.
  - ❖ Sobre lámina, se realiza sobre una lámina blanca, para obtener mayor calidad en la impresión.
  - ❖ Autoadhesivos, se agregan los mismos impresos individualmente en proceso separado, de manera que se consigue una perfecta terminación de imagen sobre la caja.
- **Plegado y grapado (flejado):** Se realiza mediante plegadoras, según diseño y requerimientos de cliente, de manera que se aplica puntos de pegamento en diferentes puntos, si la caja es de grandes dimensiones y se quiere reforzar la unión, se unen mediante grapas.
- **Inspección:** Una vez se tiene el cartón ondulado e impreso, se procede a realizar una inspección de calidad, para asegurar que todos los pasos anteriores se han realizado respetando las normas de calidad establecidas.
- **Paletizado y Almacenamiento:** Una vez terminado, se forman los palets y se apilan las cajas para su posterior distribución.

## 5.1 TIPOS DE PRODUCTO

Cabe mencionar los principales tipos de cartón que se producen, de manera que se consiga las especificaciones de cliente en términos de estética, tamaño, rigidez, etc. La altura de la onda del corrugado influye directamente en la resistencia al apilamiento de la caja, siendo este parámetro uno de los más relevantes para productores y clientes, puesto que indica el peso que puede soportar la caja sometida a una carga. El tamaño de la onda está normalizado tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 1 – Altura de las Ondas de corrugado más habituales**

Onda	Perfil (mm)
A	4,2 – 4,8
C	3,5 – 4,2
B	2,2 - 2,8
E	1,14 – 1,39
F	0,75 – 0,8
N	0,5 – 0,55

### 5.1.1 Single Face

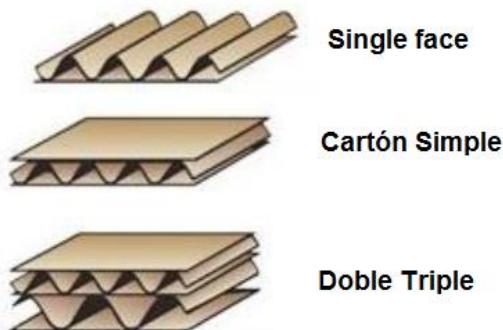
Este tipo de cartón está compuesto por dos capas de papel, una lisa y una ondulada tipo C. Su uso más habitual es para embalaje de electrodomésticos, frutas otros productos, destacando que este tipo de cartón no se puede fabricar para cajas.

### 5.1.2 Cartón Simple

Este tipo de cartón está compuesto por tres capas de papel, uno ondulado tipo B o C, dependiendo de los requerimientos de firmeza y flexibilidad, cubierta a ambos lados por papel liso pudiendo ser este impreso o no.

### 5.1.3 Doble triple

Este tipo de cartón está compuesto por cinco capas de papel, estando estructuradas desde el interior hacia fuera de la siguiente manera: en primer lugar una capa lisa sin imprimir, una ondulada tipo C, en tercer lugar una capa lisa, en cuarto lugar una capa ondulada tipo B, y por último una capa lisa la cual puede ir impresa según especificaciones del cliente.



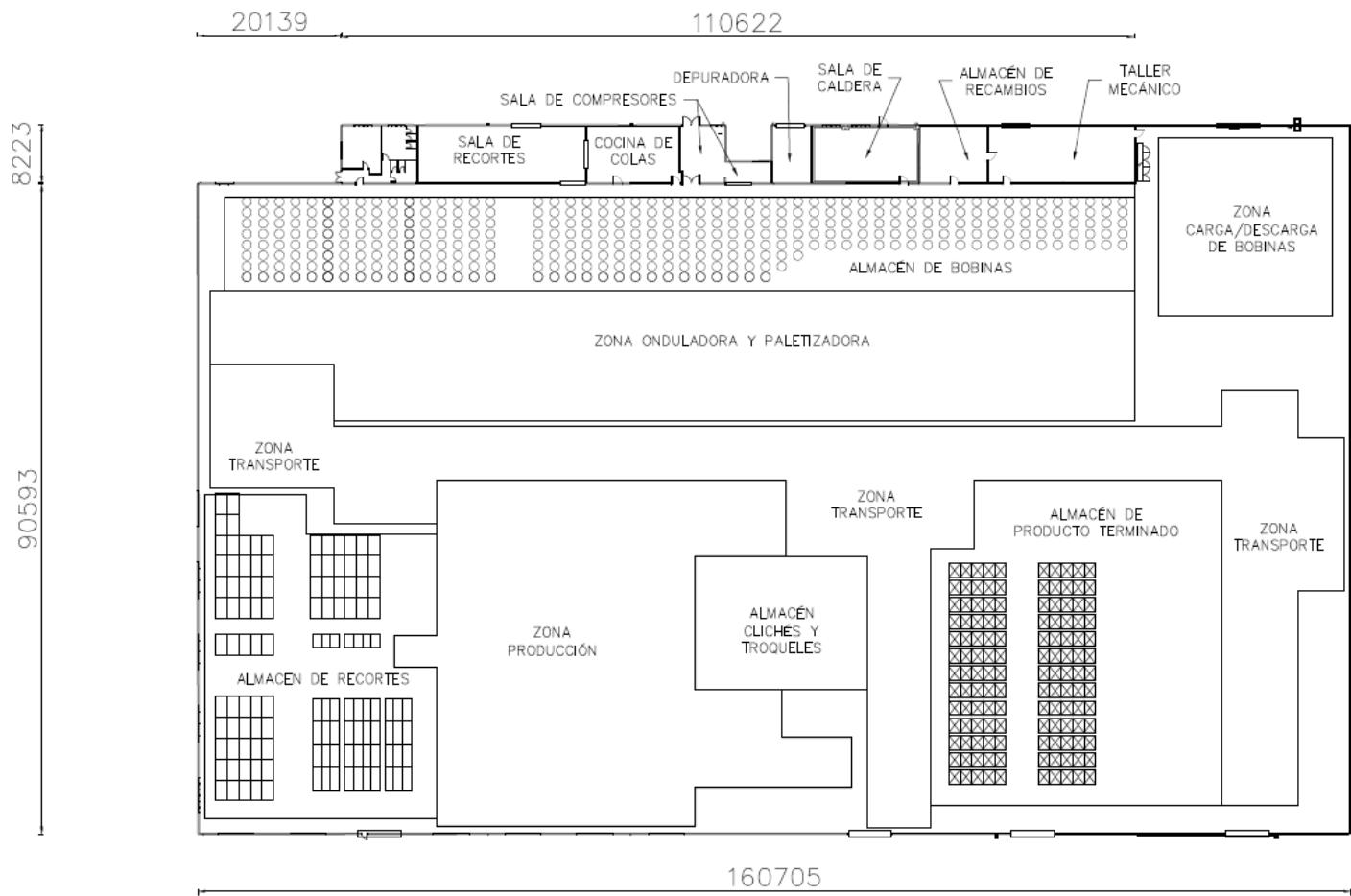
**Ilustración 4.** *Tipos de cartón ondulado.*

# 6. LAY-OUT DEL EDIFICIO INDUSTRIAL

El objetivo de este apartado es describir qué actividades se llevarán a cabo en la parte de fabricación del cartón ondulado y por otro lado cuáles se desarrollan en la zona de oficinas. Además, describiendo cuáles son sus superficies útiles de cada una de las zonas. Sabiendo que la parcela tiene una superficie aproximada de 45.000 m<sup>2</sup>.

## 6.1 ZONA INDUSTRIAL DE PRODUCCIÓN

Para el desarrollo de la actividad empresarial mencionada, la industria cuenta con una zona de producción y almacenaje de material y otra zona de sala de máquinas para los servicios auxiliares que se requieran. La superficie total de la nave industrial es de 15.715 metros cuadrados construidos, que se reparten en las distintas zonas tal como se muestran en las siguientes tablas.



**Ilustración 5.** Lay-out de las zonas con distinta ocupación de la nave industrial.

La siguiente tabla muestra las superficies de las distintas zonas en las que se ha clasificado la nave de producción del cartón ondulado y los distintos almacenes necesarios para llevar a cabo la labor empresarial.

**Tabla 2 - Superficies de las zonas de la nave industrial.**

ZONA DE PRODUCCIÓN	SUPERFICE (m <sup>2</sup> )
<i>Zona de maquinaria y producción</i>	4.165,17
<i>Zona de transporte de material</i>	2.679,00
<i>Zona de operación para carga de bobinas</i>	600,55
<i>Almacén de bobinas</i>	1.659,54
<i>Almacén de recortes</i>	1.335,13
<i>Almacén de producto terminado</i>	446,81
<i>Almacén de clichés y troqueles</i>	1.773,66
<i>Pasillos y otros espacios</i>	2.145,12
<b>TOTAL SUPERFICIE ÚTIL</b>	<b>14.805 m<sup>2</sup></b>

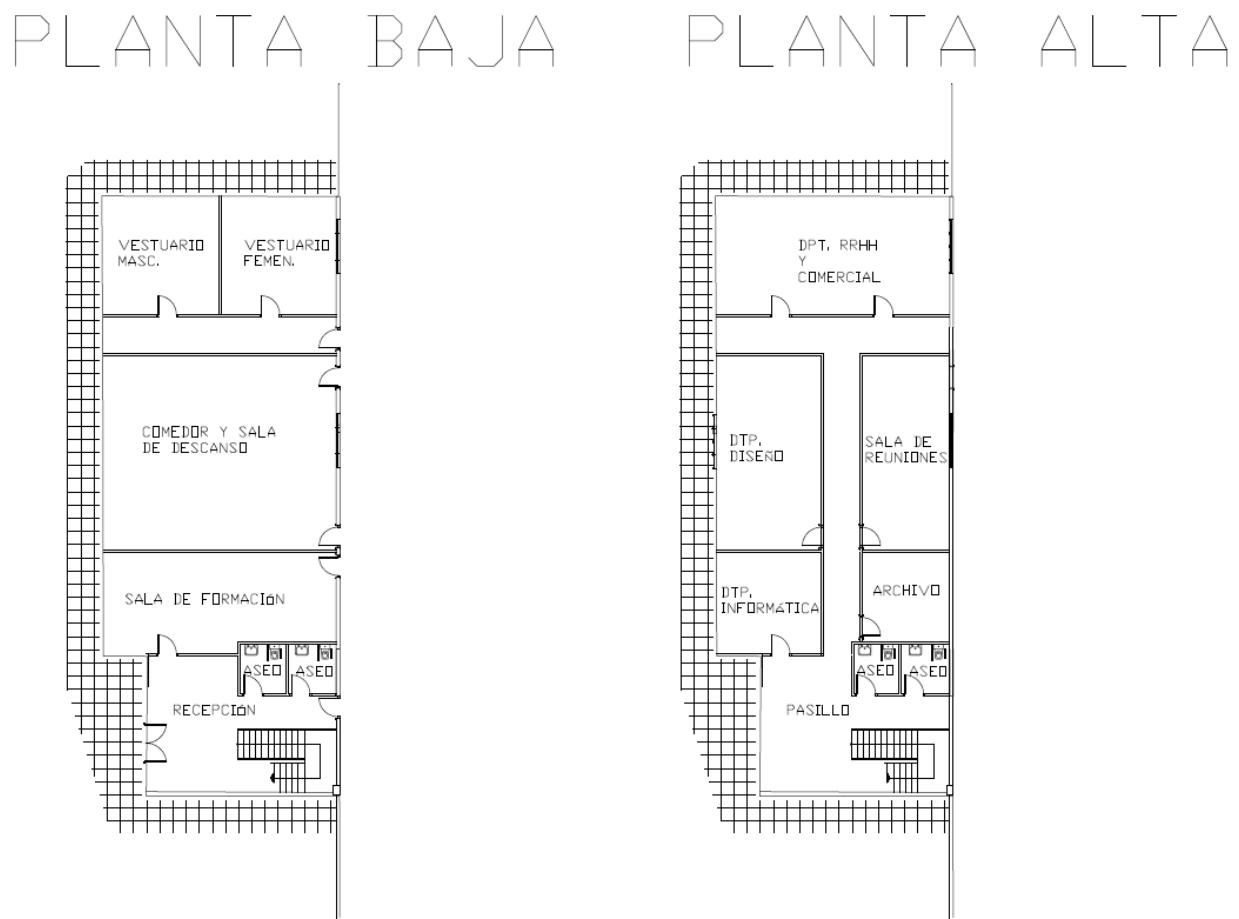
La otra zona de la nave industrial es la zona de salas de máquinas, donde se realizan variadas tareas, tales como, mantenimiento de equipos, servicios auxiliares que requieren los procesos industriales, preparación de material auxiliar, etc.

**Tabla 3 - Superficies de las zonas de la sala de máquinas.**

SALA DE MÁQUINAS	SUPERFICE (m <sup>2</sup> )
<i>Taller mecánico y taller de máquina montadora</i>	163,5
<i>Almacén de recambios</i>	74,5
<i>Sala de calderas</i>	108,5
<i>Sala de compresores</i>	111
<i>Cocina de colas</i>	104
<i>Sala de recortes</i>	186
<i>Aseo Masculino</i>	23,5
<i>Aseo Femenino</i>	11,5
<i>Comedor del personal de fábrica</i>	32,5
<b>TOTAL SUPERFICIE ÚTIL</b>	<b>909 m<sup>2</sup></b>

## 6.2 ZONA DE OFICINAS

Por otro lado, la zona de oficinas, que se encuentra en un edificio anexo a la nave industrial, cuenta con una superficie de 272 metros cuadrados, en cada una de sus dos plantas. La primera está destinada a la recepción, sala de formación de personal y comedor de los trabajadores, mientras que la segunda planta está destinada a los diferentes departamentos necesarios para realizar la actividad empresarial, además de archivos y sala de reuniones.



**Ilustración 6.** Lay-out de las plantas de la zona de oficinas.

La siguiente tabla muestra las distintas superficies de cada una de las zonas de la planta baja de la zona administrativa y de oficinas.

**Tabla 4 - Superficies y ocupación de la zona de oficinas, Planta Baja.**

ZONA DE OFICINAS – PLANTA BAJA	SUPERFICE (m <sup>2</sup> )
Recepción	24,5 m <sup>2</sup>
Aseo 1	4,5 m <sup>2</sup>
Aseo 2	4,5 m <sup>2</sup>
Sala de Formación	45 m <sup>2</sup>
Comedor / Sala de descanso	90,5 m <sup>2</sup>
Vestuario Masculino	27,5 m <sup>2</sup>
Vestuario Femenino	27,5 m <sup>2</sup>
Pasillos	23,5 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFICIE CONSTRUIDA</b>	<b>272,5 m<sup>2</sup></b>

Por otro lado tenemos las zonas de la planta alta, cuyas superficies se muestran a continuación.

**Tabla 5** - *Superficies y ocupación de la zona de oficinas, Planta Alta.*

ZONA DE OFICINAS – PLANTA ALTA	SUPERFICE (m <sup>2</sup> )
Aseo 1	4,5 m <sup>2</sup>
Aseo 2	4,5 m <sup>2</sup>
Departamento de Marketing	21 m <sup>2</sup>
Departamento de Diseño	40,5 m <sup>2</sup>
Departamento de Recursos Humanos	27,5 m <sup>2</sup>
Departamento de Financiero	27,5 m <sup>2</sup>
Sala de reuniones	34,5 m <sup>2</sup>
Archivo	16 m <sup>2</sup>
Pasillos	71,5 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFICIE CONSTRUIDA</b>	<b>272,5 m<sup>2</sup></b>

# 7. PROGRAMA DE NECESIDADES

---

Este apartado tiene por objetivo definir la necesidad de todos los espacios descritos anteriormente en la descripción en planta y describir todos los elementos receptores que existen en la nave y en la zona de oficinas. Adicionalmente, se describe la obligatoriedad o no de que existan algunas instalaciones de ahorro de energía eléctrica, tal como recoge normativa.

## 7.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ESPACIOS

Los espacios están divididos en dos grandes zonas, una destinada a la producción y las actividades auxiliares necesarias para llevarlo a cabo, y por otro lado, los espacios de la zona administrativa y de oficinas, donde se realizan tareas de oficina.

El edificio de oficinas está anexo a la nave de producción, aunque es un edificio diferente. Consta de dos plantas, en la planta baja está ubicada la recepción de personal, dos aseos, una sala de formación para los trabajadores, un comedor o sala de descanso, para el almuerzo de los trabajadores y dos vestuarios para los trabajadores, un masculino y otro femenino.

En la planta alta, es donde se realizan las labores administrativas, existiendo un departamento de RRHH y comercial que comparten sala, un departamento de diseño, para el desarrollo de nuevos productos. Un despacho de informática para dar soporte a todas las incidencias informáticas que puedan acontecer durante el desarrollo de la actividad laboral de los empleados. Por otro lado, existirá un archivo para el guardado de todos los documentos de la empresa. Además de dos aseos y de zonas comunes como el recibidor o los pasillos.

La nave de producción tendrá dos subzonas, la propia de la producción, donde la disposición de las máquinas será la adecuada para conseguir la mayor eficiencia y reducción de los tiempos de producción. Por otro lado, estarán las salas de máquinas auxiliares, donde se ubicará la maquinaria necesaria para hacer funcionar de manera correcta la fábrica.

Se dispondrá de una zona de aparcamientos acorde al número de trabajadores, de clientes y en cumplimiento de la normativa.

## 7.2 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA

En la construcción de la nave industrial y las instalaciones necesarias para la realización de la actividad empresarial, se encuentra la instalación de Agua Caliente Sanitaria (ACS), esta instalación está legislada y regulada por el Código Técnico de la Edificación en el **Documento Básico HE 4** “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”.

El aporte de calor para todos los requerimientos de vapor, agua caliente u otros de la fábrica industrial se realiza mediante la instalación de una caldera de vapor accionada por energía eléctrica de 107 kW de potencia, tal como se describe en detalle en apartados posteriores de este proyecto. A pesar, de este hecho, la normativa mencionada obliga a la instalación de paneles solares de uso térmico para la demanda de ACS.

El Documento Básico HE Ahorro de Energía 4, del CTE, describe que es de aplicación la normativa para edificios de nueva construcción o a edificios existentes en que se reforme íntegramente el edificio en sí o la instalación térmica, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo. Dado que en nuestro caso de estudio es una edificación de nueva construcción, debemos regirnos por la normativa mencionada. En la siguiente tabla se establece la contribución mínima de energía solar térmica en función de la zona climática y de la demanda de ACS. Para el caso en estudio con una demanda de ACS de 645 l/d y zona climática IV, el porcentaje de contribución mínimo para ACS es de 50 %

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
>10.000	30	50	60	70	70

**Ilustración 7.** Contribución solar mínima anual para ACS en %

No entra dentro del alcance del presente proyecto, el dimensionamiento de la instalación solar térmica para ACS, no obstante, se describen los parámetros principales a tener en cuenta en dicha instalación y las restricciones y obligaciones que establece la normativa vigente.

La normativa admite sustituir parcial o totalmente la instalación solar térmica mediante una alternativa de energía renovables (Procesos de cogeneración, fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio). Para poder realizar la sustitución se justificará documentalmente que las emisiones de dióxido de carbono y el consumo de energía primaria no renovable, debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares para cubrir completamente la demanda de ACS, o la demanda total de ACS y calefacción si se considera necesario, son iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia que se deberá considerar como auxiliar de apoyo para la demanda comparada.

El dimensionado de la instalación se realizará teniendo en cuenta que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110% de la demanda energética y en no más de tres meses el 100% y a estos efectos no se tomarán en consideración aquellos períodos de tiempo en los cuales la demanda energética se sitúe un 50% por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose medidas de protección. Si existiese excedente algún mes habrá que dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes. La orientación e inclinación del sistema generador y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites establecidos en la siguiente tabla.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10 %	10 %	15 %
Superposición de captadores	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica de captadores	40 %	20 %	50 %

**Ilustración 8. Pérdidas límite.**

El sistema de acumulación solar se debe dimensionar en función de la energía que aporta a lo largo del día, y no solo en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser esta simultánea con la generación.

La información obligatoria que debe aparecer en la documentación del proyecto para cumplir con la justificación del cumplimiento de la exigencia, teniendo en cuenta que la demanda se satisface mediante una instalación solar térmica son:

- Zona climática según la Radiación solar Global media diaria anual del emplazamiento.

La zona climática del proyecto es IV, según el Anexo 1, del **CTE-DA DB HE 1**.

Provincia	Municipio	Código INE	Zona Climática
CÓRDOBA	Montalbán de Córdoba	14040	V
	Montemayor	14041	V
	Montilla	14042	V
	Montoro	14043	IV
	Monturque	14044	V
	Moriles	14045	V
	Nueva Carteya	14046	V
	Obejo	14047	IV
	Palenciana	14048	V
	Palma del Río	14049	V
	Pedro Abad	14050	IV
	Pedroche	14051	IV
	Peñarroya-Pueblonuevo	14052	IV
	Posadas	14053	V
	Pozoblanco	14054	IV
	Priego de Córdoba	14055	V
	Puente Genil	14056	V
	Rambla (La)	14057	V

**Ilustración 9. Zona climática según la radiación solar media global.**

- Contribución solar mínima exigida.

La contribución solar mínima exigida se establece en la siguiente tabla, y para la zona climática IV está entre 4,6 y 5,0 kWh/m<sup>2</sup>.

Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

**Ilustración 10.** Radiación solar global media diaria anual.

- Demanda de agua caliente anual.

Para determinar la demanda de agua caliente sanitaria del proyecto en estudio, se consideran los valores unitarios de referencia de la siguiente tabla. Obteniendo un total de 525 litros por día para la zona de la nave industrial y 120 litros por día para la zona de oficinas.

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel ****	69	Por persona
Hotel ***	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuartel	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

**Ilustración 11.** Demanda unitaria de referencia a 60 °C.

- Plan de vigilancia

Se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
<b>CAPTADORES</b>	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en las horas centrales del día
	Juntas	3	IV Agrietamientos y deformaciones
	<i>Absorbedor</i>	3	IV Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV fugas
<b>CIRCUITO PRIMARIO</b>	Estructura	3	IV degradación, indicios de corrosión.
	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas.
<b>CIRCUITO SECUNDARIO</b>	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín
	Termómetro	Diaria	IV temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito.

**Ilustración 12.** *Plan de vigilancia.*

- Plan de mantenimiento de la instalación.

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. El mantenimiento implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m<sup>2</sup> y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m<sup>2</sup>.

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
<i>Captadores</i>	6	IV diferencias sobre original
<i>Cristales</i>	6	IV diferencias entre captadores
<i>Juntas</i>	6	IV condensaciones y suciedad
<i>Absorbedor</i>	6	IV agrietamientos, deformaciones
<i>Carcasa</i>	6	IV corrosión, deformaciones
<i>Conexiones</i>	6	IV deformación, oscilaciones, ventanas de respiración
<i>Estructura</i>	6	IV aparición de fugas
<i>Captadores*</i>	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
<i>Captadores*</i>	12	Tapado parcial del campo de <i>captadores</i>
<i>Captadores*</i>	12	Destapado parcial del campo de <i>captadores</i>
<i>Captadores*</i>	12	Vaciado parcial del campo de <i>captadores</i>
<i>Captadores*</i>	12	Llenado parcial del campo de <i>captadores</i>

**Ilustración 13.** *Plan de mantenimiento para los sistemas de captación.*

- Características y dimensionado de la instalación proyectada y la Contribución anual alcanzada.

Esta información queda fuera del alcance del proyecto por lo que no se realizan los cálculos pertinentes.

El Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico HE 5 “*Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica*” legisla y regula las instalaciones de nueva construcción o ampliaciones que tengan alguno de los usos siguientes. Tal como se puede apreciar en la tabla, nuestro caso de estudio no entra dentro del ámbito de aplicación de dicha normativa de ahorro energético por lo que no es obligatoria la instalación de módulos fotovoltaicos en nuestra nave industrial, y por tal motivo no se consideran en este proyecto.

<b>Tipo de uso</b>	<b>Límite de aplicación</b>
Hipermercado	5.000 m <sup>2</sup> construidos
Multitienda y centros de ocio	3.000 m <sup>2</sup> construidos
Nave de almacenamiento	10.000 m <sup>2</sup> construidos
Administrativos	4.000 m <sup>2</sup> construidos
Hoteles y hostales	100 plazas
Hospitales y clínicas	100 camas
Pabellones de recintos feriales	10.000 m <sup>2</sup> construidos

**Ilustración 14.** Ámbito de aplicación del CTE-DB HE 5.

## 10.6 INSTALACIÓN INTERIOR.

### 10.6.1 Esquema unifilar

El diagrama unifilar se diseña de forma que la totalidad de la instalación quede segura y pueda optimizar los costes en longitudes de cable por proximidad de receptores y líneas.

El esquema unifilar de la instalación es el mostrado en el documento de planos correspondiente. Como se observa en el plano, la instalación se compone de dos transformadores, que alimentan el cuadro General de Distribución en Baja Tensión, y este a su vez alimenta 6 líneas que alimentan a cuadros secundarios.

### 10.6.2 Lay-out maquinaria.

La localización de las máquinas, los cuadros secundarios y líneas de distribución se visualizan

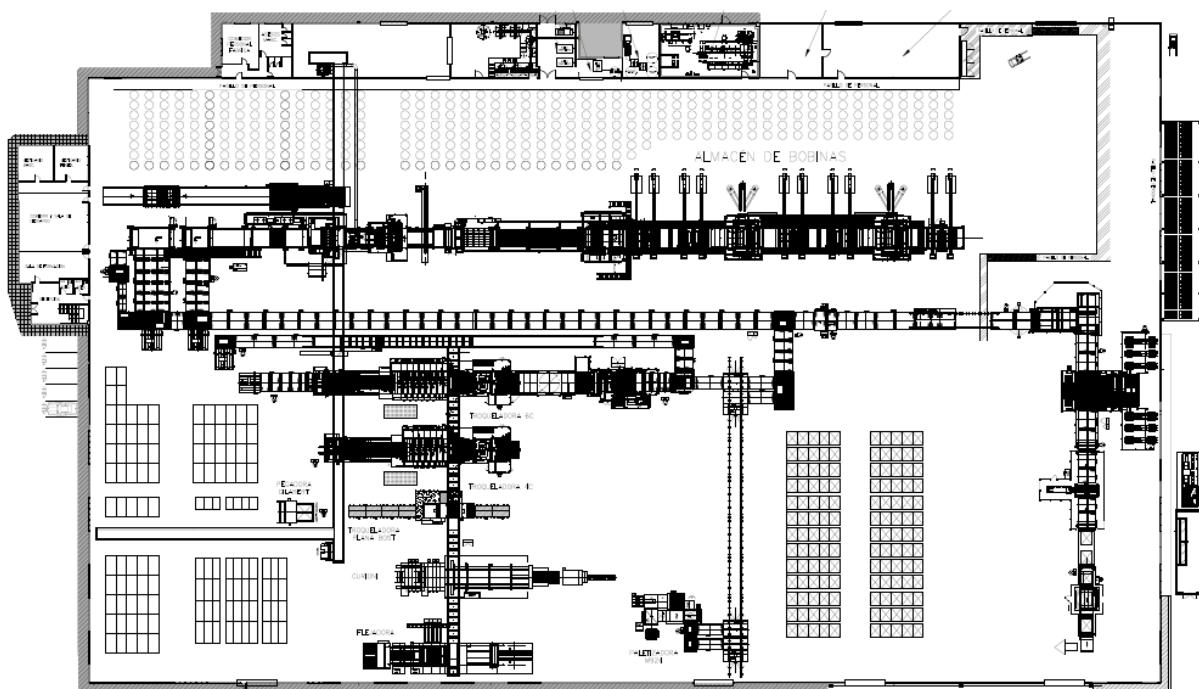


Ilustración 37. Ubicación de las máquinas

## 10.7 ILUMINACIÓN INTERIOR Y EXTERIOR.

El alumbrado interior sigue las restricciones de la normativa descrita para los circuitos interiores descritos en los apartados anteriores.

Para el caso del alumbrado exterior se sigue la normativa **ITC-BT-09**, donde se describe que, el factor de potencia de cada punto de luz, deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90. La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación, será menor o igual que 3%. Los cables serán multipolares o unipolares con conductores de cobre y tensión asignada de 0,6/1 kV. El conductor neutro de cada circuito que parte del cuadro, no podrá ser utilizado por ningún otro circuito.

La sección mínima a emplear, para todos los conductores incluido el neutro, será de 4 mm<sup>2</sup>. En distribuciones trifásicas tetrapolares con conductores de fase de sección superior a 10 mm<sup>2</sup>, la sección del neutro será como mínimo la mitad de la sección de fase. En caso de ir sobre apoyos comunes con los de una red de distribución, el tendido de los cables de alumbrado será independiente de aquel. Los soportes de las luminarias de alumbrado exterior, se ajustarán a la normativa vigente (en el caso de que sean de acero deberán cumplir el RD 2642/85, RD 401/89 y OM de 16/5/89).

Las luminarias utilizadas en el alumbrado exterior serán conformes la norma UNE-EN 60.598 -2-3 y la UNE-EN 60.598 -2-5 en el caso de proyectores de exterior. Los equipos eléctricos para montaje exterior poseerán un grado de protección mínima IP54, según UNE 20.324 e IK 8 según UNE-EN 50.102, e irán montados a una altura mínima de 2,5 m sobre el nivel del suelo, las entradas y salidas de cables serán por la parte inferior de la envolvente. Cada punto de luz deberá tener compensado individualmente el factor de potencia para que sea igual o superior a 0,90; asimismo deberá estar protegido contra Sobreintensidades. Las luminarias serán de Clase I o de Clase II.

### 10.7.1 Estudio técnico-económico comparativo luminarias LED vs Convencional

Con objeto de conseguir la mayor eficiencia energética posible se realiza un estudio técnico-económico para abordar la viabilidad de instalar luminarias LED o emplear algún sistema de los llamados convencionales. La eficiencia energética es fundamental para conseguir un mundo sostenible. Por ello en este proyecto se ha apostado por instalar iluminación LED, no obstante, se justifica esta decisión mediante la comparación de las diferentes tecnologías de iluminación presentes en el mercado. Estas ventajas y desventajas se comentan en los apartados siguientes, concluyendo que la utilización de LEDs es viable, con una inversión inicial mayor pero un ahorro en la factura energética considerable, lo que hace que se recupere la inversión.

Comenzamos analizando los principales tipos de luminarias actuales:

- **Lámparas de incandescencia:**

La lámpara incandescente produce luz mediante el calentamiento eléctrico de un alambre, el filamento, hasta una temperatura tan alta que la radiación emitida cae en la región visible del espectro. La producción de luz mediante la incandescencia tiene una ventaja adicional, y es que la luz emitida contiene todas las longitudes de onda que forman la luz visible o dicho de otra manera, su espectro de emisiones es continuo.

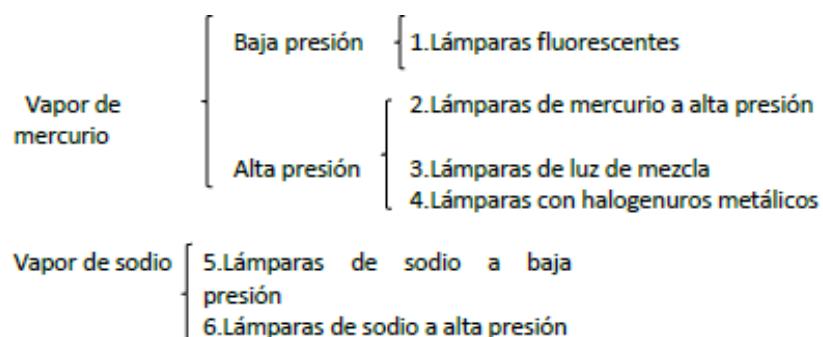
Tanto la duración de una lámpara como su eficacia (los lúmenes emitidos por vatio consumido) están determinadas por la temperatura del filamento. Para una lámpara determinada a mayor temperatura mayor eficacia y menor duración. Aun así, el rendimiento luminoso tiene un valor muy bajo, transformándose la mayor parte de energía eléctrica consumida en calor. Aproximadamente un 10% de la energía consumida se transforma en luz, mientras que el 90% restante se transforma en calor



**Ilustración 39. Ejemplo de luminaria incandescente**

- **Lámparas de descarga:**

La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas. La luz emitida por la lámpara no es blanca. Por lo tanto, la capacidad de reproducir los colores de estas fuentes de luz es peor que en el caso de las lámparas incandescentes que tienen un espectro continuo. Es posible, recubriendo el tubo con sustancias fluorescentes, mejorar la reproducción de los colores y aumentar la eficacia de las lámparas convirtiendo las nocivas emisiones ultravioletas en luz visible.



**Ilustración 40. Clasificación de las lámparas de descarga<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Imagen obtenida del TFG "Estudio y diseño del sistema de iluminación de un centro de uso general" (2011)

- Luminarias fluorescentes:

Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa). En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas. Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara. La eficacia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara. La vida útil está entre 5000 y 7000 horas



**Ilustración 41.** *Ejemplo de luminaria fluorescente*

- Luminarias de mercurio de alta presión

Mejoran las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.



**Ilustración 42.** *Ejemplo de luminaria de mercurio de alta presión*

- Luminarias de luz de mezcla

Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente. El resultado de esta mezcla es la superposición, al espectro del mercurio, del espectro continuo característico de la lámpara incandescente y las radiaciones rojas provenientes de la fosforescencia. Su eficacia se sitúa entre 20 y 60 lm/W y es el resultado de la combinación de la eficacia de una lámpara incandescente con la de una lámpara de descarga. Estas lámparas ofrecen una buena reproducción del color con un rendimiento en color de 60 y una temperatura de color de 3600 K. La duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento que es la principal causa de fallo. Respecto a la depreciación del flujo hay que considerar dos causas. Por un lado tenemos el ennegrecimiento de la ampolla por culpa del wolframio evaporado y por otro la pérdida de eficacia de los polvos fosforescentes. En general, la vida útil se sitúa en torno a las 6000 horas.



**Ilustración 43.** *Ejemplo de luminaria de luz de mezcla*

- Luminarias con halogenuros metálicos

Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro. Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga.



**Ilustración 44.** *Ejemplo de luminaria con halogenuros metálicos*

- Luminarias de sodio de baja presión

La descarga eléctrica en un tubo con vapor de sodio a baja presión produce una radiación monocromática. Tienen una eficacia muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrecen es que permiten una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes. Por contra, su monocromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos. La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6000 y 8000 horas. Esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público.



**Ilustración 45.** *Ejemplo de luminaria de sodio de baja presión*

- Luminarias de sodio de alta presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión. Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja. Esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas. La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas



**Ilustración 46.** *Ejemplo de luminaria de vapor de sodio de alta presión*

- **Luminarias LED**

Son lámparas de estado sólido de diodos emisores de luz. Debido a que la luz capaz de emitir un LED no es muy intensa, estas las lámparas están compuestas por agrupaciones de LED, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada. Hay varias tecnologías de fabricación, como, diodos convencionales LED, OLED (organic light-emitting diodes), PLED (polymer LEDs), etc. Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las lámparas de LED deben incluir circuitos internos para operar desde el voltaje CA estándar. Los LED se dañan a altas temperaturas por lo que suelen disponer de disipadores.

Algunas diferencias de los LEDs frente a las lámparas fluorescentes son: no contienen mercurio, su vida útil no se ve afectada por los apagados y encendidos, son más robustas a vibraciones e impactos. También hay que destacar que gracias al pequeño tamaño de las lámparas LED y sus posibilidades de control (sin pérdida de eficiencia), es posible hacer su disposición espacial de manera totalmente flexible.

Las lámparas LED son tan eficientes como las fluorescentes, pero su mayor ventaja es su duración, alrededor de 50000 h (25-30 años con un uso normal) frente a las 8000 h de las fluorescentes. Además presentan una baja disminución de la intensidad lumínica durante su vida. La larga vida de estas lámparas supone un problema para los fabricantes, cuyos clientes actualmente compran repuestos frecuentemente. Están disponibles LED de diferentes colores. A parte de LED de luz blanca pueden resultar interesantes LED monocromáticos, como los que se usan en los semáforos o en los adornos de navidad. Entre las lámparas incandescentes y otros tipos, y la lámpara de LED, existen importantes diferencias en eficiencia, contaminación, vida útil, consumo, etc. a favor de la tecnología LED, siendo esta 9 veces más eficiente que las tradicionales lámparas de incandescencia y el doble que las lámparas fluorescentes compactas.

La iluminación LED consume un 80-90% menos de electricidad que una bombilla corriente de características similares. Esto aproximadamente, significa un 90% de ahorro en la factura eléctrica. Con las lámparas de Led se ha conseguido la mayor eficiencia lumínica, llegando hasta 130-150 lúmenes por vatio en las bombillas más eficientes, y a 80 lúmenes1 por Vatio en las más populares. Como ejemplo la eficiencia lumínica de un halógeno es tan solo de 20 a 25 lúmenes por vatio.

Consumen 2,5 veces menos que una bombilla de bajo consumo convencional y 8,9 veces menos que una bombilla incandescente de las de toda la vida, esto conlleva un impresionante ahorro económico, que puede llegar al 90% en la factura de la luz, y una rápida amortización de la inversión.

Las bombillas LED no tienen filamentos u otras partes mecánicas de fácil rotura. No existe un punto en que cesen de funcionar, su degradación es gradual a lo largo de su vida. Se considera una duración entre 30.000 y 50.000 horas, hasta que su luminosidad decae por debajo del 70%, eso significa entre 10 y 30 años en una aplicación de 10 horas diarias 300 días/año, reduciendo los costes de mantenimiento y remplazo.

El ICR o índice cromático de color, proporciona una medida de la calidad de la luz, las bombillas LED poseen un CRI alrededor de 90, consiguiendo que se aprecien mucho más los matices de la luz. La obtenida por fluorescentes y bombillas llamadas de "bajo consumo", además de no ser instantáneas en su encendido, poseen una luz muy poco natural, con un ICR muy bajo en torno a 44.

Al consumir poca energía, las bombillas LED emiten poco calor. Es la llamada luz fría. Por ejemplo, una bombilla halógena gasta de 50W, 45 aproximadamente en emisión de calor, esto supone un gasto extraordinario en aire acondicionado. El encendido y apagado de las bombillas LED es rapidísimo, a diferencia de otros sistemas no se degrada por el número de encendidos; lo que los hace muy útiles en sistemas de apagado y encendido por detección de movimiento.

La principal desventaja de los leds es que su precio es notablemente superior al de las lámparas tradicionales.

La siguiente ilustración muestra la equivalencia entre los diferentes tipos de iluminación más empleados, para conseguir la misma cantidad de lúmenes.

EQUIVALENCIAS LED vs ILUMINACIÓN TRADICIONAL							
LED	INCANDESCENTES Y HALÓGENAS	BAJO CONSUMO	TUBOS FLUORESCENTES	HALOGENUROS METÁLICOS	VAPOR DE SÓDIO	VAPOR DE SÓDIO SIN BALASTRO	LÚMENES
% AHORRO	90%	72%	64%	61%	73%	87%	
2w	20w	6w					80-120
3w	35w	8w					120-250
5w	40w	11w					280-380
6w	50w	13w	12w				360-450
7w	60w	15w	14w				450-600
9w	70w	18w	18w				600-800
10w	80w	20w	20w				750-850
12w	100w	25w	25w				800-950
13w	110w	30w	28w				900-1.000
15w	120w	40w	32w				1.100-1.300
18w	140w	50w	36w				1.250-1.500
20w	150w	60w	44w				1.600-1.800
25w	200w	70w	58w				1.850-2.050
30w	250w	80w	70w	60w	80w	250w	2.200-2.650
50w	400w	100w	120w	100w	120w	300w	3.000-4.000
80w	600w	150w		150w	200w	500w	6.000-7.500
100w	750w	200w		200w	250w	750w	9.000-10.000
120w	850w	250w		240w	300w	900w	10.500-12.000
150w	1000w	300w		300w	400w	1200w	13.000-15.000
200w	1500w	400w		400w	500w	1500w	18.000-20.000

\* Para calcular el ahorro promedio, se ha tenido en cuenta el consumo adicional asociado a cada tipo de producto. Hay que tener en cuenta que por ejemplo una bombilla de bajo consumo de 9w no tiene un consumo real de 9w, sino de unos 12w, estos 3w más son por la electrónica interna que lleva. Los tubos fluorescentes, necesitan de un balastro para funcionar, este balastro también tiene un consumo propio. Con los halógenuros sucede más de lo mismo.

**Ilustración 47. Comparativa de diferentes tipos de iluminación**

## 10.7.2 Luminarias empleadas

La iluminación tanto interior como exterior se dimensiona con el software de cálculo DIALUX. Para la definición de las exigencias de lux mínimas se ha seguido la normativa UNE-EN 12464-1, iluminancia en los lugares de trabajo

**Tabla 30 – Exigencias de lux mínimos según normativa**

EXIGENCIAS DE LUX MÍNIMOS (Lux)	
BAJA EXIGENCIA VISUAL	100
EXIGENCIA VISUAL MODERADA	200
EXIGENCIA VISUAL ALTA	500
EXIGENCIA VISUAL MUY ALTA	1000
VIAS DE CIRCULACION OCASIONAL	50
VIAS DE CIRCULACION HABITUAL	100

A continuación se describen las luminarias empleadas y su ubicación en las distintas zonas. La luminaria de interior empleada en la zona de oficinas será la siguiente o similar:

PHILIPS RC132V W60L60 1 xLED36S/840 OC

Nº de artículo:

Flujo luminoso (Luminaria): 3600 lm

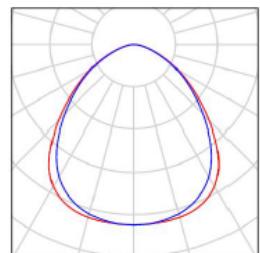
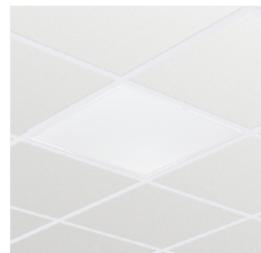
Flujo luminoso (Lámparas): 3600 lm

Potencia de las luminarias: 36.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 58 87 98 100 100

Lámpara: 1 x LED36S/840/- (Factor de corrección 1.000).



**Ilustración 48. Características de la luminaria de la zona de oficinas**

La luminaria de interior empleada en las salas de máquinas será similar a la siguiente:

PHILIPS BY120P G3 1xLED105S/840 WB

Nº de artículo:

Flujo luminoso (Luminaria): 10500 lm

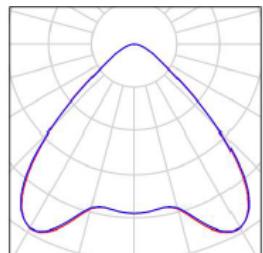
Flujo luminoso (Lámparas): 10500 lm

Potencia de las luminarias: 85.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 69 94 99 100 100

Lámpara: 1 x LED105S/840/- (Factor de corrección 1.000).



**Ilustración 49. Características de la luminaria de la sala de máquinas**

La luminaria de interior empleada en la nave industrial es de mayor potencia y de similares características a la mostrada a continuación:



**Ilustración 50.** *Luminaria PHILIPS industrial 218 W para nave de producción*

PHILIPS BY471P 1 xECO320S/865 WB GC

Nº de artículo:

Flujo luminoso (Luminaria): 32000 lm

Flujo luminoso (Lámparas): 32000 lm

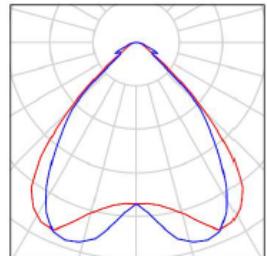
Potencia de las luminarias: 218.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 70 96 99 100 100

Lámpara: 1 x ECO320S/865/- (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



**Ilustración 51.** *Características de la luminaria de la nave industrial*

La luminaria de exterior empleadas será similar a las siguientes:

PHILIPS BGP322 T35 1xEKO127-3S/740 A

Nº de artículo:

Flujo luminoso (Luminaria): 10374 lm

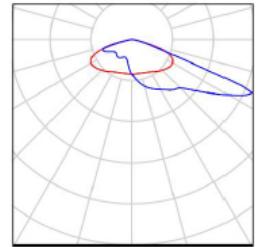
Flujo luminoso (Lámparas): 13300 lm

Potencia de las luminarias: 105.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 27 61 95 100 78

Lámpara: 1 x EKO127-3S/740 (Factor de corrección 1.000).



PHILIPS BVP506 GC T15 1xGRN146-3S/757

A/60

Nº de artículo:

Flujo luminoso (Luminaria): 11628 lm

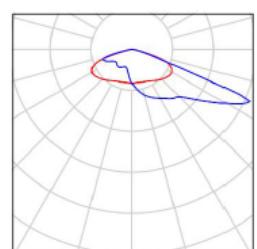
Flujo luminoso (Lámparas): 15300 lm

Potencia de las luminarias: 110.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 100

Código CIE Flux: 27 61 95 100 76

Lámpara: 1 x GRN146-3S/757 (Factor de corrección 1.000).



**Ilustración 52.** Características de las luminarias de exterior

La luminaria de emergencia empleada será similar a las siguientes:

LEGRAND 662561 INOXLED 200LM-3H

MAINTAINED-NON MAINTAINED IP67 ADR

LVS2

Nº de artículo: 662561

Flujo luminoso (Luminaria): 200 lm

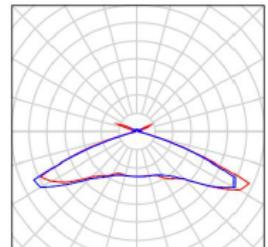
Flujo luminoso (Lámparas): 200 lm

Potencia de las luminarias: 8.0 W

Clasificación luminarias según CIE: 95

Código CIE Flux: 23 62 96 95 100

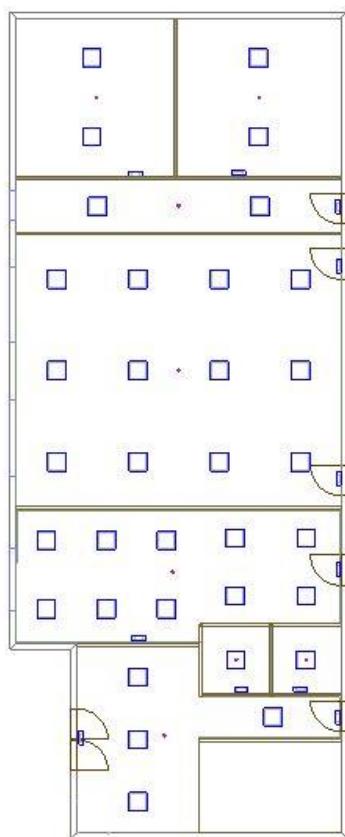
Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 1.000).



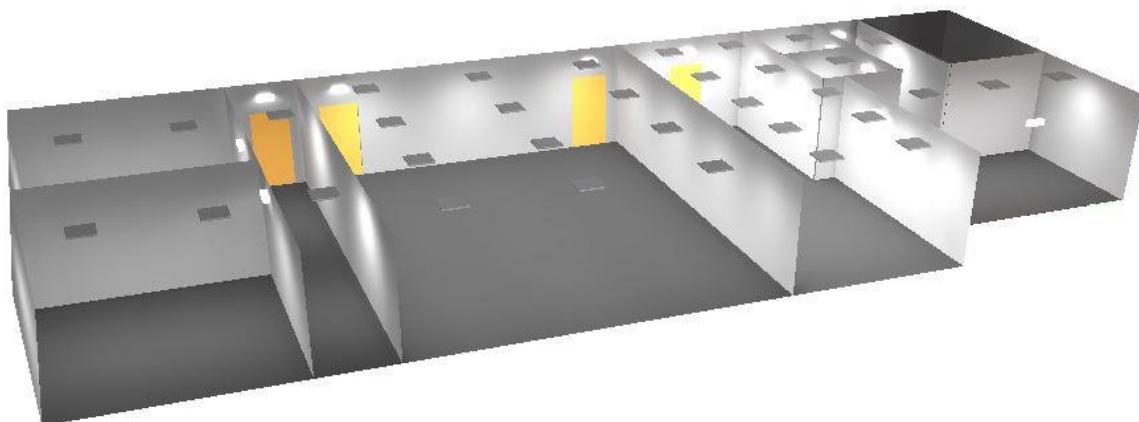
**Ilustración 53.** Características de las luminarias de emergencia

### 10.7.3 Ubicación de las luminarias y vista 3D

- **Planta baja:**

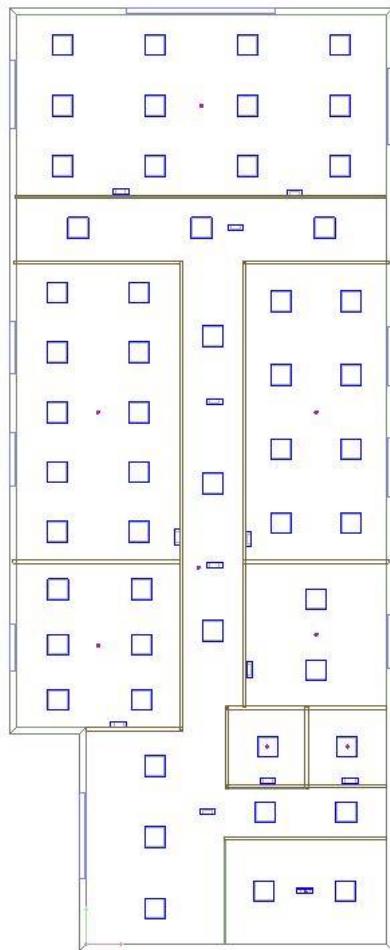


**Ilustración 54.** Ubicación de las luminarias en la planta baja.

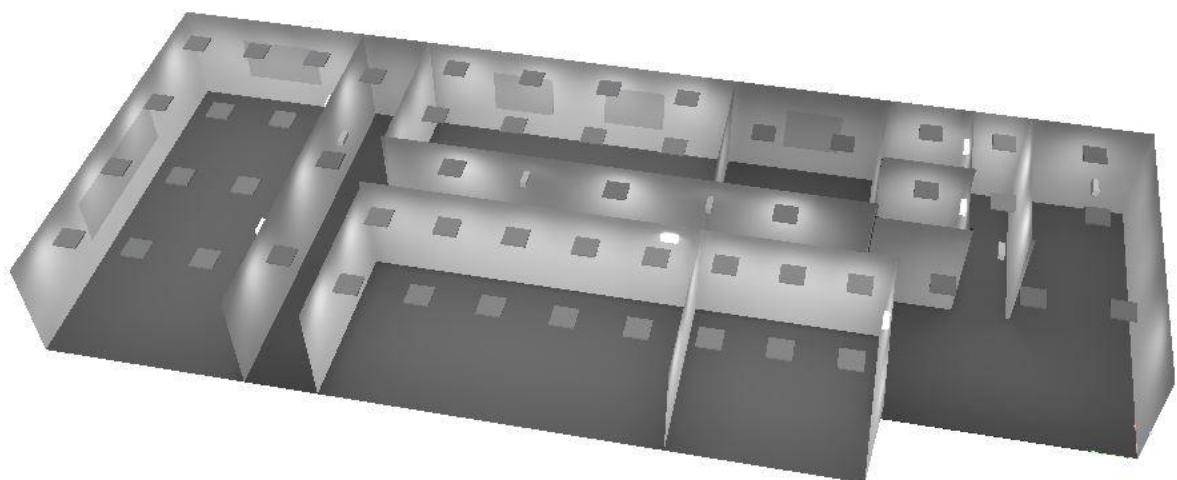


**Ilustración 55.** Vista 3D de la iluminación en la Planta Baja

- **Planta Alta:**

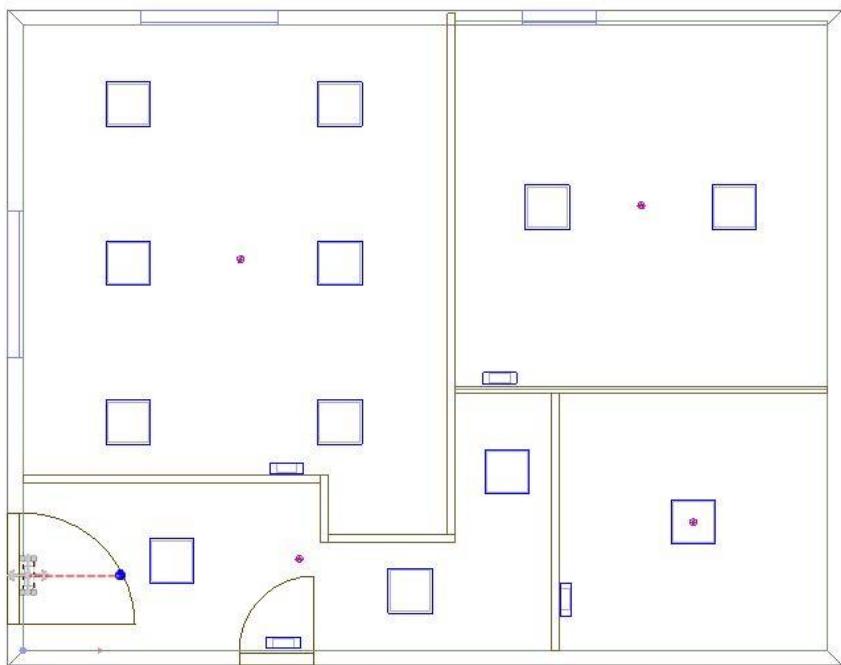


**Ilustración 56.** Ubicación de las luminarias en la planta Alta.

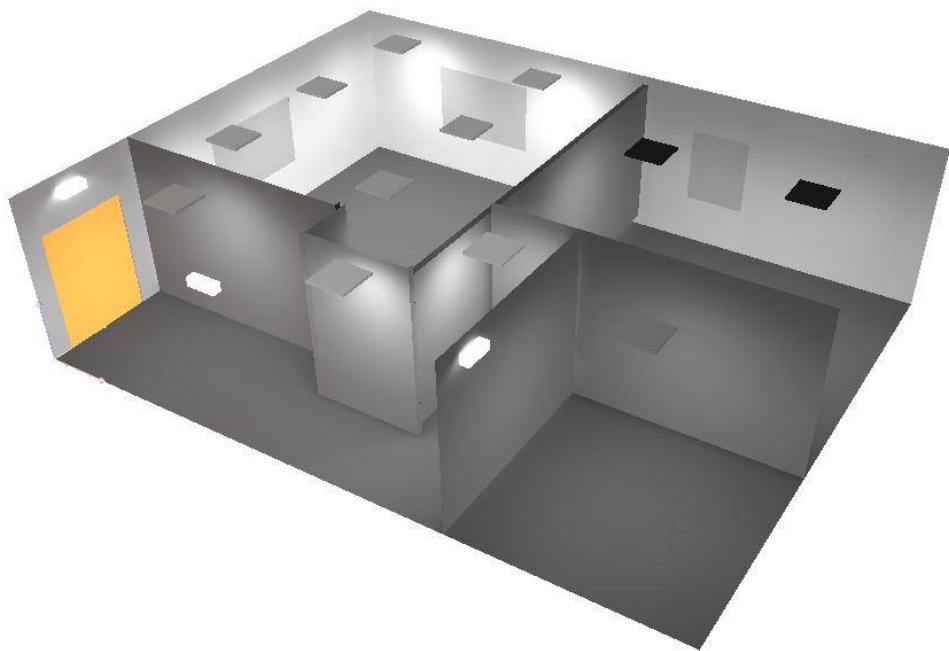


**Ilustración 57.** Vista 3D de la iluminación en la Planta Alta

- **Comedor zona fábrica**

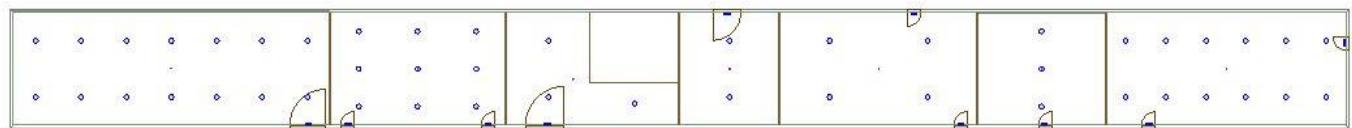


**Ilustración 58.** Ubicación de las luminarias en el comedor de fábrica

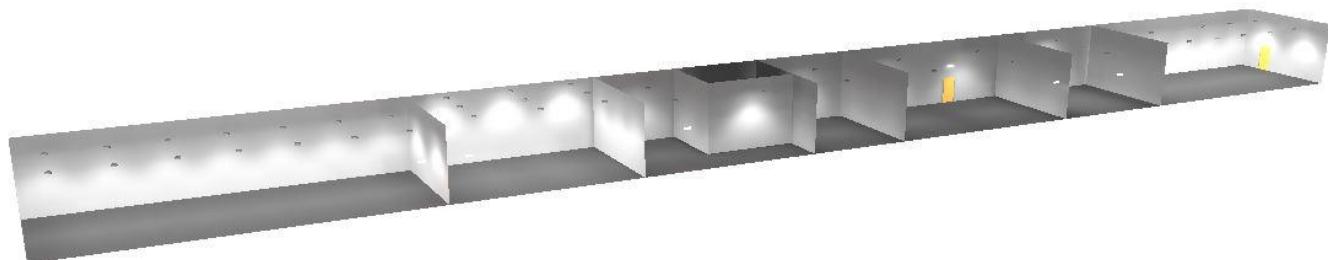


**Ilustración 59.** Vista 3D de la iluminación en el comedor de fábrica

- **Salas de máquinas**

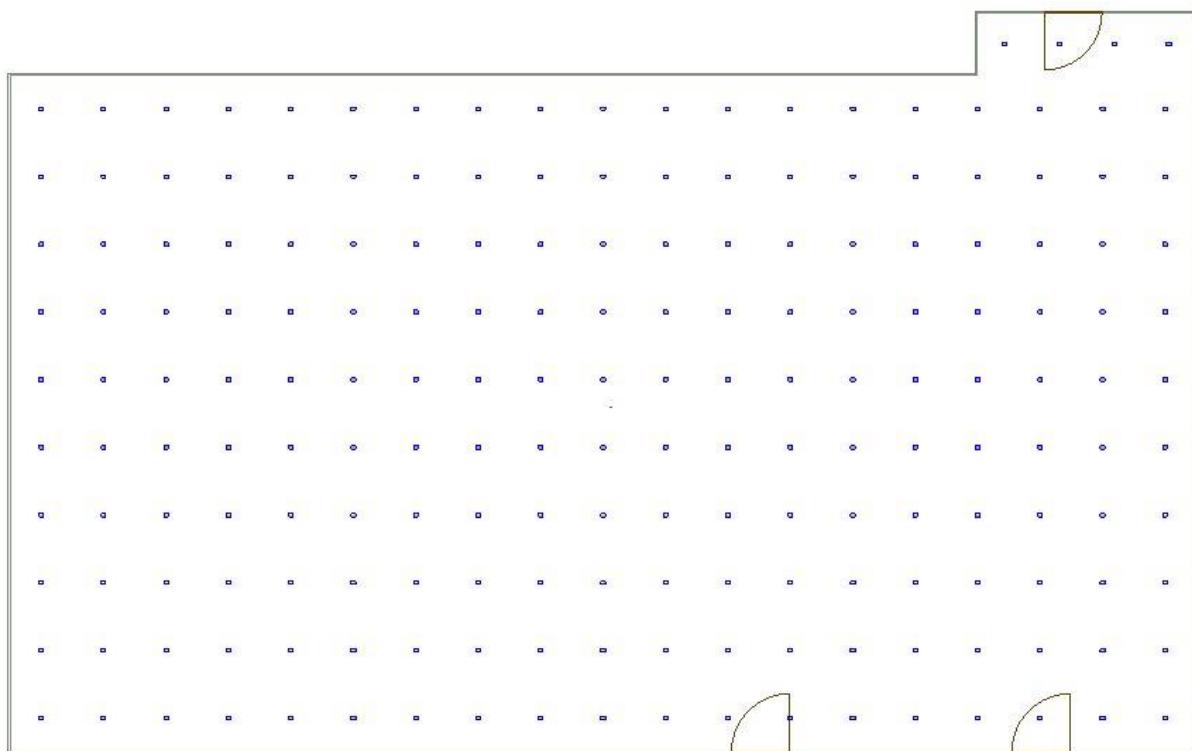


**Ilustración 60.** Ubicación de las luminarias en las salas de máquinas

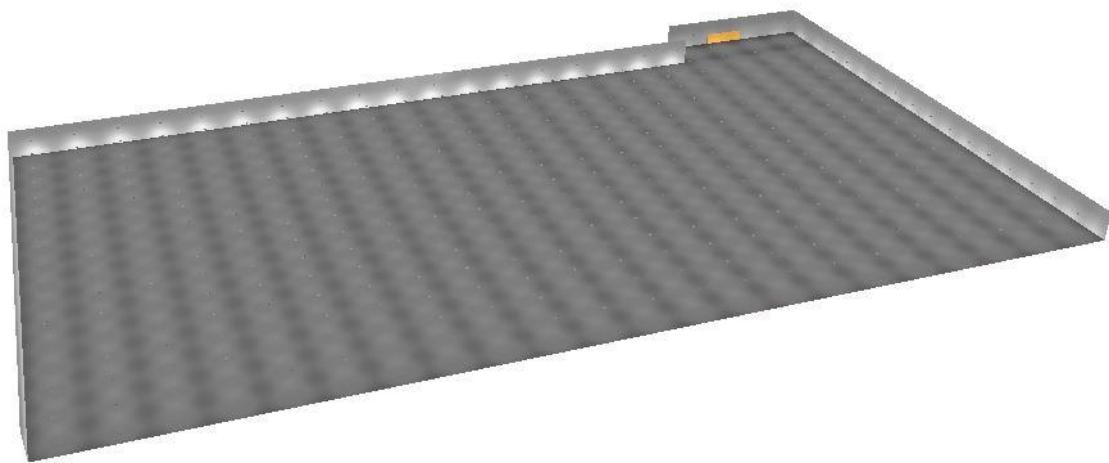


**Ilustración 61.** Vista 3D de la iluminación en las salas de máquinas

- **Nave industrial**

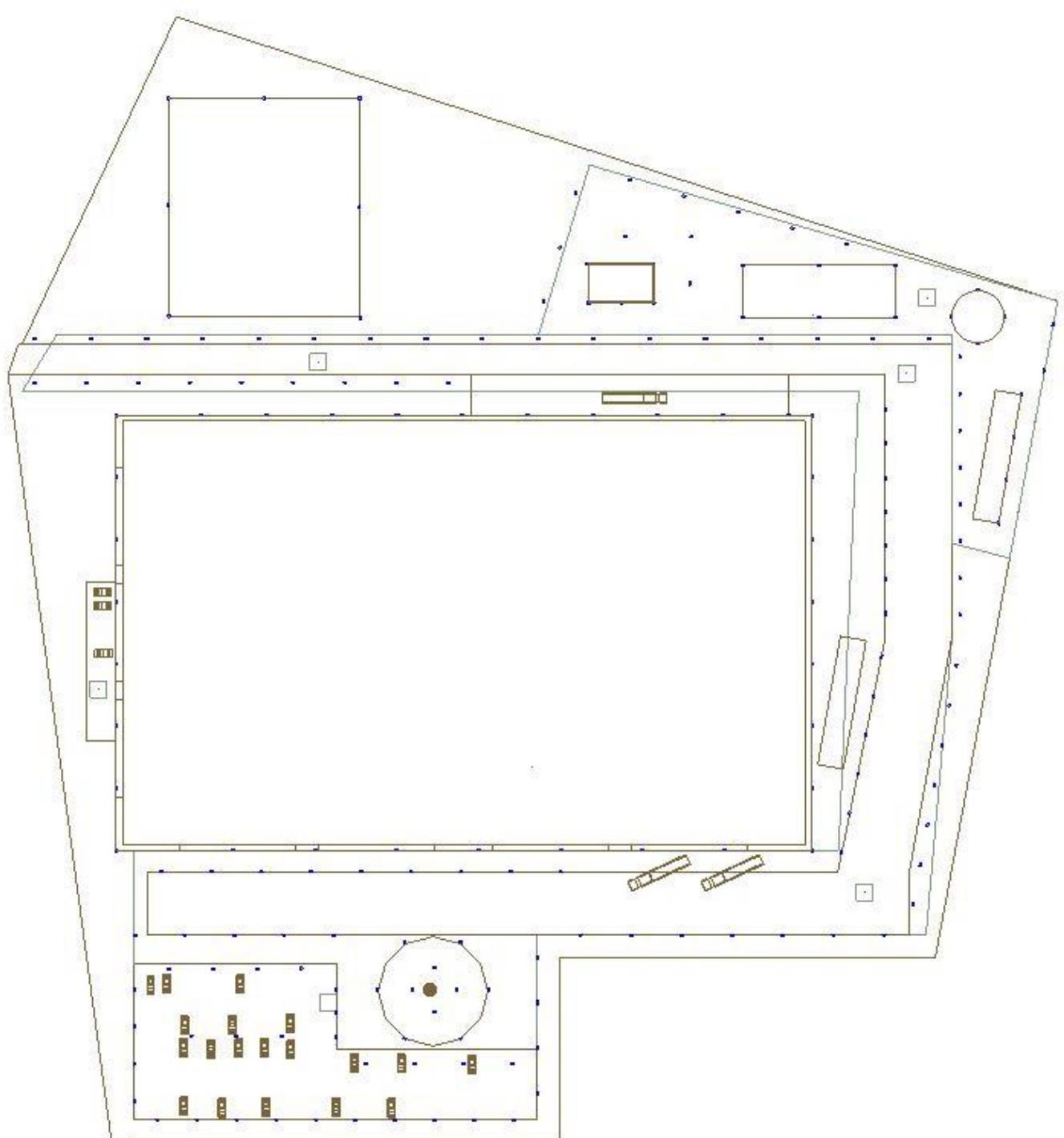


**Ilustración 62.** Ubicación de las luminarias en la nave industrial

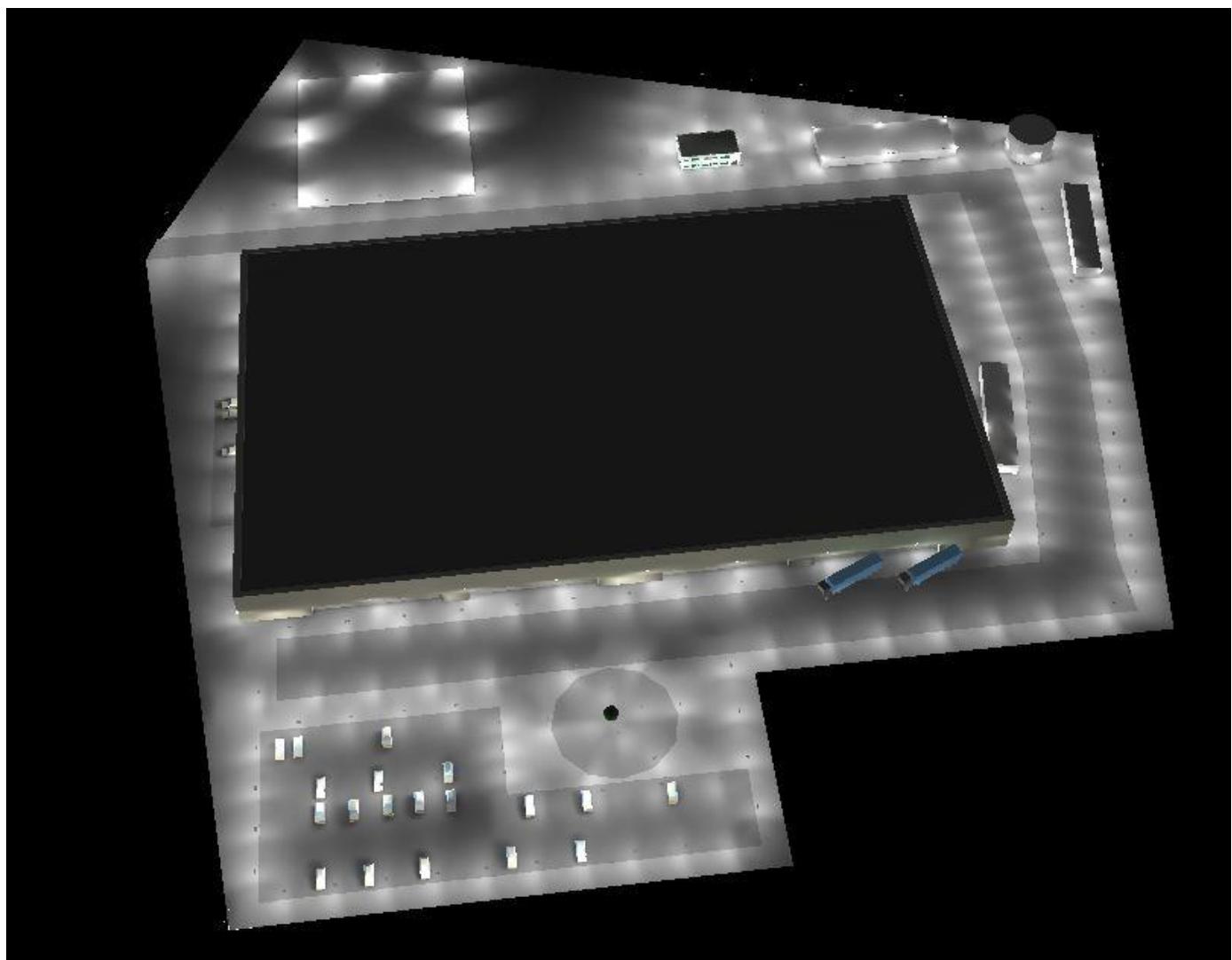


**Ilustración 63.** Vista 3D de la iluminación en la nave industrial

- **Exteriores**



**Ilustración 64. Ubicación de las luminarias en el exterior**



**Ilustración 65.** Vista 3D de la iluminación en el exterior

## 10.9 INSTALACIÓN DE EMERGENCIA

Las instalaciones que proporcionen alumbrado de emergencia tienen por objeto garantizar en caso de fallo de alimentación al alumbrado, la iluminación en los accesos y locales hasta las salidas para facilitar la evacuación del personal o público o facilitar la iluminación de otros puntos. La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve.

Se distingue dentro de este alumbrado el alumbrado de seguridad y el alumbrado de reemplazamiento.

En el presente proyecto, queda fuera del ámbito de estudio el diseño y cálculos específicos y detallados de esta instalación. No obstante, se realiza el diseño de la ubicación y la descripción de los elementos necesarios y obligatorios para cumplir con la normativa vigente. Por otro lado, no se definen los circuitos ni la protección de estos de manera específica.

El alumbrado a colocar será el alumbrado de seguridad. El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión baje a menos del 70% de su valor nominal. La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía.

La instalación de los sistemas de alumbrado de emergencia cumplirán las siguientes condiciones según la Código Técnico de la Edificación.

El objetivo de dicha iluminación es proporcionar una iluminancia de 1 lux, como mínimo en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación, medida en el eje en pasillos y escaleras, y en todo punto cuando dichos recorridos discutan por espacios distintos de los citados. La iluminación será, como mínimo, de 5 lux en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado.

Para determinar la ubicación de estas luminarias se situarán como se ha citado en cuadros y subcuadros eléctricos, en equipos de protección contra incendio y en las rutas de evacuación.

El tipo de luminaria de emergencia a emplear será de 1x8W del fabricante LEGRAND.

# 11. INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN

---

El objetivo de este apartado es la descripción y justificación técnica conforme a normativa aplicable de todos los elementos necesarios para conseguir una correcta climatización y ventilación de la nave y de las oficinas.

La finalidad la instalación de climatización y ventilación es mantener unas condiciones ambientales controladas en el interior de los locales. Para ello debe existir un equilibrio entre la demanda térmica del local y la potencia entregada por el equipo de climatización al aire que se impulsa al local. Es decir, se pretende lograr una temperatura artificial en el interior del recinto cerrado, de manera que esta sea más elevada que la temperatura ambiente exterior en invierno y más baja que la temperatura ambiente exterior en verano.

## 11.1 HIPÓTESIS DE DISEÑO.

Para conocer la demanda térmica del local, previamente debemos establecer las condiciones interiores y exteriores. Las condiciones interiores están condicionadas en muchos casos por criterios de confort térmico. En nuestro caso, dado que es una instalación de climatización industrial, las condiciones del local se establecen según el proceso industrial. Las condiciones exteriores vienen determinadas por la normativa vigente, en concreto por la norma UNE 100001.

### 11.1.1 Condiciones Exteriores

Las condiciones exteriores se establecen en la norma UNE 1000-014, en la que se indican las condiciones exteriores de cada provincia. Además, se ha tenido en cuenta lo establecido en la Guía Técnica “Condiciones Climáticas exteriores de proyecto”. Estas condiciones dependen de las condiciones climáticas de cada localidad.

Se definen según la norma mencionada las siguientes variables:

- **Nivel de percentil:** Porcentaje de las horas que se sobrepasa la temperatura máxima de proyecto. La norma UNE 100-001-85 determina tres valores, 1% (Hospitales, salas de ordenadores, etc.), 2,5% (Edificios y espacios de especial consideración) y 5 % (condiciones generales de diseño).
- **Temperatura seca máximas del proyecto:** Temperatura media de las máximas que es sobrepasada en un porcentaje de las horas durante el periodo estival, el cual comprende desde Junio hasta Septiembre.

- **Humedad relativa exterior del proyecto:** Valor medio de las máximas humedades relativas ambientales alcanzadas, puede calcularse a partir de la temperatura seca y húmeda de la localidad correspondiente.
- **Variación diaria de temperatura, OMD:** Excursión térmica diaria, es la diferencia entre el valor medio de las máximas y el valor medio de las mínimas para una misma estación.
- **Hora solar de proyecto:** Habitualmente se toma el caso más desfavorable, es decir, las 15:00 horas. Para ello, se tiene en cuenta la radiación solar en función de la hora solar y se elige la hora de máxima carga solar.

**Tabla 39 – Condiciones Climáticas Exteriores**

VARIABLE	VALOR
Nivel de percentil	1%
Temperatura seca verano	38,9 °C
Temperatura húmeda verano	23 °C
Temperatura seca invierno	1,4 °C
Variación diaria de temperaturas (OMD)	17,3 °C
Oscilación Media anual (OMA)	40,1 °C
Humedad relativa	90 %
Orientación del viento dominante	SW
Velocidad del viento dominante	2,54 m/s
Altura sobre el nivel del mar	680 m
Latitud	38° 21' 23.49'' N
Longitud	4° 50' 13.60'' O

No son necesarias correcciones de temperatura ya que se considera el caso más desfavorable en todos los casos.

### 11.1.2 Características constructivas

Es de gran importancia conocer la composición de los distintos cerramientos que componen la nave, para obtener un buen rendimiento en el sistema de climatización. Así, una vez conocidos estos elementos se puede determinar los coeficientes de Transmisión Térmica de los cerramientos (U). Para ello, se hace uso del Código Técnico de la Edificación, DB-HE1.

Según el apéndice de zonas climáticas del CTE, Córdoba se encuentra en la zona B4, con una altura de referencia de 113 m.s.n.m. pero dado que la localidad de estudio tiene una diferencia de altura de 567 m, la zona climática de estudio es C2.

Teniendo en cuenta estos datos, se determinan el valor de la transmitancia térmica de los diferentes elementos que conforman los cerramientos de la nave industrial.

**Tabla 40 – Valores de  $U$ , cerramientos**

CERRAMIENTO	$U$ (W/m <sup>2</sup> ·K)
Fachada	0,73
Tabiques interiores	1,35
Forjado piso Oficinas	2,12
Separación almacén-Nave	0,50
Cubierta	0,41
Solera	1,92
Puerta de entrada a la nave	4,50
Puerta de “salida de emergencia”	5,7
Puertas de oficinas, aseos, despachos	2
Ventanas	3,5

### 11.1.3 Orientación

La situación del edificio es importante para la realización de los cálculos, ya influye en la ausencia o no de radiación solar y la presencia de vientos dominantes sobre los muros.

### 11.1.4 Condiciones interiores

Las condiciones interiores se determinan según la actividad metabólica de las personas y de su grado de vestimenta. Dado que el propósito de cualquier sistema de acondicionamiento de aire para una local ocupado con personas es mantener un confort térmico para sus ocupantes, es importante comprender los aspectos térmicos del cuerpo humano para poder diseñar de manera efectiva los sistemas de acondicionamiento de aire.

En el interior del cuerpo, las células producen de manera continua reacciones químicas. En estas reacciones se libera energía para el funcionamiento de las funciones de las células y tejidos del cuerpo. El nivel de actividad química en las células que mantiene la temperatura de 37°C mientras se llevan a cabo las funciones del cuerpo se denomina metabolismo. En términos sencillos, el metabolismo se refiere a la combustión de alimentos tales como carbohidratos, grasas y proteínas.

Las zonas a climatizar son aquellas donde se prevea ocupación permanente excluyendo pasillos, vestuarios, aseos. En la norma UNE-EN 1379:2005, Superficie de suelo por persona. Siendo 12 m<sup>2</sup> para oficinas y 3-5 para salas de descanso.

**Tabla 41 – Actividad y nº de personas de cada zona**

ZONA	ACTIVIDAD	Nº PERSONAS
Comedor	Descanso	25
Sala de formación	Reuniones	15
Dpto. RRHH y comercial	Oficinas	20
Dpto. Diseño	Oficinas	30
Dpto. Informática	Oficinas	10
Sala de reuniones	Oficinas	20
Zona de producción	Producción	25
Comedor personas Fábrica	Producción	25
Sala de Recortes	Producción	10
Cocina de colas	Producción	10
Sala de compresores	Producción	4
Sala depuración agua	Producción	2
Sala de calderas	Producción	3
Taller mecánico	Producción	10

## 11.2 CARGAS TÉRMICAS.

La carga térmica se entiende como un fenómeno que tiende a modificar la temperatura la temperatura del aire o su contenido en humedad. Son el resultado de los procesos de transferencia de calor por conducción, convección y radiación a través de la envuelta del edificio, de las fuentes de calor internas en el local y de los componentes del sistema de acondicionamiento de aire.

El conocimiento de las cargas térmicas es imprescindible a la hora de diseñar un sistema de climatización de un edificio. Para dicho diseño, hay que calcular las cargas térmicas para las situaciones de verano y de invierno, dimensionando la instalación para la situación más desfavorable.

Los sistemas de acondicionamiento de aire se diseñan, dimensionan y controlan para contrarrestar las cargas térmicas. Los cálculos para determinar la carga térmica máxima determinan el flujo de calor máximo que debe ser contrarrestado en un espacio o local que debe ser climatizado.

Cabe destacar la diferencia entre carga térmica y ganancia térmica, esta última es el calor que entra o se genera en el local por unidad de tiempo. Se clasifican según el modo en el que entran en el local (radiación solar, conducción de calor a través de techos, suelos, particiones interiores, calor generado por los ocupantes, iluminación, equipos y otros).

La transferencia de calor a través de la envuelta del edificio depende de la capacidad de almacenamiento térmico en los cerramientos. Esto es crítico a la hora de determinar la ganancia térmica instantánea y la carga térmica de un local. Debido al almacenamiento térmico en paredes, suelos y mobiliario, existe un retraso temporal en la entrada de calor al espacio. Este retraso hace que la carga térmica del espacio sea menos que la ganancia térmica generada, reduciéndose la carga térmica máxima.

### **11.2.1 Cargas térmicas sensibles**

Las cargas térmicas sensibles son aquellas que implican una variación de temperatura de bulbo seco del local. Entran como consecuencia de una diferencia de temperatura o bien calores que se generan en el local y afectan a la temperatura del local.

#### **1. Calor debido a la radiación solar a través de ventanas y otros elementos transparentes como claraboyas y lucernarios.**

Representa la cantidad de calor por radiación que se aporta al local por la energía solar a través de elementos transparentes. Esta energía depende de la orientación y de la superficie del elemento transparente.

#### **2. Calor debido a la transmisión de calor a través de paredes, techos y otros elementos exteriores no transparentes.**

Esta partida depende del material de la pared o techo, de la superficie y de la orientación. Además interviene el espesor del muro y la hora solar

#### **3. Calor debido a la transmisión a través de paredes no exteriores y por conducción a través de elementos transparentes.**

Representa la cantidad de calor por conducción a través de elementos transparentes así como la transmisión de calor por conducción a través de paredes y techos no exteriores.

Si las paredes del local a climatizar son colindantes a un local no refrigerado, el calor transmitido por las paredes depende del salto térmico. Si el local colindante está refrigerado y la temperatura de ambos locales son iguales el calor transmitido será igual a cero.

#### **4. Calor sensible debido al aire de infiltraciones.**

Son aquellas cargas sensibles debidas a aportaciones de aire exterior infiltrado por puertas, ventanas o fisuras. Depende del volumen de aire infiltrado.

#### **5. Calor sensible generado por las personas que ocupan el local.**

Se calcula en función del número medio de personas que hay en el local, el tipo de actividad que realizan y la temperatura del local.

## **6. Calor generado por la iluminación del local.**

Se calcula a partir de la potencia de iluminación instalada, distinguiendo entre iluminación incandescente e iluminación fluorescente.

## **7. Equipos y otras máquinas.**

Se calcula el calor desprendido por aquellas máquinas o fuentes de calor tales como aparatos eléctricos y/o aparatos de combustión de gas natural que se encuentren presentes en los locales. Destacamos entre esos aparatos, ordenadores, pantallas, impresoras, cafeteras, panchas, hornos, etc.

## **8. Calor sensible procedente del aire exterior.**

Para mantener la calidad del aire interior del local es necesario realizar renovaciones del mismo introduciendo una cierta cantidad de aire exterior. Este aire pasa a través de la unidad acondicionadora, la cual realiza un enfriamiento del mismo. Sin embargo, existe una cierta cantidad de aire que pasa a través de la unidad acondicionadora sin sufrir cambio alguno. Este porcentaje de aire genera una cara térmica para el local que se denomina carga sensible del aire exterior.

### **11.2.2 Cargas térmicas latentes**

Las cargas latentes son aquellas que entran en el local como consecuencia de una diferencia de humedad absoluta o bien calores latentes que se generan en el local y afectan a la humedad absoluta del local.

#### **1. Calor latente debido al aire de infiltraciones.**

Calor que es generador por el aire de las infiltraciones, depende de la densidad del aire, de la entalpia de vaporización media, del caudal de infiltraciones de aire y de la diferencia de humedad específica del aire exterior e interior.

#### **2. Calor latente generado por las personas del local.**

Calor que es generador por el aire de las personas del local, depende los mismos parámetros que en el caso del calor sensible.

#### **3. Equipos y otras máquinas.**

Calor que es generador por las máquinas existentes en el local, así como otros calores latentes considerados.

#### **4. Calor latente del aire de ventilación.**

Calor que es generador por el aire de ventilación, depende del caudal volumétrico de ventilación, de la diferencia de humedad absoluta exterior y la humedad absoluta interior y del factor de by-pass

### 11.2.3 Resumen de Cargas Sensibles y Latentes

En las siguientes tablas se recogen los valores de todas las cargas térmicas que intervienen en el proceso de aportación de energía al local.

**Tabla 42. Resumen de cargas térmicas Sensibles de la zona de Oficinas y nave industrial**

CÓDIDO	ORIGEN DEL CALOR GENERADO	OFICINAS	CALOR LANTENTE
A1	VENTANAS	525	7.106
A2	PAREDES Y TECHOS EXTERIORES	7.520	114.935
A3	PAREDES INTERIORES	1.618	0
A4	AIRE DE INFILTRACIONES	5.304	5.100
A5	OCUPACIÓN DE PERSONAS	4.200	2.175
A6	ILUMINACIÓN	418	7.000
A7	EQUIPOS Y OTRAS MÁQUINAS	11.850	44.000
A8	AIRE PROCEDENTE DEL EXTERIOR	648	1.080
<b>CALOR SENSIBLE GENERADO</b>		<b>32.082 W</b>	<b>181.396 W</b>

**Tabla 43. Resumen de cargas térmicas Latentes de la zona de Oficinas y nave industrial**

CÓDIDO	ORIGEN DEL CALOR GENERADO	OFICINAS	CALOR LANTENTE
B1	AIRE DE INFILTRACIONES	1.540	2.519
B2	POR OCUPACIÓN DE PERSONAS	2.820	3.350
B3	EQUIPOS Y OTRAS MÁQUINAS	0	0
B4	AIRE DE VENTILACIÓN	272	235
<b>CALOR SENSIBLE GENERADO</b>		<b>4.633</b>	<b>6.104</b>

Las cargas finales son:

<b>- CARGA TÉRMICA ZONA OFICINAS:</b>	<b>36.715 W</b>
<b>- CARGA TÉRMICA NAVE INDUSTRIAL:</b>	<b>187.500 W</b>

## 11.7 CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE

### 11.7.1 Calidad térmica.

La tasa metabólica en estado de reposo se denomina tasa metabólica basal, representa la energía necesaria para mantener al cuerpo realizando las funciones básicas como la respiración y la circulación cuando no hay actividad externa. La tasa metabólica basal para un hombre medio de 30 años, 70kg, 1,73 metros de altura, sentado en reposo es de 58,24 W/m<sup>2</sup>. A esta cantidad se le asigna el valor de una unidad metabólica (1 met). La tasa metabólica aumenta cuando aumenta el nivel de actividad. En la siguiente tabla se muestra las tasas metabólicas para distintas actividades, obtenida de ASHRAE “Handbook of Fundamentals”.

Actividad	Tasa metabólica	
	W/m <sup>2</sup>	Met
<b>Reposo</b>		
Durmiendo	40	0,7
Sentado en reposo	60	1,0
De pie relajado	70	1,2
<b>Andando</b>		
A 0,9 m/s	115	2,0
A 1,2 m/s	150	2,6
A 1,8 m/s	220	3,8
<b>Actividades en trabajo</b>		
Leyendo sentado	55	1,0
Escribiendo	60	1,0
Trabajando sentado	70	1,2
Trabajando de pie	80	1,4
Caminando	100	1,7
Subiendo	120	2,0
<b>Conducción de</b>		
Vehículo normal	60-115	1,0-2,0
Vehículo pesado	185	3,2
<b>Otras actividades</b>		
Cocinar	95-115	1,6-2,0
Limpiar la casa	115-200	2,0-3,4
Bailar	140-255	2,4-4,4
Tenis	210-270	3,6-4,6
Baloncesto	290-440	5,0-7,6

**Ilustración 92.** Tasas metabólicas según nivel de actividad

El Reglamento de instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE, establece las condiciones interiores de diseño para personas con grado de actividad sedentaria de 1,2 met, de vestimenta de 0,5 clo en verano y de 1 clo en invierno y un PPD entre 10 y el 15 %. Los rangos de temperatura operativa y humedad para invierno y verano se recogen en la siguiente tabla.

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa [%]
Verano	23÷25	45÷60
Invierno	21÷23	40÷50

**Ilustración 93.** *Condiciones interiores de diseño RITE*

Estos valores son de obligado cumplimiento, por lo que prevalecen ante cualquier otro criterio. Para condiciones de actividad diferentes el RITE da por válido el método de cálculo de la temperatura operativa y la humedad relativa propuesto por la UNE-EN ISO 7730.

En esta norma también se establecen otros parámetros relacionados con el bienestar térmico como la velocidad del aire en la zona ocupada, el gradiente vertical de temperatura, la asimetría de la temperatura radiante o el suelo demasiado frío o demasiado caliente.

Finalmente se han escogido las condiciones interiores de diseño en base a los siguientes parámetros:

- Actividad metabólica: 1,2 met
- Grado de vestimenta en verano: 0,5 clo
- Grado de vestimenta en invierno: 1 clo
- PPD: entre 10% y 15%

La clasificación del aire interior está indicada en la siguiente tabla.

Categoría	Descripción
IDA 1	Calidad alta
IDA 2	Calidad media
IDA 3	Calidad moderada
IDA 4	Calidad baja

**Ilustración 94.** *Calidad IDA*

En la siguiente tabla se resumen los cuatro métodos para alcanzar la categoría de aire interior deseada.

Categoría	Tasa de ventilación por persona (L/s)	Método olfativo (CR 1752) (dp)	Concentración CO <sub>2</sub> (sobre aire EXT) (ppm)	Tasa de ventilación por unidad de superficie (L/[s·m <sup>2</sup> ])
IDA 1	20	0,8	350	No aplicable
IDA 2	12,5	1,2	500	0,83
IDA 3	8	2,0	800	0,55
IDA 4	5	3,0	1.200	0,28

**Ilustración 95.** *Categorías IDA*

Según a la tabla 1.4.2.1 de la IT 1.1.4.2.3 se obtiene el caudal de aire exterior por persona, siendo para el caso oficinas de 12,5 l/s y categoría IDA 2 y para la nave industrial de 8 l/s y categoría IDA

La calidad del aire exterior (ODA) se clasifica de acuerdo con los siguientes niveles:

Categoría	Descripción
ODA-1	Aire puro que sólo puede ensuciarse temporalmente (p.e., con polen)
ODA-2	Aire con altas concentraciones de partículas (sólidas y líquidas)
ODA-3	Aire con altas concentraciones de gases contaminantes
ODA-4	Aire con altas concentraciones de partículas y gases contaminantes
ODA-5	Aire con muy altas concentraciones de partículas y gases contaminantes

**Ilustración 96.** *Calidad del aire exterior (ODA)*

La filtración de aire debe cumplir los requisitos del aire interior en el edificio, tomando en consideración la calidad del aire interior IDA y la del aire exterior ODA.

Considerando la definición de clases de filtros de la norma UNE-EN 779, en la siguiente tabla se indican las clases de filtro final a instalar según la categoría del aire interior IDA y del aire exterior ODA.

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F6
ODA 2	F7/F9	F8	F7	F6
ODA 3	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 4	F7/F9	F6/F8	F6/F7	G4/F6
ODA 5	F6/GF/F9	F6/GF/F9	F6/F7	G4/F6

**Ilustración 97.** *Clases de filtros a instalar.*

Para el presente proyecto se tratará como ODA 2, ambiente con alta concentración de partículas, ya que el establecimiento se encuentra en un polígono industrial. Por ello, el aire que se recoge del exterior se filtrará con filtros F6 y F8 para el caso de las oficinas. El aire extraído del local pasará por filtros F6 en el primer caso y F5 en el segundo con el fin de proteger el recuperador de calor.

## 11.7.2 Exigencias de higiene

El RD 865/2003 y el informe UNE 100030 prescriben que la temperatura del agua de retorno al sistema de preparación y acumulación de agua caliente para usos sanitarios RACS sea mayor que 50 °C (véase la figura 12); está reconocido que esta temperatura es suficiente para que la proliferación de la legionela esté controlada.

El agua que se emplee para los procesos adiabáticos de humectación o enfriamiento y el vapor que se emplee para la humectación isotérmica deberán tener calidad sanitaria.

Todos los componentes de una UTA deben ser accesibles para su mantenimiento y limpieza a través de puertas de acceso; en su caso, los componentes se deben extraer de forma fácil.

Los perfiles que conforman la estructura portante de la unidad no deben ser en forma de U, porque pueden ser receptáculos de suciedad y, además, su limpieza resulta difícil.

Todos los materiales porosos y fibrosos, salvo los filtros, deben estar protegidos contra la erosión por medio de un material que puede soportar frecuentes operaciones de limpieza.

En las unidades con elevados requerimientos de higiene (hospitales y laboratorios, por ejemplo), los tornillos y otros componentes similares no deben sobresalir en el interior.

Todas las unidades deben estar provistas de ventanas de inspección y alumbrado interior, por lo menos en las secciones de ventilación, filtros y humectadores.

Las bandejas de condensados deben disponer de desagües dotados de sifón con sello de altura adecuada a la depresión existente en el lugar, con un mínimo de 50 mm.

### **11.7.3 Exigencias de calidad de ambiente acústico**

Para esta exigencia el RITE remite al documento DB-HR “Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación.

El nivel de potencia acústica de equipos situados en zonas exteriores será menor o igual que 70 dB. Los equipos se instalarán sobre soportes elásticos antivibratorios cuando se trate de equipos pequeños y compactos. Nunca deben instalarse silenciadores en salidas de humos de calderas, de cocinas o de laboratorios por el enorme riesgo de ensuciamiento.

En cualquier caso, el material fonoabsorbente de un atenuador acústico, o silenciador, deberá estar recubierto de un material que, sin mermar las propiedades del material fonoabsorbente, sea capaz de protegerlo de la suciedad y permita la limpieza interior del silenciador.

Las bombas deben instalarse de manera que la presión absoluta del fluido en la boca de succión sea siempre mayor que la presión de saturación del fluido a la temperatura de funcionamiento, para evitar que las burbujas de vapor colapsen y, en consecuencia, se produzcan ruidos y la eventual destrucción del rodamiento.

Se evitará el paso de las vibraciones de las conducciones a los elementos constructivos mediante sistemas antivibratorios como pasamuros, coquillas, manguitos elásticos, abrazaderas y suspensiones elásticas. Para las tuberías empotradas se emplearán siempre envolturas elásticas. Las tuberías vistas estarán recubiertas por un material que proporcione un aislamiento acústico a ruido aéreo mayor que 15 dB.

El anclaje de tubería se realizará a elementos constructivos de masa unitaria mayor que 150 kg/m<sup>2</sup>. La velocidad de circulación del agua en los sistemas mixtos (calefacción y refrigeración) situados en el interior de las viviendas se limitará a 1 m/s. En conductos vistos se amortiguará adecuadamente la transmisión de ruido aéreo.

Los sistemas de conductos para el transporte de aire de ventilación y de acondicionamiento estarán aislados del ruido generado por los ventiladores y la misma circulación de aire mediante revestimientos interiores de material absorbente y/o atenuadores acústicos, dimensionados de manera que la atenuación sea mayor que 40 dB a la llegada a los elementos de difusión y retorno de aire.

En 3.4.1 se exige que los suministradores de equipos proporcionen esta información:

- Nivel de potencia acústica de equipos que producen ruidos estacionarios, como bombas, ventiladores, quemadores, maquinaria frigorífica, unidades terminales para el control y la difusión de aire, ventiloconvectores, inductores, etc.
- Rígidez mecánica y carga máxima de los lechos elásticos empleados en bancadas de inercia.
- Amortiguamiento, curva de transmisibilidad y carga máxima de los sistemas antivibratorios utilizados en el aislamiento de maquinaria y conducciones.
- Coeficiente de absorción acústica de los productos absorbentes empleados en conductos de ventilación.
- Atenuación de conductos prefabricados, expresada como pérdidas por inserción.
- Atenuación total de los silenciadores interpuestos en conductos o empotrados en elementos constructivos, como fachadas.

## 11.8 CUMPLIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El marcado CE es una certificación de carácter obligatorio que declara que un producto es conforme a todas las normas aplicables. En otras palabras, la declaración de conformidad es la prueba de que un producto es conforme a una directiva específica y a las normas a ella relacionadas.

La responsabilidad de la conformidad del producto a la normativa aplicable recae totalmente sobre la empresa o persona física que pone en el mercado de la UE el producto. Cuando el conexionado eléctrico y la parte electrónica de control no sean efectuados por el fabricante del equipo, como suele ser el caso, la responsabilidad de certificar el cumplimiento de la normativa de la UE recaerá sobre la empresa instaladora.

La certificación EUROVENT es voluntaria; con ella el fabricante somete el producto a la valoración de EUROVENT, que ensaya y certifica las prestaciones declaradas por el fabricante.

Para instalaciones cuya potencia térmica en frío o calor sea mayor que 70 kW, se exige la presentación de un proyecto en el que se incluyan las estimaciones de los consumos de energía mensual y anual, así como las correspondientes emisiones de dióxido de carbono.

Cuando se trate de un edificio nuevo cuya superficie útil total sea mayor que 1.000 m<sup>2</sup>, el proyecto incluirá la comparación del sistema elegido para la producción de energía térmica con otros sistemas alternativos. Entre ellos, el RITE cita:

- Fuentes de energía renovable, como paneles solares térmicos y biomasa, empleadas directamente o a través de máquinas de absorción o motores Stirling.
- Producción de energía térmica mediante un sistema de cogeneración CHP (del inglés “Combined Heat and Power”), acoplado o no a plantas de refrigeración del tipo de absorción. Estas instalaciones deberán cumplir con el RD 661/2007.
- Las bombas de calor, con sumidero exterior por aire, agua o tierra. En el caso de bombas de calor con sumidero exterior por aire, las condiciones exteriores de diseño en invierno deberían ser aceptables, es decir, la temperatura húmeda nunca debería ser menor que 0 °C, siendo generosos, lo que, prácticamente, limita su aplicación a las zonas costeras, a las islas y a buena parte de las regiones sureñas.

### 11.8.1 Generación de calor y frío

Para seleccionar correctamente el tipo, número y potencia de los generadores es necesario calcular la demanda a lo largo de todas las horas del año. La suma de la potencia de los generadores se ajustará a la demanda máxima simultánea de los sistemas servidos, más las pérdidas o ganancias de calor de las redes de distribución de los fluidos portadores y, en el caso de centrales de producción de frío, el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de los fluidos.

El RD 275/1995 de 24 de febrero, transposición de la Directiva Europea 92/42/CEE (RD 275 de 1995), establece los requisitos de rendimiento energético de las calderas de 4 kW a 400 kW de potencia nominal, alimentadas con combustibles fósiles líquidos y gaseosos, a la potencia nominal y a la carga parcial del 30%, a la temperatura media del agua que indique el fabricante. Para potencias mayores las prestaciones de las calderas serán iguales o mejores que las de las calderas de 400 kW.

Se menciona que las pérdidas por disponibilidad de servicio son de escasa entidad cuando se comparan con la potencia de un generador de baja temperatura o condensación (menos del 1%, debido al elevado espesor del aislamiento térmico del cuerpo de la caldera) y un poco más para generadores convencionales modernos (entre el 2 y el 3%). Sin embargo, desde el punto de vista de la energía consumida, estas pérdidas son muy importantes, sobre todo para calderas convencionales.

El descenso progresivo de la temperatura del agua del circuito en función de la temperatura exterior en las calderas de baja temperatura y de condensación permite disminuir las pérdidas totales, es decir, no solamente las pérdidas por disponibilidad, sino también las pérdidas en los productos de la combustión.

### **11.8.2 Redes de tuberías y conductos**

El reglamento exige que todos los aparatos, equipos y conducciones de las instalaciones de climatización y agua caliente para usos sanitarios estén térmicamente aislados, con los niveles indicados más adelante. Para los equipos o aparatos que vengan aislados de fábrica se aceptarán los espesores calculados por el fabricante.

En términos de potencia térmica se puede decir que la suma de la demanda del sistema más las pérdidas en las redes (o ganancias, si el fluido portador estuviera frío) igualan la potencia requerida en la central de producción térmica.

La cuantía de las pérdidas o ganancias depende del diseño del sistema, es decir, del recorrido, selección de diámetros y nivel de aislamiento térmico. En todos los casos, las pérdidas o ganancias de equipos y tuberías debidamente aisladas son una fracción relativamente pequeña de la potencia transportada.

Todas las conducciones, equipos, aparatos, depósitos y elementos accesorios estarán térmicamente aislados cuando contengan o transporten fluidos con:

- Temperatura menor que la del recinto en el que están instalados los equipos o por el que discurren las conducciones; se evitan las ganancias de calor y la posible formación de condensaciones.

- Temperatura mayor que 40 °C, cuando están instalados en recintos no calefactados (pasillos, patinillos, galerías, salas de máquinas, aparcamientos, falsos techos y suelos técnicos); se evitan las pérdidas de calor.

### Fluido frío en ambiente exterior

- Condiciones máximas del entorno igual a las condiciones extrema de diseño al nivel percentil más exigente, redondeando en exceso unos 2 a 3 °C.
- Velocidad del aire: 1 m/s.
- Radiación solar: 600 W/m<sup>2</sup>; la emitancia superficial se podrá tomar igual a 0,9, ya que los materiales reflectantes, al ensuciarse, se comportan como un material negro.

### Fluido caliente en ambientes interiores

- Condiciones mínimas del entorno igual a 18 °C y 50% HR si se trata de ambientes climatizados y 12 °C y 50% HR si se trata de ambientes sin climatizar; 5 °C y 60% HR en aparcamientos y en patinillos ventilados; 18 °C en falsos techos y en patinillos sin ventilar.
- Temperatura radiante media igual a la seca.
- Velocidad del aire: 0,2 m/s (convección libre en el exterior de la tubería).

### Estanquidad de redes de conductos

Las normas UNE-EN 13779 y UNE-EN 12237 establecen cuatro clases de estanquidad para las redes de conductos.

Clase	Coeficiente	Pa	L/(s·m <sup>2</sup> )
A	0,027	500	1,53
B	0,009	1000	0,80
C	0,003	2000	0,42
D	0,001	2000	0,14

**Ilustración 98. Clases de estanqueidad**

La norma UNE-EN 12237 establece las presiones de los conductos.

El RITE exige, en general, que la estanquidad de una red de conductos sea de la clase B. Las redes de conductos deberán disponer de registros de inspección para la limpieza, según se indica en la norma UNE-ENV 12097. Estos registros deben ser construidos con gran precisión y dotados de juntas de estanquidad, para no aumentar las fugas de aire.

Todos los sistemas de más de 70 kW de potencia frigorífica dispondrán de un sistema de enfriamiento gratuito.

### 11.8.3 Exigencias de seguridad

En el apartado 1.3.4.1.1 “Condiciones generales” se destacan los siguientes puntos:

- Los generadores de calor y frío dispondrán de un dispositivo que permita detectar la circulación del fluido portador en su interior. El dispositivo será, en general, un interruptor de flujo; se preferirá un presostato diferencial en el caso de equipos con una pérdida de presión relevante, como, por ejemplo, una maquina frigorífica. Quedan excluidos los generadores de calor que, según especificación del fabricante, no requieran una circulación mínima de agua como, por ejemplo, las calderas de elevado contenido de agua. Estos criterios han sido ya comentados en al apartado 1.2.4.1.1.

Todos los tipos de generadores de combustible gaseoso tendrán la certificación de conformidad del RD 1428/1992.

- Los generadores de combustibles líquidos dispondrán de un dispositivo de interrupción del funcionamiento del quemador en caso de retroceso de los productos de la combustión y otro, de rearne manual, que impida que se alcancen temperaturas mayores que la máxima de diseño.

Los generadores de biocombustibles sólidos deberán tener:

- Un dispositivo de interrupción de funcionamiento del sistema de combustión en caso de retroceso de los productos de la combustión.
- Un sistema que evite la propagación del retroceso de la llama hasta el silo de almacenamiento del combustible.

Un dispositivo, de rearne manual, que impida que se alcancen temperaturas mayores que la máxima de diseño.

- Cuando se interrumpa el funcionamiento del sistema de combustión, las bombas de circulación, primarias y secundarias, deberán seguir funcionando hasta tanto se haya eliminado el calor residual. Alternativamente, se podrá emplear un intercambiador de calor que evague el calor residual al exterior, siendo éste uno de los circuitos secundarios.
- Una válvula de seguridad tarada a 1 bar (0,5 bar sería más acertado) por encima de la presión de trabajo del generador.

Las salas de máquinas son recintos donde se alojan los generadores térmicos y otros equipos auxiliares, así como los accesorios necesarios para su funcionamiento.

Se consideran parte de la sala de máquinas los locales a los que se acceda desde la misma sala, que comuniquen con el resto del edificio o con el exterior.

La clasificación de riesgos (bajo, medio y alto) para las salas de máquinas y almacenes de combustibles está indicada en la tabla 2.1 del DB-SI del CTE, Salas de calderas: el riesgo se establece en función de la potencia

- Riesgo bajo: potencia mayor que 70 kW y menor o igual que 200 kW
- Riesgo medio: potencia mayor que 200 kW y menor o igual que 600 kW
- Riesgo alto: potencia mayor que 600 kW.

Los requisitos mínimos de ventilación de las salas de máquinas están indicados en el RAP (Reglamento de Aparatos a Presión, MIE-AP1 capítulo 5) para los generadores de calor y en el RSF (Reglamento de Seguridad para plantas e instalaciones Frigoríficas, MI IF 007) para generadores de frío. Ambos reglamentos están actualmente en fase de revisión.

## **DOCUMENTO N° 3: PLANOS**

---

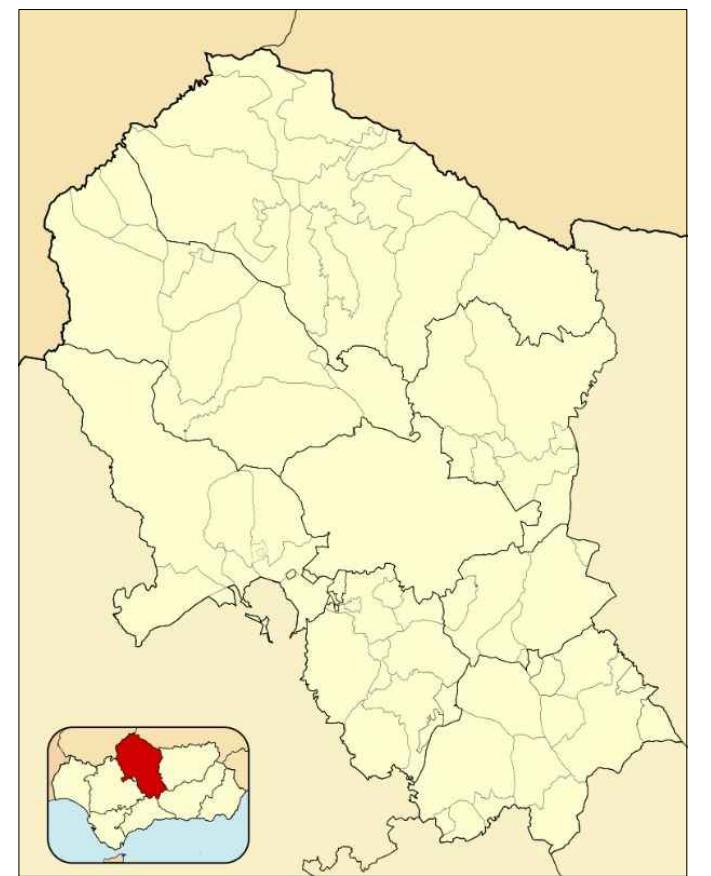


# ÍNDICE DE PLANOS

---

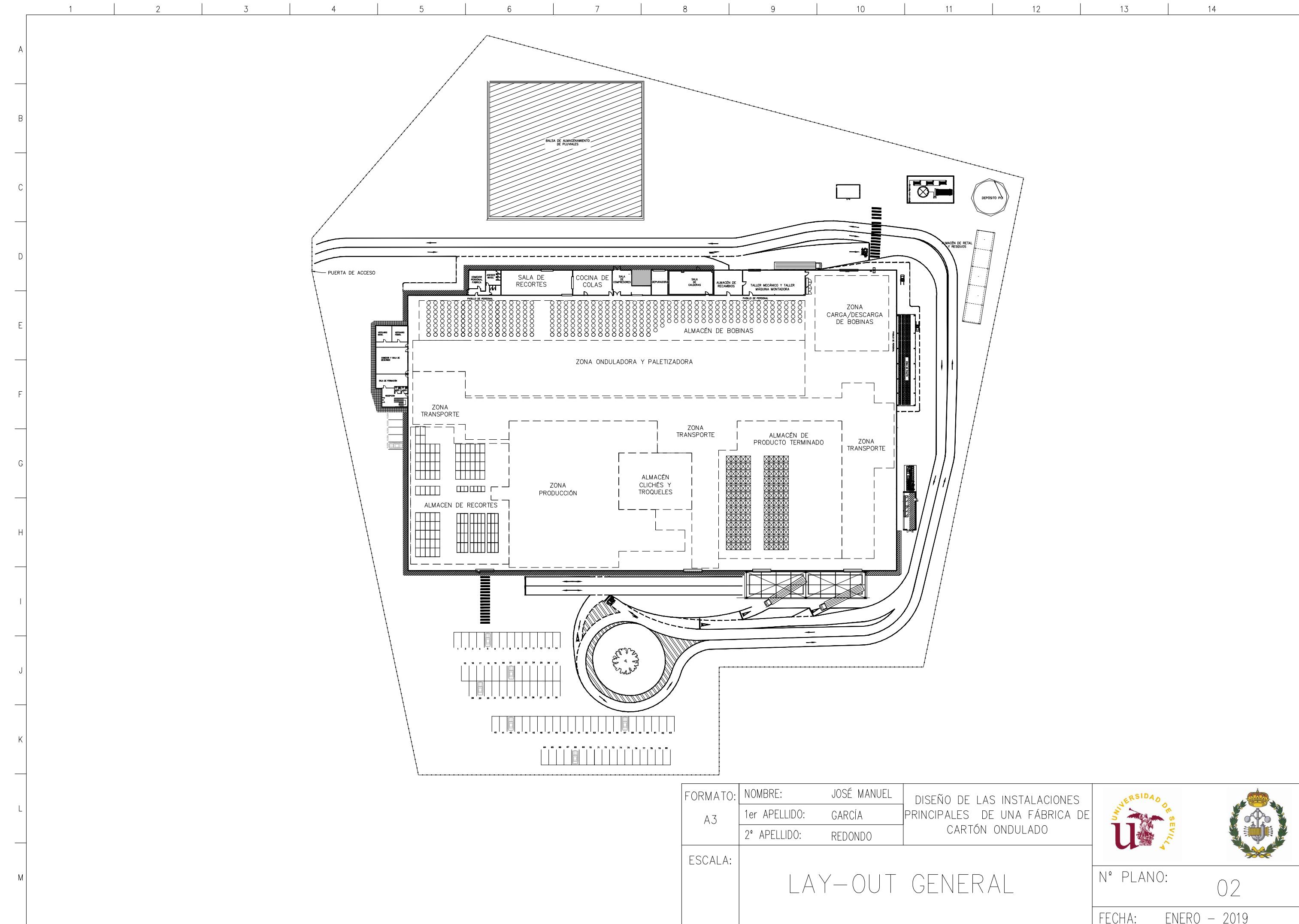
<b>DOCUMENTO Nº 3: PLANOS.....</b>	<b>319</b>
<b>ÍNDICE DE PLANOS.....</b>	<b>321</b>
1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO .....	322
2. LAY-OUT GENERAL.....	323
3. LAY-OUT NAVE INDUSTRIAL.....	324
4. LAY-OUT ZONA DE OFICINAS .....	325
5. CANALIZACIÓN DE MEDIA TENSIÓN.....	326
6. CELDAS Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE M.T. .....	327
7. ESQUEMA UNIFILAR GENERAL .....	328
8. CIRCUITOS DE FUERZA DE LA NAVE INDUSTRIAL.....	329
9. DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS NAVE INDUSTRIAL.....	330
9.1. DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS DE LA ZONA DE PRODUCCIÓN .....	330
9.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS LUMINARIAS DE LA SALA DE MÁQUINAS .....	331
10. DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS OFICINAS.....	332
11. DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS EXTERIOR .....	333



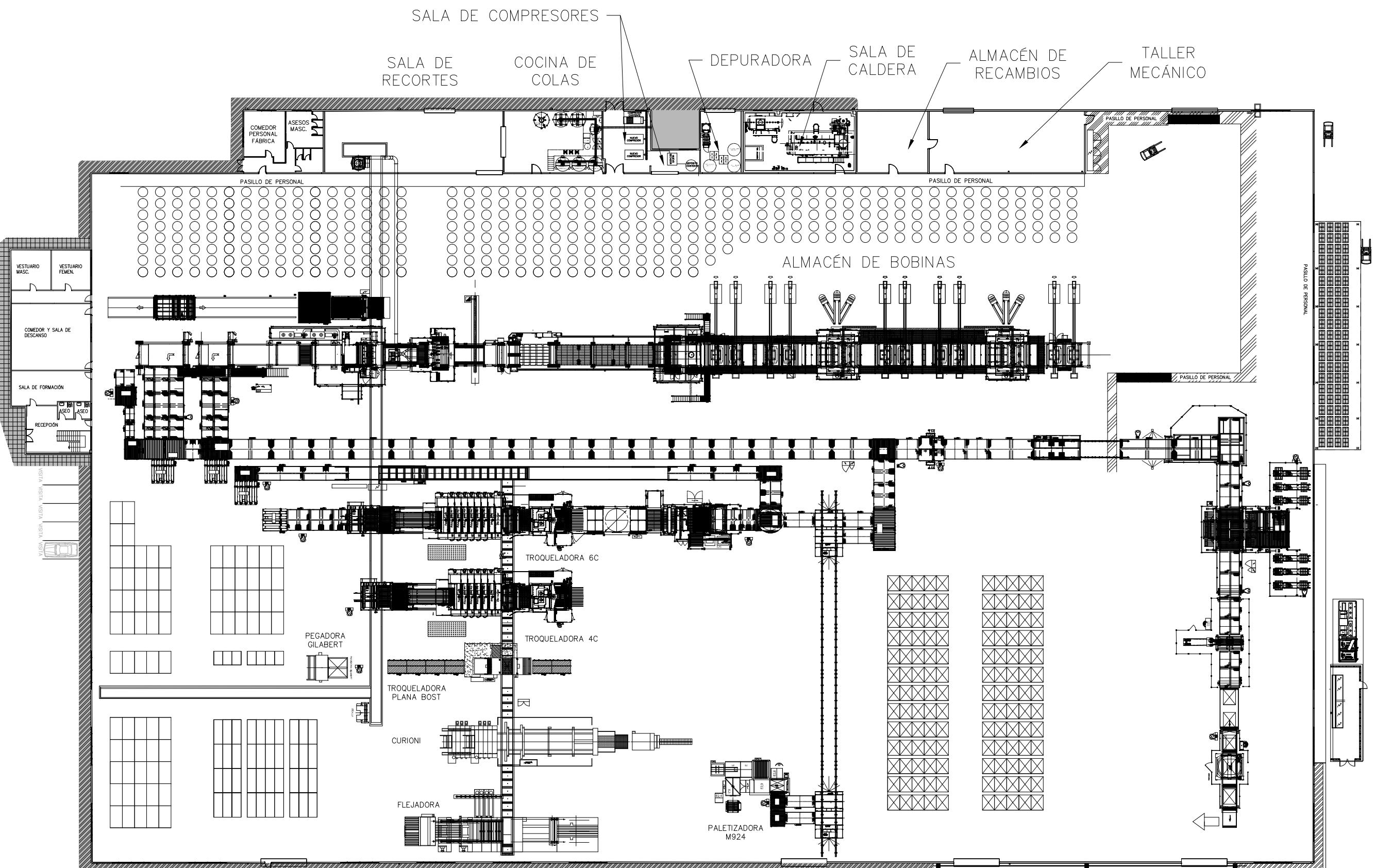


FORMATO: A3	NOMBRE: JOSÉ MANUEL	DISEÑO DE LAS INSTALACIONES PRINCIPALES DE UNA FÁBRICA DE CARTÓN ONDULADO
	1er APELLIDO: GARCÍA	
	2º APELLIDO: REDONDO	
ESCALA:	SITUACIÓN	
Nº PLANO: 01		FECHA: ENERO - 2019





1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



FORMATO:	JOSÉ MANUEL	DISEÑO DE LAS INSTALACIONES
A3	1er APELLIDO: GARCÍA	PRINCIPALES DE UNA FÁBRICA DE
	2º APELLIDO: REDONDO	CARTÓN ONDULADO

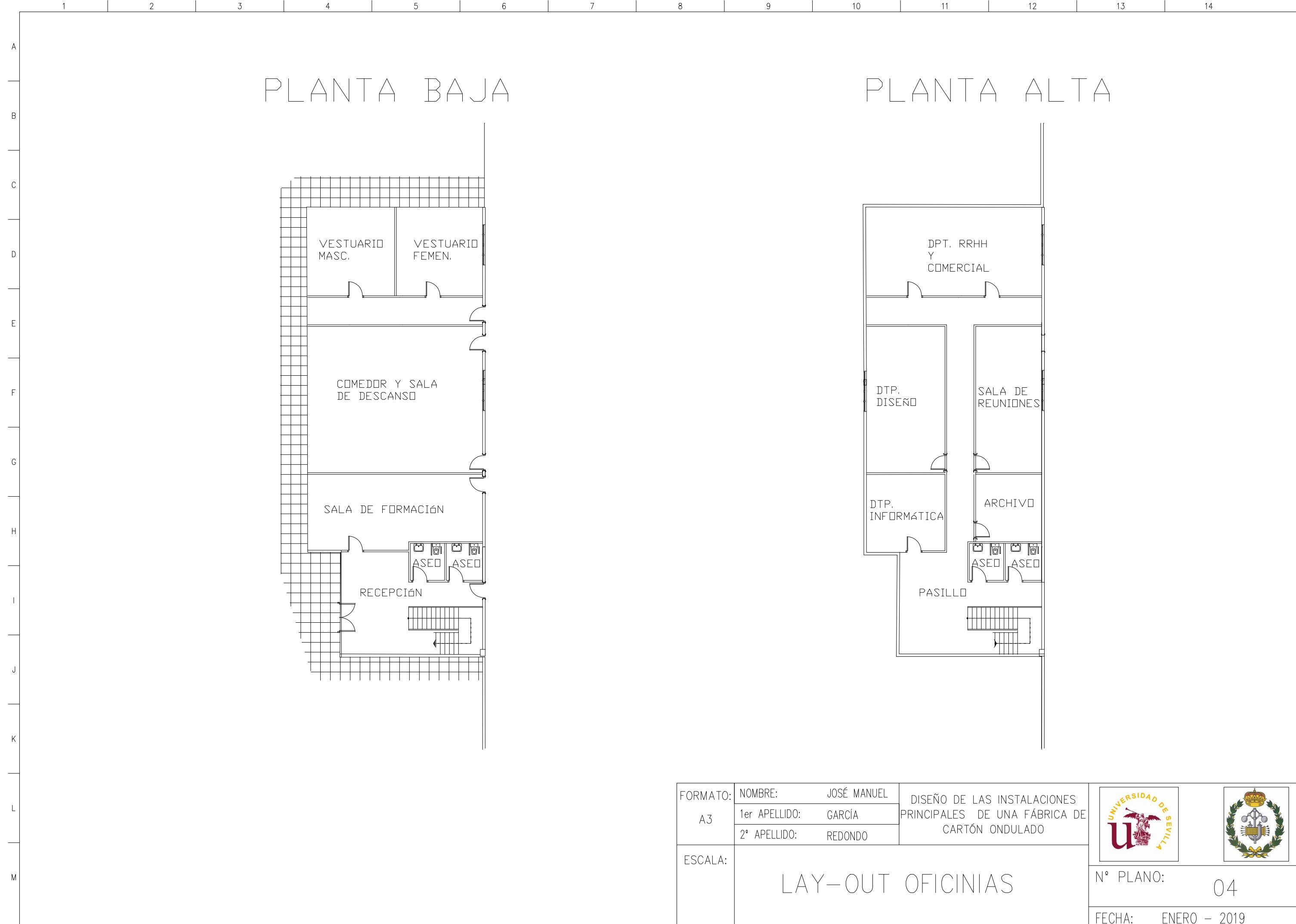
ESCALA:

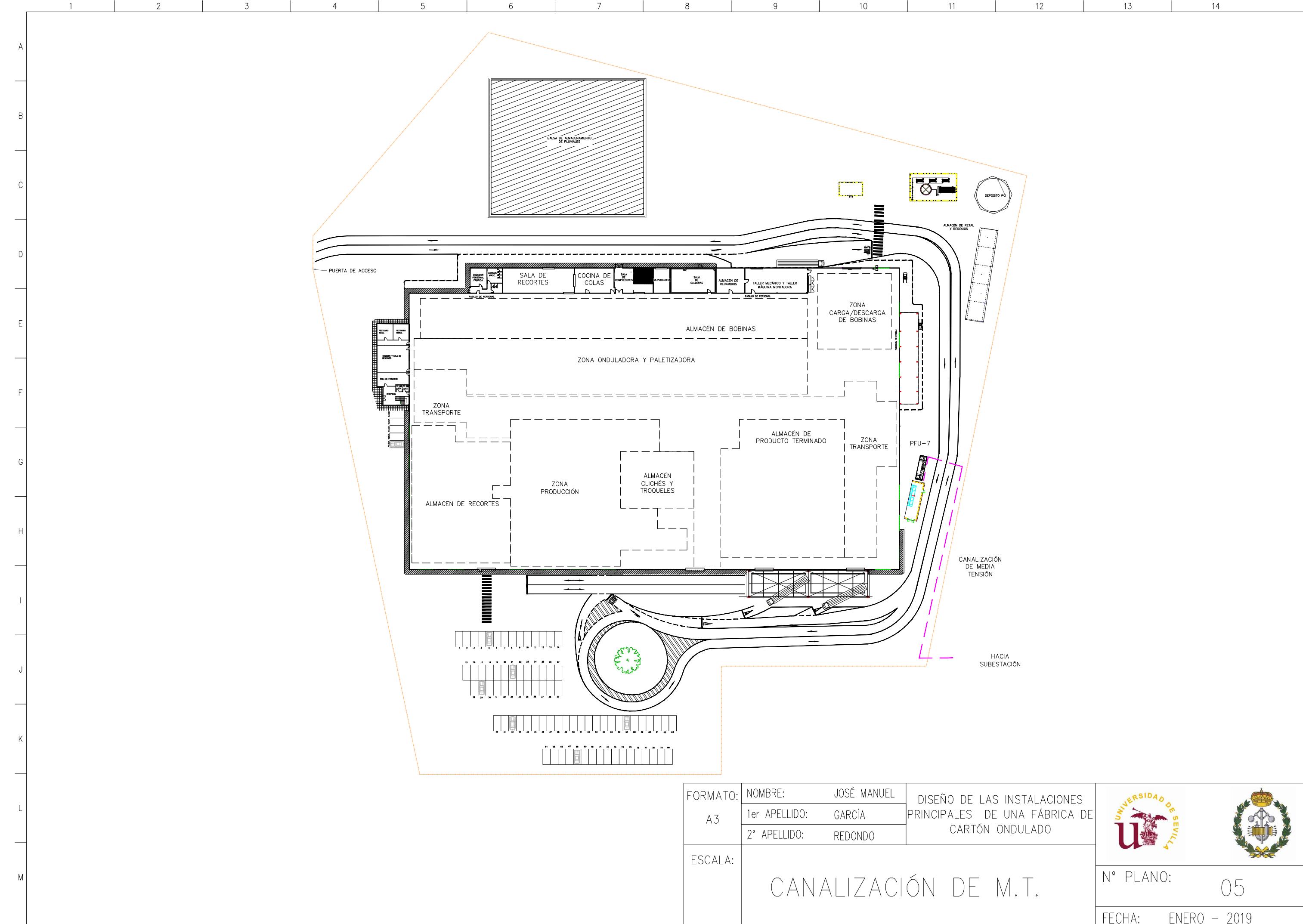
LAY-OUT NAVE  
INDUSTRIAL

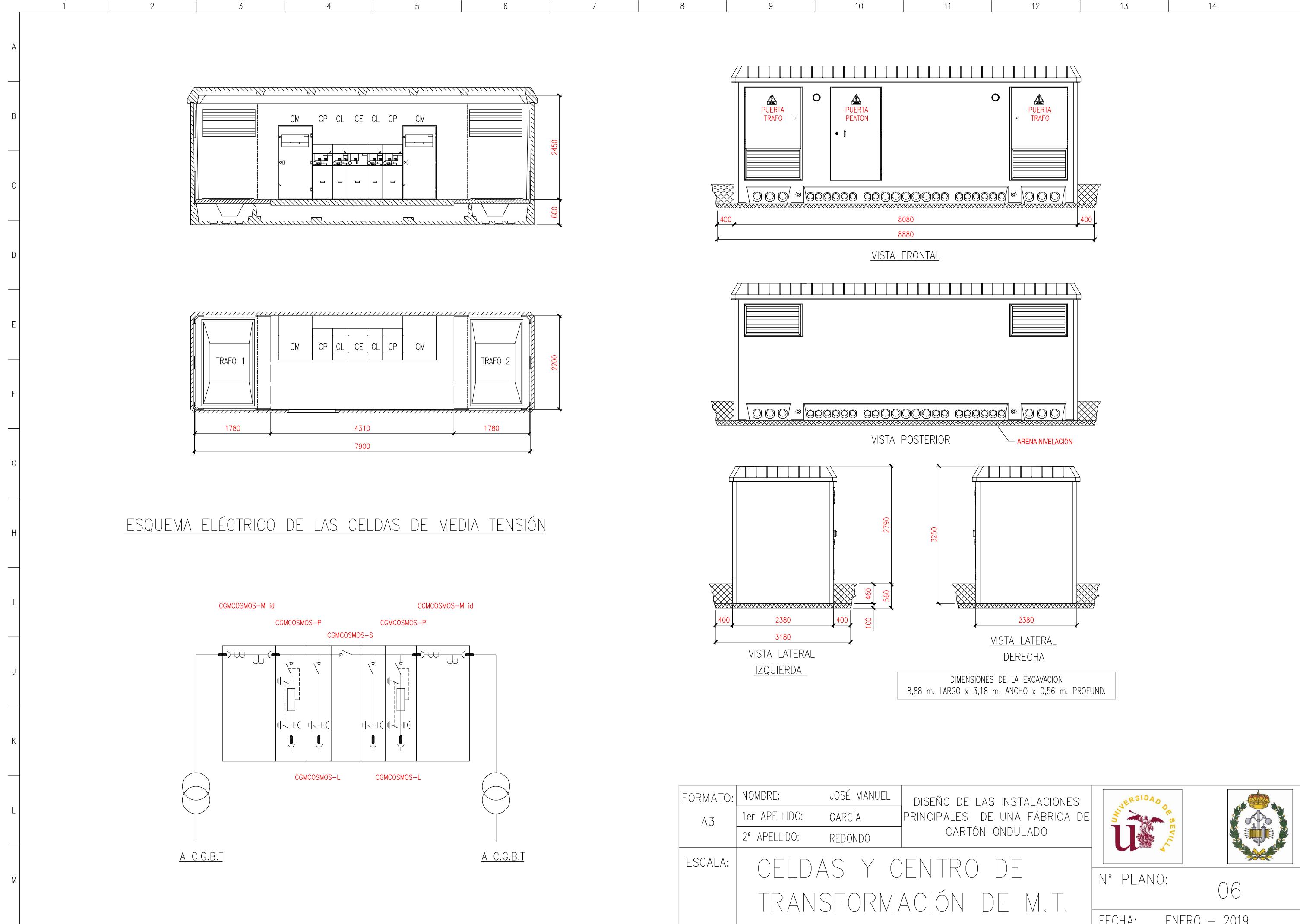


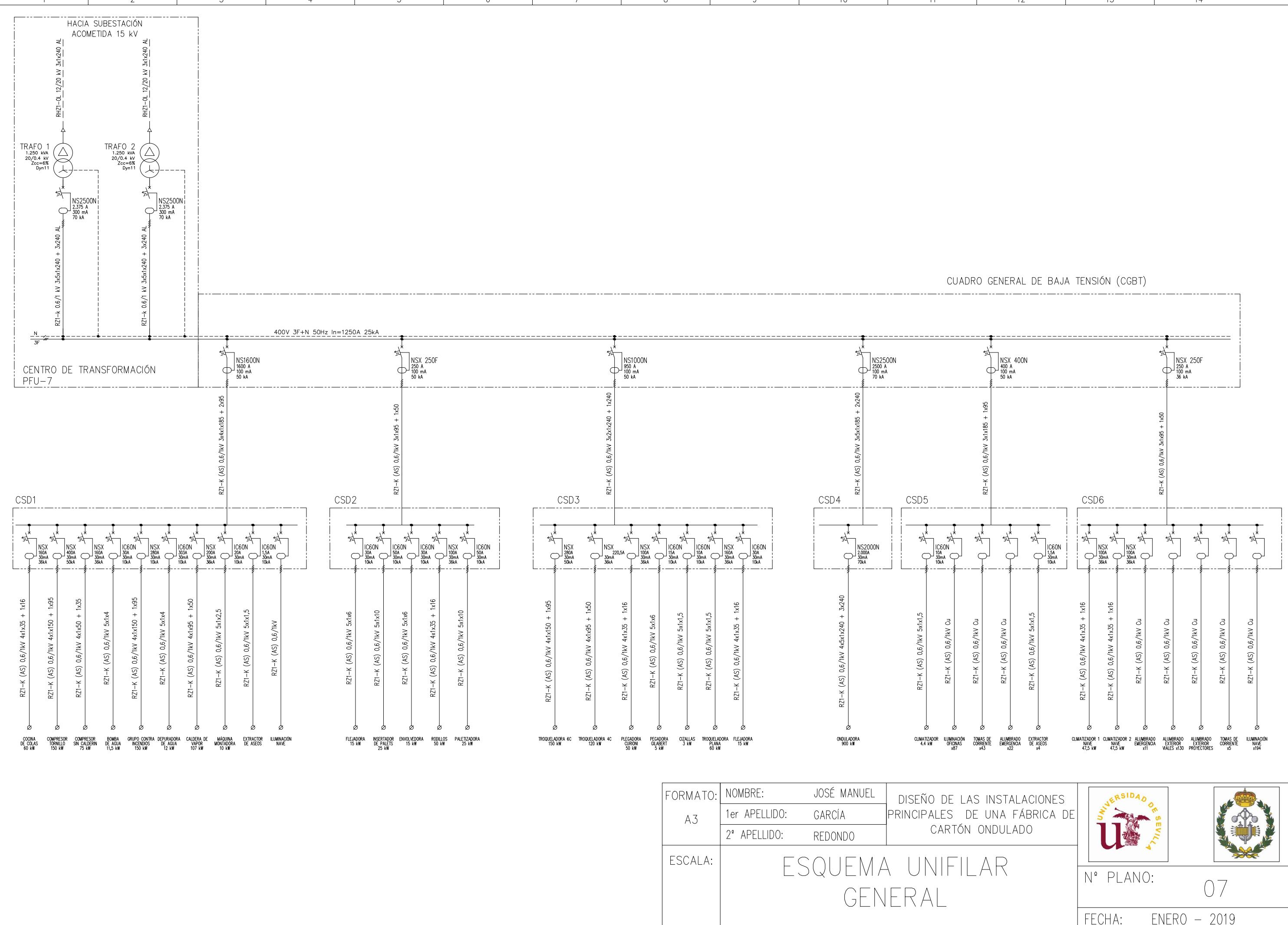
Nº PLANO: 03

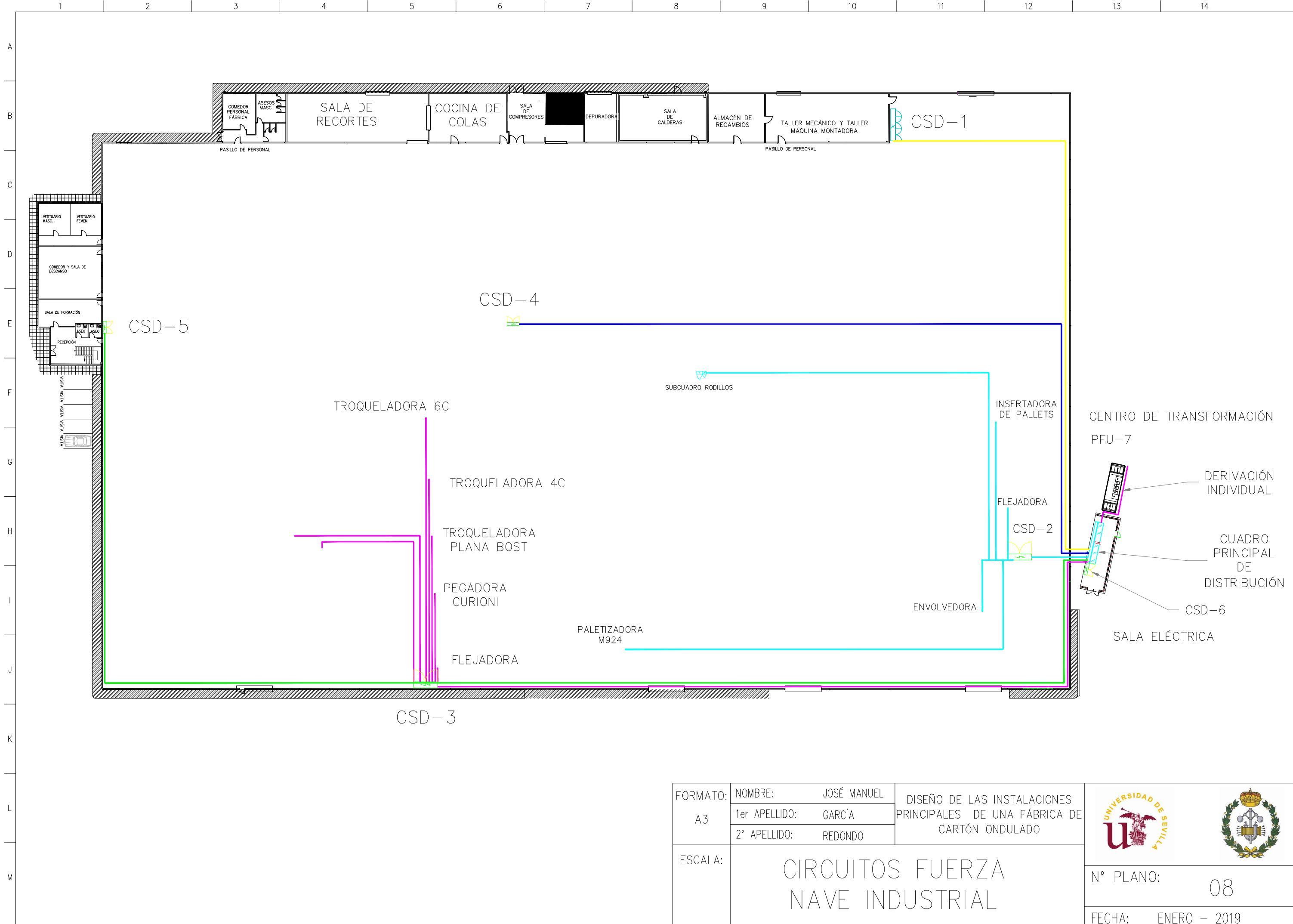
FECHA: ENERO - 2019







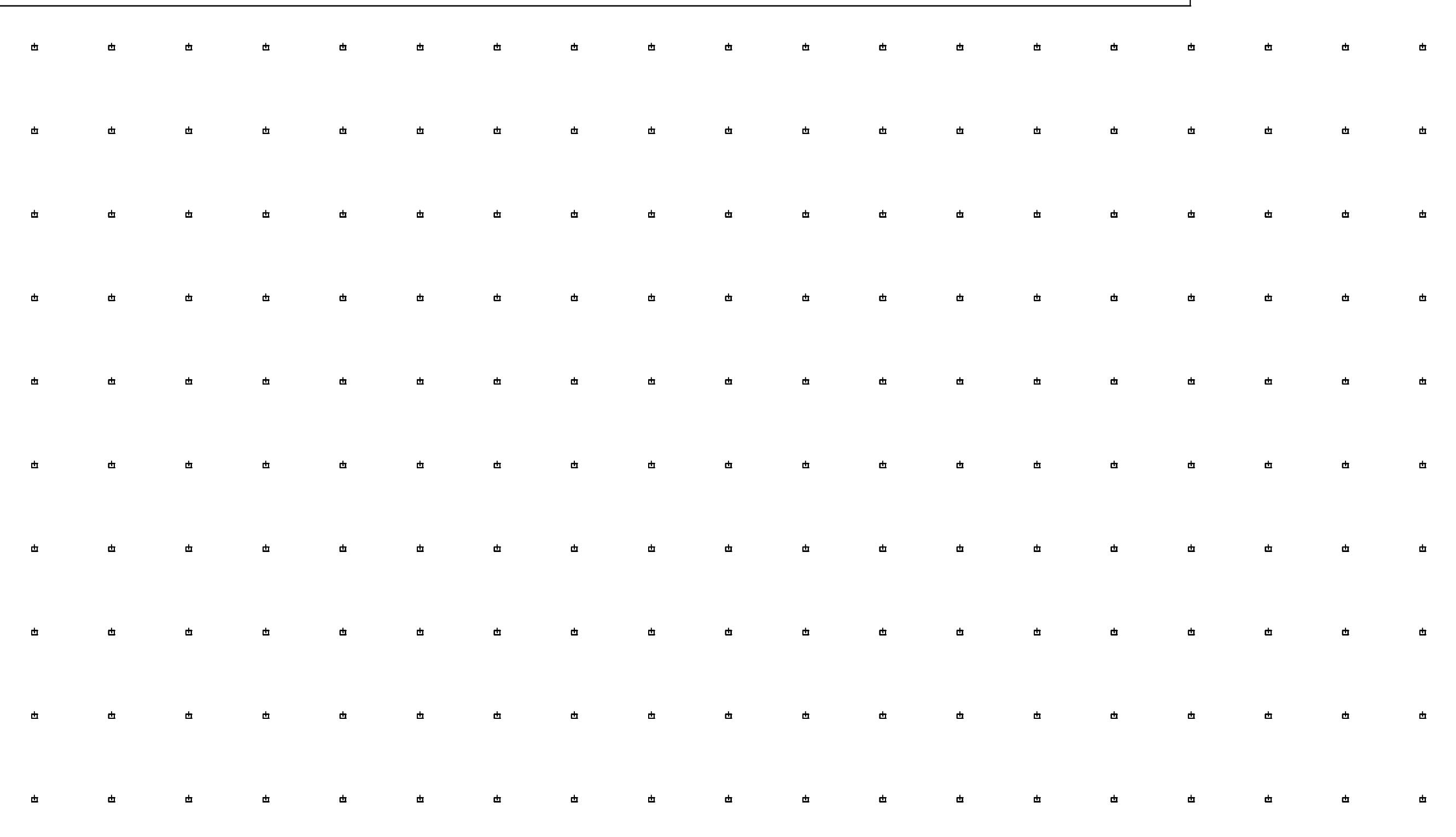




1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

1 PHILIPS BY471P 1 xEC0320S/865 WB GC

ZONA DE PRODUCCIÓN  
14970 m<sup>2</sup>  
2,8 W/m<sup>2</sup>  
Em: 381 lx

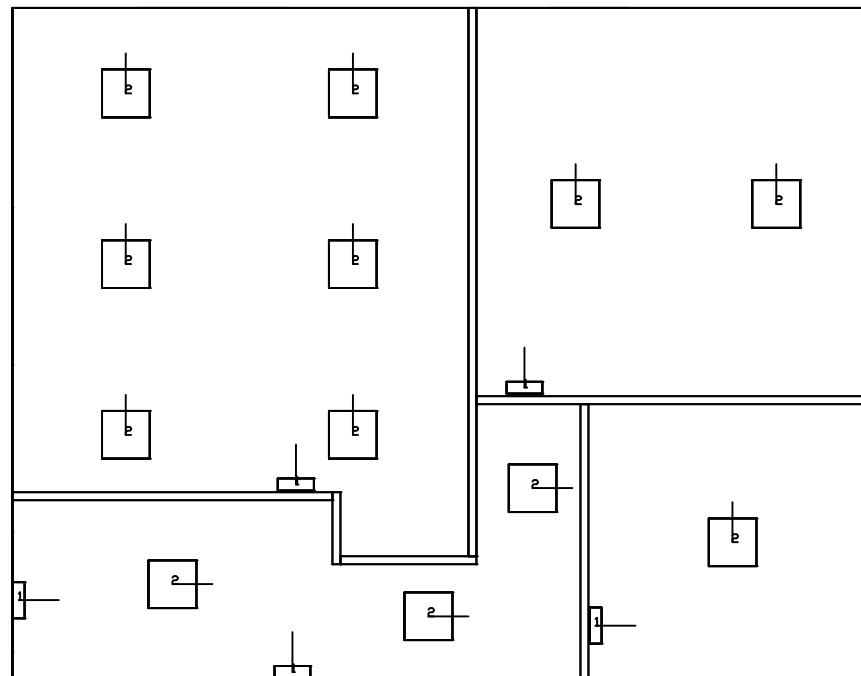


FORMATO: NOMBRE: JOSÉ MANUEL  
A3 1er APELLIDO: GARCÍA  
2º APELLIDO: REDONDO DISEÑO DE LAS INSTALACIONES  
PRINCIPALES DE UNA FÁBRICA DE  
CARTÓN ONDULADO

ESCALA: UBICACIÓN LUMINARIAS  
NAVE INDUSTRIAL

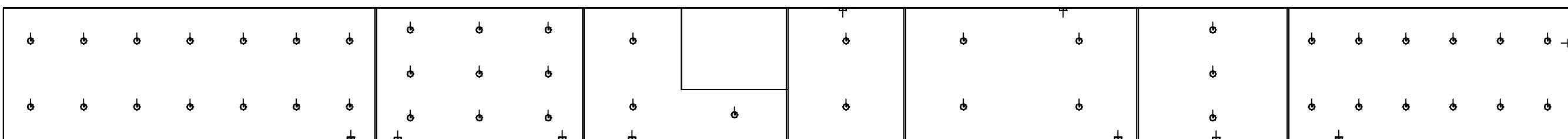


Nº PLANO: 09.1  
FECHA: ENERO - 2019



1 LEGRAND 662561 INOXLED 200LM-3H MAINTAINED-NON MAINTAINED IP67 ADR LVS2  
2 PHILIPS RC132V W60L60 1 xLED34S/830 DC

COMEDOR/ASEOS PERSONAL FÁBRICA  
91 m<sup>2</sup>  
5,2 W/m<sup>2</sup>  
Em: 271 lx



SALAS DE MÁQUINAS  
840 m<sup>2</sup>  
4.9 W/m<sup>2</sup>  
Em: 428 lx

2 PHILIPS BY120P G3 1xLED105S/840 WB

FORMATO: A3	NOMBRE: JOSÉ MANUEL	DISEÑO DE LAS INSTALACIONES PRINCIPALES DE UNA FÁBRICA DE CARTÓN ONDULADO	 
	1er APELLIDO: GARCÍA		
	2º APELLIDO: REDONDO		
ESCALA:	UBICACIÓN LUMINARIAS SALAS DE MÁQUINAS	Nº PLANO:	09.2
		FECHA:	ENERO – 2019

