



**Proyecto Técnico de Nueva Instalación de una Fábrica de  
Yogur en el TM de Requena**

# **DOCUMENTO 1: ANEJOS A LA MEMORIA**

TRABAJO FINAL DE GRADO

ALUMNO: David Pablo Nordlund Sierra

## **ÍNDICE GENERAL**

1. Anejo I: Justificación de la localización
2. Anejo II: Justificación del dimensionado y maquinaria
3. Anejo III: Materias primas
4. Anejo IV: Instalación de frío
5. Anejo V: Instalación eléctrica

# ANEJO I: JUSTIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN

---

## ÍNDICE GENERAL

1. Justificación .....	1
------------------------	---

### ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Emplazamiento de la industria.....	1
Figura 2: Riesgo de inundaciones.....	1
Figura 3: Riesgo de erosión potencial .....	2
Figura 4: Vulnerabilidad de acuíferos .....	2
Figura 5: Fisiografía .....	2

## 1. Justificación

La presente instalación está localizada en el término municipal de Requena, en el paraje de los Llanos del Rebollar, en la provincia de Valencia, Comunidad Valenciana. Está situada entre la A3 y la CV-3890, al noroeste del municipio de El Rebollar. Las coordenadas UTM de la industria son X: 670.738, Y: 4.371.503 (Sistema de referencia: ETRS89 - UTM Huso 30). La industria se encuentra a escasos metros de una gasolinera, y a apenas 7 km de Requena, el pueblo más grande de la comarca.

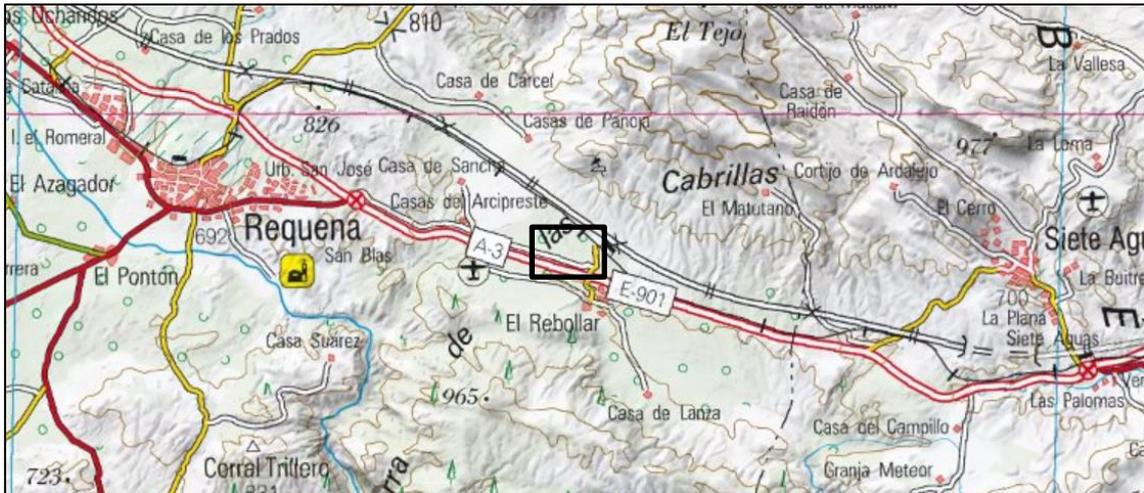


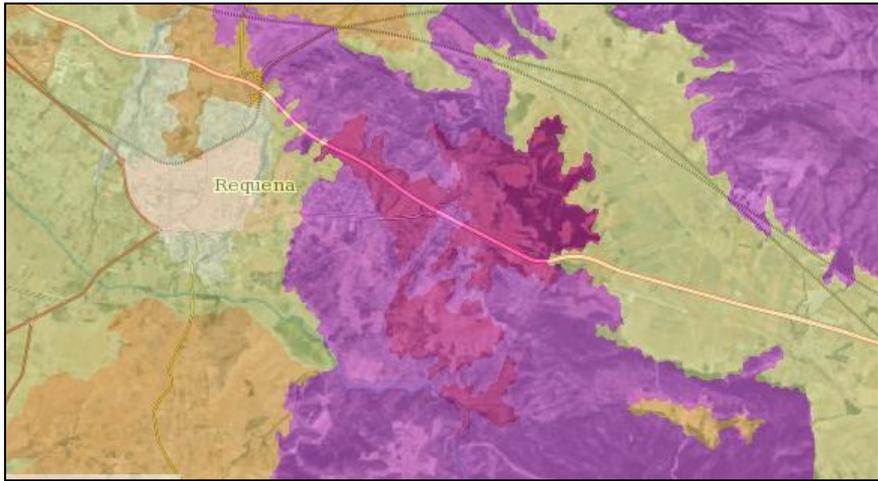
Figura 1: Emplazamiento de la industria

La ubicación elegida está catalogada como zona industrial, tal y como se muestra en el visor *terrasit*. De la misma forma, se trata de una zona con una fisiografía no muy marcada (terreno ondulado), donde no hay riesgos de inundaciones el riesgo de erosión potencial es bajo. La vulnerabilidad de acuíferos es alta, por lo que se deben gestionar de manera correcta los residuos que se puedan producir, además de prevenir las posibles fugas de leche que puedan darse y pavimentar el terreno para evitar el paso de los residuos a las aguas subterráneas debido a la lixiviación.

A continuación se muestran los mapas y sus respectivas leyendas, obtenidos mediante *terrasit*.



Figura 2: Riesgo de inundaciones



- Riesgo de erosión potencial**
- No cuantificada (playas, marjales,...)
  - Muy baja, 0-7 Tm/ha/año
  - Baja, 7-15 Tm/ha/año
  - Moderada, 15-40 Tm/ha/año
  - Alta, 40-100 Tm/ha/año
  - Muy alta, >100 Tm/ha/año
  - No cuantificable (fase lítica)

Figura 3: Riesgo de erosión potencial



- Vulnerabilidad de acuíferos**
- Muy baja
  - Baja
  - Media
  - Alta
  - Muy alta

Figura 4: Vulnerabilidad de acuíferos



- Fisiografía**
- No cuantificado
  - Plano
  - Ondulado
  - Fuertemente ondulado
  - Colinado
  - Fuertemente socavado
  - Montañoso
  - Laderas suaves
  - Laderas moderadas
  - Laderas acentuadas
  - Laderas muy acentuadas
  - Ríos y masas de agua
  - Núcleos urbanos

Figura 5: Fisiografía

# **ANEJO II: JUSTIFICACIÓN DEL DIMENSIONADO Y MAQUINARIA**

---

# ÍNDICE GENERAL

1.	Introducción .....	1
2.	Maquinaria: .....	1
2.1.	Tanques de almacenamiento .....	1
2.2.	Evaporador de leche .....	2
2.3.	Homogeneizadores .....	3
2.4.	Mezclador.....	3
2.5.	Envasadoras: .....	4
2.6.	Sistema de limpieza CIP.....	4
2.7.	Compresores .....	5
2.8.	Intercambiadores de calor de placas .....	5
2.9.	Tanques pulmón.....	6
2.10.	Ventiladores .....	6
2.11.	Bombas de impulsión .....	8
2.12.	Otros tanques.....	8
2.13.	Caldera pirotubular .....	9
2.14.	Otros equipos .....	9
3.	Dimensiones de las zonas y salas de la nave:.....	9
3.1.	Sala de tanques de almacenamiento .....	9
3.2.	Salas CIP, de compresores y de calderas.....	9
3.3.	Almacén de materias primas.....	10
3.4.	Dimensión de la sala de incubación del yogur firme .....	10
3.5.	Túnel de refrigeración .....	11
3.6.	Almacén del yogur firme .....	11
3.7.	Almacén de yogur líquido .....	12
3.8.	Otras dimensiones: oficinas, aseos y otras dependencias necesarias para el personal	
	12	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Espesores y conductividades eléctricas.....	7
Tabla 2: Justificación de superficies .....	13

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tanque de almacenamiento.....	1
Figura 2: Desnatadora centrífuga.....	2
Figura 3: Evaporador .....	2
Figura 4: Homogeneizador .....	3
Figura 5: Mezclador.....	3
Figura 6: Envasadora .....	4
Figura 7: Sistema CIP .....	4
IFigura 8: Compresor.....	5
Figura 9: Intercambiador de calor de placas.....	5
Figura 10: Tanque pulmón .....	6
Figura 11: Tipo de ventilación .....	7
Figura 12: Bomba de impulsión.....	8
Figura 13: Caldera pirotubular .....	9

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo del caudal de aire .....	6
Ecuación 2: Cálculo del calor de transmisión .....	7
Ecuación 3: Cálculo de U .....	7

## 1. Introducción

En el siguiente Anejo se justifica la solución adoptada para las superficies de las naves. Las superficies vienen dadas por las necesidades del personal, la maquinaria y en especial por el almacenamiento de los productos terminados.

## 2. Maquinaria:

Las funciones de la maquinaria utilizada se detallan en la memoria del proyecto del REA. En este subapartado se detallan sus respectivas dimensiones:

### 2.1. Tanques de almacenamiento

Cinco tanques de almacenamiento con una capacidad de 8000 litros cada uno. Al día se necesitan teóricamente solo 24250 litros aproximadamente (capacidad de 4 de los tanques), por lo que el quinto tanque está a modo de reserva en caso de limpieza o arreglo de otro. Cada tanque tiene una dimensión de 4,4 metros de altura y un diámetro de 2,1 metros. Los tanques están en una sala dentro de la nave refrigerada a 4°C.



Figura 1: Tanque de almacenamiento

### 2.1.1. Desnatadora centrífuga

La desnatadora centrífuga tiene una capacidad de hasta 20000 l/h y sus dimensiones son de 1x2x1,3 m.



Figura 2: Desnatadora centrífuga

### 2.2. Evaporador de leche

El evaporador tiene una dimensión de 1,4 metros de diámetro y una altura de 3 metros. La capacidad de evaporación es de 500 kg/h, evaporándose en la instalación 470 kg/h aproximadamente.



Figura 3: Evaporador

### 2.3. Homogeneizadores

Hay dos homogeneizadores, uno en el proceso de pasteurización y otro antes del envasado del yogur líquido. Ambos homogeneizadores tienen una dimensión de 1,2x1,3x1,4 y una capacidad de hasta 10000 l/h.



Figura 4: Homogeneizador

### 2.4. Mezclador

El mezclador se emplea en el proceso del yogur firme. Es horizontal y tiene una dimensión de 3,14x0,675 metros.



Figura 5: Mezclador

## 2.5. Envasadoras:

Tienen una dimensión de 5x1,8x3 metros, pudiendo envasar hasta 15000 yogures/hora en el caso del yogur firme y hasta 5000 botellas/h en caso del yogur líquido. Llevan incorporadas las cintas transportadoras correspondientes.



Figura 6: Envasadora

## 2.6. Sistema de limpieza CIP

La instalación lleva consigo un sistema de limpieza CIP (Cleaning In Place). Dicho sistema permite una limpieza de la maquinaria más eficiente. La maquinaria del sistema CIP está situada en una sala aparte del proceso. Las dimensiones del sistema son de 2,46x2,5 y tiene una capacidad de hasta 20000 l/h.



Figura 7: Sistema CIP

## 2.7. Compresores

Los compresores del equipo de refrigeración se encuentran aislados en una sala aparte del proceso, junto a la sala donde está el equipo CIP. Dicha sala tiene una dimensión de 4x4 metros.



Figura 8: Compresor

## 2.8. Intercambiadores de calor de placas

Hay un total de cuatro intercambiadores de calor de placas. Uno se encuentra en la pasteurización, dos en el procesado del yogur firme y el cuarto en el procesado del yogur líquido. Las dimensiones de cada uno de ellos son de 0,85x1,45x1,5 y tienen una capacidad de 25000 l/h. El intercambiador de calor de la pasteurización incluye un tubo de mantenimiento en espiral con unas dimensiones de un diámetro de 0,7 metros y una altura de 2 metros.

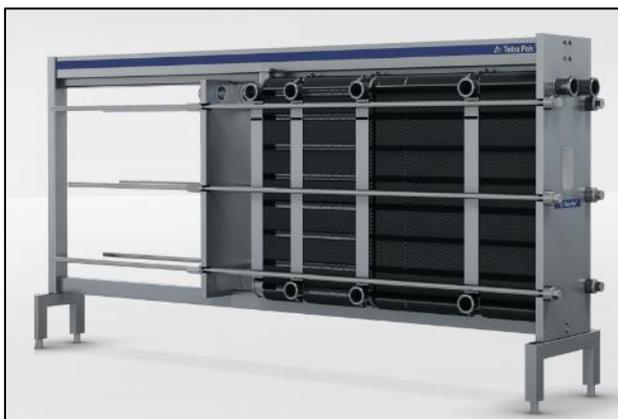


Figura 9: Intercambiador de calor de placas

## 2.9. Tanques pulmón

Los tanques pulmones tienen la función de controlar el caudal circulante de leche manteniéndolo constante. Cada tanque tiene: unas dimensiones de 0,8 metros de diámetro y una altura de 1 metro, y una capacidad de 450 litros. Hay un total de cuatro tanques pulmones: uno antes y otro después de la desnatadora centrífuga, y los otros dos antes del envasado (en el caso del yogur líquido antes de envasarse se enfría en un intercambiador y homogeniza). El tanque pulmón situado entre los procesos de pasteurización e incubación tiene un agitador incorporado para batir el yogur, y en éste se añaden el colorante E-120, el azúcar y el aroma de fresa.



Figura 10: Tanque pulmón

## 2.10. Ventiladores

Para el cálculo de ventiladores hay que conocer el Q de aire necesario para ventilar la nave. Dicho caudal será el mayor de entre los caudales calculados teniendo en cuenta el calor sensible y el calor latente que se dan en la nave, aunque el calor latente se considera despreciable puesto que el calor emitido por los operarios es mucho menor que el calor calculado para los cerramientos, y para el cálculo únicamente se tiene en cuenta el caudal de aire más restrictivo.

Hay un total de cinco ventiladores calculados en función de las necesidades de la nave. El caudal del aire circulante se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{vent} \text{ (Kcal/h)} = G_{aire} \text{ (Kg aire/h)} \cdot 0,24 \text{ (Kcal/Kg} \cdot \text{°C)} \cdot (T_{ext} - T_{int}) \text{ (°C)}$$

Ecuación 1: Cálculo del caudal de aire

Donde el calor de la ventilación es igual al calor dado por los cerramientos, tanto para el mes más frío como para el mes más caliente, siendo las temperaturas de 5 y 25 grados centígrados respectivamente. La temperatura interior es de 23°C. El calor emitido por los cerramientos viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{sens}^{transm} = U \cdot S \cdot (T_{ext} - T_{int})$$

Ecuación 2: Cálculo del calor de transmisión

Donde:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \left( \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \dots \right) + \frac{1}{h_i}$$

Ecuación 3: Cálculo de U

Los espesores de las paredes y los valores de k (conductividad eléctrica) vienen en la siguiente tabla:

Tabla 1: Espesores y conductividades eléctricas

Material	e(m)	k (W/m k)	k*A	e/(kA)
Ladrillo	0,15	0,69	1645,65	9,1149E-05
Cemento	0,03	0,76	1812,6	1,6551E-05
Aislante	0,085	0,023	54,855	0,00154954

Finalmente se obtiene un caudal de aire de 57407,39 m<sup>3</sup>/h, tanto para invierno como para verano. Con un caudal de 12300 m<sup>3</sup>/h que tiene un ventilador, se obtienen 4,66 ventiladores. Se eligen por tanto 5 ventiladores con ese caudal, dando como caudal final de 61500 m<sup>3</sup>.

Para la ventilación se usa una de tipo túnel, tal y como se muestra en la siguiente figura:

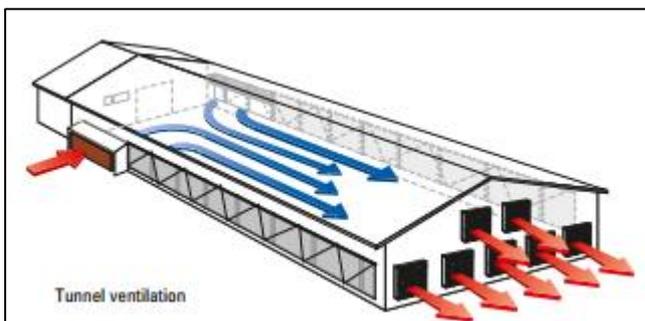


Figura 11: Tipo de ventilación

Cada ventilador tiene una dimensión de 1,38 metros de diámetro y un ancho de 0,522 metros y están situados en la cara norte de la nave.

### **2.11. Bombas de impulsión**

Hay un total de 5 bombas de impulsión, cada una de ellas tiene una dimensión de 0,138x0,29 metros, y una potencia de 1,5 kW.



Figura 12: Bomba de impulsión

### **2.12. Otros tanques**

Además de los tanques de almacenamiento hay otros tanques: tanques de regulación, tanques de fermentos, tanque de aroma, tanques de incubación y tanques de almacenamiento de nata.

Los tanques de regulación (dos de ellos), se encuentran en el proceso del yogur firme.

Cada uno de los procesos (el del yogur líquido y el del firme). tiene un tanque de fermentos en el diseño.

El tanque de aromas se encuentra en el proceso del yogur firme, ya que la adición de los aromas en el yogur líquido se da en el tanque pulmón con agitador.

Los tanques de incubación únicamente se encuentran en el proceso del yogur líquido y hay un total de cuatro, para asegurar el proceso continuo de yogur. El yogur firme se incuba una vez envasado y en otra sección de la nave, por lo que no se usan tanques de incubación en este caso.

Tras desnatar la leche, la nata se acumula en los tanques de almacenamiento de nata. Estos tanques están en la sala de los tanques de almacenamiento de la leche para optimizar la refrigeración ya que la nata debe estar fría para posteriormente ser expedida.

Todos estos tanques tienen una dimensión de 0,94 metros de diámetro y 2 metros de altura. Los tanques de incubación tienen incorporado un sistema de calefacción para asegurar el correcto crecimiento de las bacterias.

### 2.13. Caldera pirotubular

Tiene unas dimensiones de 3,8x1,8x2,2. Se encuentra en una sala aparte de 4x5 metros junto a la sala donde se encuentran los compresores del equipo de refrigeración. La función de la caldera es obtener vapor para poder transmitir calor a diferentes maquinarias como los intercambiadores de calor.



Figura 13: Caldera pirotubular

### 2.14. Otros equipos

Además de los equipos descritos anteriormente, también destacan las cintas transportadoras y el túnel de refrigeración de la incubación del yogur firme, el cual está en forma de zigzag para poder caber en su correspondiente sala. Las cintas transportadoras se encuentran en el túnel de refrigeración y en las dos envasadoras.

## 3. Dimensiones de las zonas y salas de la nave:

Cada zona de la nave viene determinada por una superficie que se calcula en base al tamaño de la maquinaria descrita anteriormente y las necesidades del personal, de producción y de almacenamiento. La altura de la nave es de 8 metros, ya que aunque la altura máxima de la maquinaria es de 4,4 metros (los tanques de almacenamiento), se prevé en un futuro poder ampliar a otros procesos que requieran más altura.

### 3.1. Sala de tanques de almacenamiento

Sabiendo las dimensiones de cada tanque de almacenamiento de leche y dando una distancia mínima de 1,7 metros entre tanques por motivos de seguridad y mantenimiento, se estima una sala con una dimensión de 11,4x13,4 metros.

### 3.2. Salas CIP, de compresores y de calderas

Aplicando un criterio como el anterior y sabiendo las dimensiones de las máquinas, se estima que la sala CIP mide 5x5 metros, la sala de los compresores 4x4 metros y la sala de calderas 5x4 metros.

### **3.3. Almacén de materias primas**

Las materias primas a utilizar en el proceso de elaboración de los yogures, además de la leche, son: los fermentos lácteos, el azúcar, el colorante E-120 y el aroma de fresa. El tamaño se ha calculado para lo necesario en un mes de producción. Así pues, se necesitan mensualmente 70557,21 kg de azúcar, 3713,54 kg de colorante, 3713,54 kg de aroma de fresa y 74,27 kg de fermentos lácteos. Estos datos tienen su base en lo descrito en el *Anejo III: Cálculo de las necesidades de materias primas*.

Cada una de estas materias primas vienen en cajas, cuyas dimensiones las fija el proveedor: 1x1x1 metros para el azúcar, el colorante y el aroma, y 0,5x0,5x0,5 metros para los fermentos. El proveedor lleva a la industria cada dos semanas las materias primas (el peso es la mitad de las necesidades mensuales aproximadamente). Todas estas materias primas vienen en bolsas dentro de las cajas, y las cajas se acumulan en la zona correspondiente a cada materia prima dentro del almacén, agrupando en lotes de 4 cajas (2x2 cajas) en el caso del azúcar, el colorante y el aroma de fresa, y de 8 (4x2 cajas) en el caso de los fermentos. Entre lotes de materia prima hay una distancia de medio metro y entre los lotes y las paredes 0,15 metros. Esto hace una longitud mínima de:  $3 \times 2 \times 1 + 4 \times 0,5 + 0,5 \times 3 + 0,15 \times 2 = 9,8$  metros. El ancho mínimo se calcula de manera análoga salvo que la distancia mínima a las paredes se considera de 0,15 metros desde el lote a ambas paredes (los lotes se agrupan en una sola fila):  $1 \times 2 \times 1 + 2 \times 0,5 + 0,15 \times 2 = 3,3$  metros.

Como mínimo, el almacén debe medir 3,3x9,8 metros. Al considerar una posible ampliación de la industria y para evitar una acumulación excesiva en caso de algún problema, se estima una dimensión de 17,5x6 metros.

### **3.4. Dimensión de la sala de incubación del yogur firme**

En esta tiene lugar la incubación del yogur firme tras ser envasado, tal y como se indica en la memoria en el apartado del proceso productivo. Las dimensiones de esta sala vienen dadas por la producción diaria de yogur.

Los yogures, tras ser envasados, son distribuidos en cajas y transportados en bandejas. Estas bandejas tienen una dimensión de 0,6x0,9 metros cada uno, y en cada bandeja se agrupan cuatro cajas con yogures, cabiendo un total de 36 yogures por caja (las cajas son de 0,42x0,42 metros). Estas bandejas son agrupadas en una estantería porta bandejas de 20 pisos (usándose 19 de estos) que se transporta hasta la sala de incubación. En la sala de incubación los yogures permanecen 4 horas. Aproximadamente cada 15 minutos entra un nuevo porta bandejas y por tanto sabiendo que la incubación son 4 horas se tiene que se acumulan como máximo teóricamente:  $4/0,25 = 16$  porta bandejas.

Sabiendo las dimensiones de los porta bandejas (1x1,2metros), que se agrupan en cuatro con una separación de 0,5 metros entre ellos y 1 metro entre cada agrupación, y que la separación a las paredes es de 0,2 metros, se obtiene una anchura mínima de:  $0,2 \times 2 + 1 \times (16/4) + 1 \times 3 = 7,4$  metros, y una longitud mínima de:  $0,2 \times 2 + 1,2 \times 4 + 0,5 \times 3 = 6,7$  metros. Por lo tanto, la dimensión mínima es de 7,4x6,7 metros.

Para prevenir falta de espacio por problemas de funcionamiento se estima una dimensión de 24x7 metros.

### 3.5. Túnel de refrigeración

El yogur firme, tras las cuatro horas de incubación, se transporta al túnel de refrigeración donde permanece 1 hora hasta enfriarse a 20°C. Cada caja de yogures se transporta al túnel y la longitud del túnel viene dada por las cajas que pueden caber en una hora. El número de cajas se sabe dividiendo el número de yogures que caben en el porta bandejas entre los yogures que caben por caja:  $2592/36 = 72$  cajas Así, sabiendo que cada hora pasan por el túnel 72 cajas de 0,42x0,42 metros, y que la separación entre caja y caja es de 1,75 metros, se tiene una longitud mínima de:  $72 \times 0,42 + 1,75 \times 73 = 157,99$  metros. El ancho del túnel es de 0,62 m (42 cm de caja y 5 cm de la caja hasta cada borde).

La longitud del túnel se estima por tanto en 158 metros para las necesidades expuestas. La cinta irá a una velocidad de  $158 \text{ metros} / 3600 \text{ segundos} = 0,0438 \text{ m/s}$ .

Se pretende instalar un túnel de refrigeración de 158m en una sala de tan solo 24x7m, por lo que éste se dispondrá en zigzag por motivo de aprovechamiento de espacio. El túnel está separado a 1,5 metros de las paredes. El número de tramos del zigzag viene dado por la división entre la longitud necesaria entre la longitud de la sala (24 metros menos 3 metros por la separación a las paredes), obteniendo:  $158 \text{ metros} / 21 \text{ metros} = 7,52$  tramos de 21 metros cada uno.

### 3.6. Almacén del yogur firme

Las cajas tras el enfriamiento en el túnel son transportadas al almacén y agrupadas en lotes de 3x4 cajas, con una altura de 22 pisos de cajas. Es decir, lotes de  $3 \times 4 \times 22 = 264$  cajas de 36 yogures cada una, esto son  $36 \times 264 = 9504$  yogures por lote. Diariamente se propone una producción de 82944 yogures, por lo que el número de lotes es de  $82944 / 9504 = 8,73$  lotes. Habrá un total de 9 lotes, pero uno de ellos tendrá menos pisos de cajas.

Se supone una distancia de separación de 0,65 metros, tanto entre lote como entre lote y pared (para los lotes cercanos a ella) y la distribución de los lotes es de 3x3. Por lo que el ancho mínimo necesario es de  $3 \times 3 \times 0,42 + 0,65 \times 4 = 6,38$  metros. La longitud sería:  $4 \times 3 \times 0,42 + 0,65 \times 4 = 7,64$  metros.

No obstante, el yogur permanece en el almacén un día más antes de ser distribuido, por lo que se duplicaría la longitud anterior. Siendo el ancho mínimo de 6,38 metros y la longitud mínima de 15,28 metros.

Debido a que las dimensiones planteadas para el almacén del yogur líquido (en el apartado siguiente) son de 12x32 metros, el almacén del yogur firme se ajusta de tal forma que tenga la misma superficie, ya que se espera un aumento de producción en el futuro. Por lo que las dimensiones estimadas para el almacén de yogur firme son de 12x32 metros.

### **3.7. Almacén de yogur líquido**

El cálculo de las dimensiones para este almacén se realiza de manera análoga al anterior. Se plantea una producción de 11197 botellas al día. Estas botellas son transportadas directamente desde la envasadora del yogur líquido al almacén, en cajas de 1,4x1,4 metros con 50 botellas cada una. Se agrupan las cajas en lotes de 1x3 cajas, con 10 pisos de cajas planteados. De esta forma se tienen un total de  $50 \times 1 \times 3 \times 10 = 1500$  botellas/lote. El total de lotes es de  $11197/1500 = 7,46$  lotes. Por tanto, hay un total de 8 lotes con una distribución de 4x2, donde uno de ellos tiene menos pisos de cajas.

Aplicando la misma distancia entre lotes y paredes que en el anterior apartado se tiene un ancho mínimo de:  $1,4 \times 1 \times 4 + 0,65 \times 5 = 8,85$  metros. La longitud mínima es de:  $1,4 \times 3 \times 2 + 0,65 \times 3 = 10,35$  metros.

Igual que en el anterior apartado, las botellas permanecen un día más en el almacén para el control del producto, por lo que se tiene que el ancho mínimo es de 8,85 metros y la longitud mínima de 20,7 metros.

Se opta por unas dimensiones de 12x32 metros, para mayor seguridad en caso de problemas con la distribución, como que se tenga que atrasar un día, entre otros posibles casos.

### **3.8. Otras dimensiones: oficinas, aseos y otras dependencias necesarias para el personal**

Para el resto de la nave, como pueden ser las oficinas, las dimensiones se dan por las necesidades del personal. Se estima que se necesitan un total de 44 trabajadores para el correcto funcionamiento de la instalación, desde operarios hasta el propio gerente.

En el caso de los aseos, se necesita como mínimo 1 retrete por cada 25 trabajadores y 1 por cada 15 trabajadoras, por lo que las dimensiones de estos vienen determinados por esta restricción, y pensando en una futura ampliación de la plantilla. Igualmente, los retretes se ubicarán en cabinas de dimensiones mínimas 1,2x1,0 m con altura de 2,30 m.

En el caso del comedor y cocina, la superficie destinada a la zona será como mínimo de 2 m<sup>2</sup> por cada trabajador que utilice la instalación.

La nave tiene una serie de zonas que no tienen un uso definido, son las zonas libres. En dichas zonas se pueden plantear usos como diferentes ampliaciones, instalación de maquinaria nueva, etc.

Con todo esto, la nave tiene una superficie de 65x58 metros.

La dimensión de los aparcamientos se basa en la Ordenanza Reguladora de las Condiciones Funcionales de Aparcamientos de Valencia, donde se aplica que para turismos cada plaza tiene una medida de 4,5x2,4 metros, los minusválidos 4,5x3,3 metros, y las plazas de los camiones se fija en 3,5x12 metros.

En la siguiente tabla se resumen las dimensiones de la instalación:

Tabla 2: Justificación de superficies

<b>DEPENDENCIA</b>	<b>SUPERFICIE (m<sup>2</sup>)</b>
Nave	3770
Zona de proceso (incluye zonas libres y envasado del yogur líquido)	1764
Recepción de la fábrica	34,7
Lavabo hombres	16,71
Vestuario hombres	41,78
Lavabo mujeres	16,71
Vestuario mujeres	41,78
Laboratorio	39
Cámara de incubación yogur firme	168
Túnel de refrigeración	168
Almacén yogur firme	384
Almacén yogur líquido	384
Despacho de control almacén	25
Sala de control de recepción de leche	25
Sala de calderas	40
C.I.P.	40
Sala de cuadros generales	16
Almacén de materias primas	105
Oficinas	331,875
Recepción y Secretaría	30
Administración	25,62
Gerencia	20
Lavabo hombres (incluye inválidos)	14
Lavabo mujeres	9,8
Sala de reuniones	25
Marketing	20
Relaciones humanas	25
Limpieza	10,88
Técnicos	25
Comedor	25
Seguridad	15
Pasillos	86,25
Tanques de almacenamiento	152,55
Zonas de aparcamiento	1249,55

Plazas para turismos	907,46
Plazas para minusválidos	90,09
Plazas para camiones	252

# ANEJO III: MATERIAS PRIMAS

---

## **ÍNDICE GENERAL**

1. Introducción .....	3
2. Cantidad de materias primas .....	3

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Cantidad de materias primas necesaria .....	3
Tabla 2: Cantidad de materias primas que entran en el proceso .....	4

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Evaporación de la leche tras la centrifugación.....	3
---	---

## 1. Introducción

Las materias primas usadas para la elaboración del yogur son: leche fresca, azúcar, aroma de fresa, colorante E-120 y los fermentos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*.

## 2. Cantidad de materias primas

La cantidad de materias primas necesarias se estima en función de los objetivos de producción de la empresa. Dichos objetivos son producir, en una jornada de trabajo de 8 horas, unos 82944 yogures firmes con un peso de 0,135 kg cada uno y 11197 botellas de yogur líquido con un peso 1 kg cada una.

La empresa está en activo durante 6 días a la semana, por lo que serán necesarias 3493,60 toneladas de yogur firme para un año, y 3493,46 toneladas de yogur líquido.

Las cantidades de materias primas necesarias son las siguientes:

Tabla 1: Cantidad de materias primas necesaria

MATERIA PRIMA	CANTIDAD (tn/año)	RELACIÓN (%)
Leche fresca	7397,69	89,49
Azúcar	785,32	9,5
Aroma fresa	41,33	0,5
Colorante E-120	41,33	0,5
Fermentos	0,83	0,01
TOTAL	8266,50	100

No obstante, la cantidad de leche para el procesado de los yogures cambia ya que pasa por una centrifugadora y posteriormente se evapora un 15% de la leche para aumentar el contenido en materia seca 2 puntos porcentuales antes de entrar en línea.

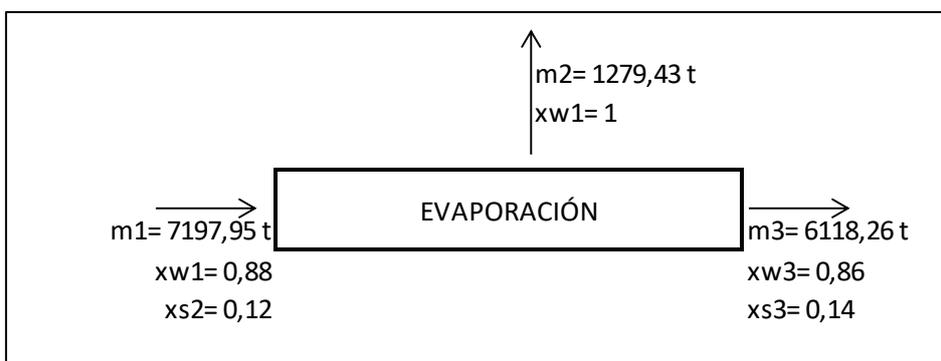


Figura 1: Evaporación de la leche tras la centrifugación

Por lo tanto, la cantidad de materias primas que se da en el proceso es la siguiente:

Tabla 2: Cantidad de materias primas que entran en el proceso

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>CANTIDAD (tn/año)</b>	<b>RELACIÓN (%)</b>
Leche yogur	6118,26	87,57
Azúcar	785,32	11,24
Aroma fresa	41,33	0,59
Colorante E-120	41,33	0,59
Fermentos	0,83	0,01
TOTAL	6987,07	100

El caudal de leche circulante desde los silos de almacenamiento es de 2871,92 l/h.

# ANEJO IV: INSTALACIÓN DE FRÍO

---

## ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	NIVELES DE REFRIGERACIÓN .....	1
3.	CARGAS TÉRMICAS.....	2
3.1.	Carga térmica: Almacén del yogur firme (2°C).....	2
3.2.	Almacén del yogur líquido (2°C):.....	7
3.3.	Túnel de refrigeración (17°C): .....	8
3.4.	Sala de los tanques de almacenamiento (4°C):.....	9
3.5.	Sala del envasado del yogur líquido (8°C): .....	10
3.6.	Resumen de cargas térmicas.....	11
4.	Circuito de refrigeración .....	12
4.1.	Descripción.....	12
4.2.	Resultados y datos del circuito.....	13
5.	Dimensiones de los evaporadores .....	17
6.	Área del condensador .....	18

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Valores de k, e y h para el almacén de almacén del yogur firme.....	3
Tabla 2:	Datos referidos a las pérdidas por energía interna del producto para el almacén del yogur firme.....	3
Tabla 3:	Resumen de datos para el cálculo de $Q_4$ para el almacén del yogur firme.....	5
Tabla 4:	Resumen de cargas térmicas para el almacén del yogur firme.....	6
Tabla 5:	Valores de k, e y h para el almacén de almacén del yogur líquido .....	7
Tabla 6:	Datos referidos a las pérdidas por energía interna del producto para el almacén del yogur líquido .....	7
Tabla 7:	Resumen de datos para el cálculo de $Q_4$ para el almacén del yogur líquido .....	7
Tabla 8:	Resumen de cargas térmicas para el almacén del yogur líquido .....	8
Tabla 9:	Valores de k, e y h para el túnel de refrigeración.....	8
Tabla 10:	Datos referidos a las pérdidas por energía interna del producto para el túnel de refrigeración.....	8
Tabla 11:	Resumen de datos para el cálculo de $Q_4$ para el túnel de refrigeración.....	9
Tabla 12:	Resumen de cargas térmicas para el túnel de refrigeración.....	9
Tabla 13:	Valores de k, e y h para la sala de los tanques de almacenamiento .....	9
Tabla 14:	Resumen de datos para el cálculo de $Q_4$ para la sala de los tanques de almacenamiento .....	10
Tabla 15:	Resumen de cargas térmicas para la sala de los tanques de almacenamiento .....	10
Tabla 16:	Valores de k, e y h para la sala de envasado del yogur líquido .....	10

Tabla 17: Resumen de datos para el cálculo de $Q_4$ para la sala de envasado del yogur líquido	11
Tabla 18: Resumen de cargas térmicas para la sala del envasado del yogur líquido	11
Tabla 19: Resumen de cargas totales	11
Tabla 20: Presiones, temperaturas y entalpías del circuito	14
Tabla 21: Horas de funcionamiento de los evaporadores	15
Tabla 22: Resumen de caudales del circuito	16
Tabla 23: Resumen de trabajos de los compresores	16
Tabla 24: Relaciones de compresión	17
Tabla 25: Área de los evaporadores	18
Tabla 26: Resumen de datos para el cálculo del área del condensador	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del circuito de frío	12
Figura 2: Diagrama Presión-Entalpía del circuito	13

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo de las pérdidas por transmisión	2
Ecuación 2: Pérdidas por energía interna del producto	3
Ecuación 3: Carga térmica por renovación del aire	4
Ecuación 4: Cálculo de entalpía	4
Ecuación 5: Cálculo de la fracción másica de agua	4
Ecuación 6: Cálculo de la densidad interna del aire	4
Ecuación 7: Cálculo de $Q_5$	5
Ecuación 8: Cálculo de $Q_6$	5
Ecuación 9: Cálculo de calor por necesidades de iluminación	6
Ecuación 10: Cálculo del área de un evaporador	17
Ecuación 11: Cálculo del incremento medio de temperatura logarítmica	17
Ecuación 12: Cálculo del caudal de agua para el condensador	18

## 1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente Anejo se va a desarrollar la solución adoptada en la instalación del circuito de refrigeración. Los productos a refrigerar son la leche almacenada y los yogures, líquido y firme. Además, se va a calcular la refrigeración dada en el túnel de enfriamiento tras la incubación del yogur firme, y en la sala de envasado del yogur líquido. La leche debe estar refrigerada para poder conservar en buen estado las propiedades de la misma, y el yogur debe estar frío para evitar el crecimiento de los fermentos. Por este motivo, también se envasa en frío en el caso del yogur líquido, ya que el producto ya ha sido incubado. Por otro lado, el yogur firme se incubaba en una cámara aparte tras el envasado, y posteriormente pasa por el túnel de refrigeración para detener el crecimiento de los fermentos antes de entrar en el almacén.

Para el cálculo de la instalación hay que calcular las diferentes cargas térmicas, para de esta forma poder saber los caudales necesarios del líquido refrigerante circulante por el circuito de frío. Estos caudales se calculan mediante balances, haciendo necesario saber el valor de las entalpías, los cuales se obtienen mediante el programa informático *CoolPack*. El líquido refrigerante usado en la instalación es el R-410A, líquido muy usado en las industrias debido a que da lugar a buenas eficiencias.

## 2. NIVELES DE REFRIGERACIÓN

Las temperaturas de refrigeración son: 2°C, 17°C, 4°C, y 8°C. 2°C para los almacenes de yogur líquido y yogur firme, 17°C para el túnel de refrigeración, 4°C para la sala de los tanques de almacenamiento, y 8°C para la sala del envasado del yogur líquido.

La temperatura del túnel de refrigeración se ha calculado sabiendo las dimensiones del mismo y la velocidad de la cinta, hallada en el Anejo II. Para el cálculo se ha considerado el yogur como un paralelepípedo de 6x7 cm, siendo éste una intersección de dos láminas infinitas. Mediante las fórmulas correspondientes y sabiendo que la temperatura del interior al inicio es de 45°C y que se quiere llegar a una temperatura en el centro del yogur de 20°C en una hora, se obtiene un resultado de 17°C para la temperatura exterior.

Sabiendo estas temperaturas, los niveles de refrigeración para los evaporadores estarán 10 grados por debajo, siendo de -8°C, 7°C, 6 °C y -2°C.

### 3. CARGAS TÉRMICAS

Se han calculado las cargas térmicas para cada sala que necesita una instalación de frío, siendo cada carga térmica la suma de un total de 10:

- Q<sub>1</sub>: pérdidas por transmisión (paredes).
- Q<sub>2.1</sub>: energía interna del producto.
- Q<sub>2.2</sub>: Enfriamiento de los envases.
- Q<sub>3.1</sub>: Disipación de calor generado en procesos fisiológicos.
- Q<sub>3.2</sub>: Disipación del calor procedente de procesos de congelación.
- Q<sub>4</sub>: Necesidades por renovación del aire.
- Q<sub>5</sub>: Calor desprendido por los ventiladores.
- Q<sub>6</sub>: Calor desprendido por las personas.
- Q<sub>7</sub>: Necesidades por iluminación.
- Q<sub>8</sub>: Necesidades por servicio.

En el presente caso, en ninguna sala se da disipación de calor generado en procesos fisiológicos ni disipación del calor procedente de congelación (al no haber congelación). Por lo que Q<sub>3.1</sub> y Q<sub>3.2</sub> no se aplican.

A continuación se calculan las cargas térmicas para cada una de las salas.

#### 3.1. Carga térmica: Almacén del yogur firme (2°C)

-Pérdidas por transmisión (Q<sub>1</sub>):

Para el cálculo de esta carga se tiene en cuenta la diferencia de temperaturas entre el interior de la sala y el exterior de ella, en el mes más caliente si el exterior de la sala es el exterior de la nave. En este caso, la T media del exterior en el más caliente (agosto) es de 32°C, dato obtenido en la base de datos de Aemet para Requena. Además, hay que saber los espesores de las paredes que dan el exterior y el área de la transmisión, al igual que los coeficientes k y h.

Así pues, se tiene que:

$$Q = - \frac{(T_e - T_i)}{\sum_i \frac{e_i}{k_f \cdot A_i} + \sum_j \frac{1}{h_j \cdot A_j}}$$

Ecuación 1: Cálculo de las pérdidas por transmisión

Donde los diferentes valores se recogen en la siguiente tabla (el área de intercambio es de 1112 m<sup>2</sup>):

Tabla 1: Valores de k, e y h para el almacén de almacén del yogur firme

Material	e(m)	K(W/m k)	k*A	e/(KA)	h (W/m k)	1/hA
Ladrillo	0,69	0,69	767,28	0,00089928	500	1,79856E-06
Cemento	0,76	0,76	845,12	0,00089928	3	0,00029976
Aislante	0,043	0,023	25,576	0,00168126		

Así pues se obtiene, una carga térmica Q<sub>1</sub> de 7933,60 W (kJ/s), y pasando a kcal/día se obtiene un valor de 163986,46 kcal/día.

-Energía interna del producto (Q<sub>2,1</sub>):

La carga térmica dada por la energía interna del producto se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{21} = M \times C_p \times (T_e - T_c) \text{ (kcal/día)}$$

Ecuación 2: Pérdidas por energía interna del producto

Donde:

M: masa de producto a enfriar (kg)

C<sub>p</sub>: calor específico del producto (kcal/kg K)

T<sub>e</sub>: Temperatura de entrada del producto (°C)

T<sub>c</sub>: Temperatura de conservación del producto (°C)

Estos valores se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2: Datos referidos a las pérdidas por energía interna del producto para el almacén del yogur firme

Datos	
Masa almacenamiento diario (kg)	11197,44
C <sub>p</sub> refrigeracion (kcal/kg °C)	0,93
T <sup>a</sup> entrada producto (°C)	20
T <sup>a</sup> conservación producto (°C)	2

Se obtiene entonces que Q<sub>2,1</sub>= 187445,15 kcal/día.

-Enfriamiento de los envases (Q<sub>2,2</sub>):

Las pérdidas dadas por el enfriamiento de los envases se estima en un 15% a las dadas por la energía del producto, siendo Q<sub>2,2</sub>= 28116,77 kcal/día.

-Necesidades por renovación del aire ( $Q_4$ ):

Esta carga térmica se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Q_4 = M_{as} \times \Delta h \times N_1 \text{ (kcal/día)}$$

Ecuación 3: Carga térmica por renovación del aire

Donde:

$M_{as}$  = Masa de aire seco (kg)

$\Delta h$  = Diferencia de entalpías entre el aire del exterior y del interior

$N_1$  = Número de renovaciones de aire diarios

La masa de aire seco se calcula en función de la masa de aire húmedo, siendo esta última el producto de la densidad interna del aire por el volumen del almacén (3840 m<sup>3</sup>).

Las entalpías se han estimado mediante la siguiente ecuación:

$$h = [(0,24 + 0,46 \cdot X) \cdot T] + [595 \cdot X]$$

Ecuación 4: Cálculo de entalpía

Donde X es la fracción másica de agua por gas (kg agua/kg gas), T es la temperatura del ambiente. X viene dado por la humedad relativa, se calcula con la siguiente ecuación:

$$X = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot p_s}{(P - \varphi \cdot p_s)}$$

Ecuación 5: Cálculo de la fracción másica de agua

Donde  $p_s$  es la presión de saturación en torr,  $\varphi$  la humedad relativa, y P la presión atmosférica (760 torr).

La densidad interna del aire se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\rho_{aire} = \frac{PM_{aire} \cdot P_{atm}}{R \cdot T} - \frac{\varphi \cdot p_s}{R \cdot T} \cdot (PM_{aire} - PM_{agua})$$

Ecuación 6: Cálculo de la densidad interna del aire

Donde T se expresa en grados Kelvin (K).

Todos estos datos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3: Resumen de datos para el cálculo de  $Q_4$  para el almacén del yogur firme

Nº renovaciones	3,00	ren/día
V	3840,00	m <sup>3</sup>
hi	2,56	kcal/kgas
he	7,57	kcal/kgas
$\Delta h$	5,02	kcal/kgas
HRint	80,00	%
HRext	40,00	%
ps a 2°C	5,29	torr
ps a 32°C	35,68	torr
$X_i$	0,0035	
$X_e$	0,0119	kgw/kgas
Densidad aire	1,28	kg/m <sup>3</sup>
Maire humedo	4907,84	kg aire
Masa aire sec	4890,81	kg as
$Q_4$	73629,18	kcal/día

Con todo esto, se obtiene una carga térmica  $Q_4$  de 73629,18 kcal/día.

-Calor desprendido por los ventiladores ( $Q_5$ ):

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_5 = 861 \times P_E \times t \text{ (kcal/día)}$$

Ecuación 7: Cálculo de  $Q_5$

Donde  $P_E$  es la potencia de los ventiladores unitaria (kW) y  $t$  el tiempo de funcionamiento de los mismos.

Se obtiene que  $Q_5 = 64575$  kcal/día.

-Calor desprendido por las personas ( $Q_6$ ):

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_6 = N \times q_p \times t_p \text{ (kcal/día)}$$

Ecuación 8: Cálculo de  $Q_6$

Donde  $N$  es el número de personas,  $q_p$  el calor emitido por las personas (228 kJ/h) y  $t_p$  el tiempo de permanencia.

$Q_6 = 6009,57$  kcal/día

-Calor por necesidades de iluminación (Q<sub>7</sub>):

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_7 = 861 \times P \times t \text{ (kcal/día)}$$

Ecuación 9: Cálculo de calor por necesidades de iluminación

Donde P es la potencia unitaria de cada luminaria y t el tiempo de funcionamiento. La potencia de las luminarias está calculada en el Anejo V.

Con un tiempo de funcionamiento de 8 horas se obtiene que Q<sub>7</sub>= 12384,62 kcal/día.

-Calor por necesidades de servicio (Q<sub>8</sub>):

Se calcula como un 15% de la suma de Q<sub>1</sub>, Q<sub>2,1</sub> y Q<sub>3,1</sub>.

Q<sub>8</sub>= 56932,26 kcal/día.

Todos los valores de las cargas térmicas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4: Resumen de cargas térmicas para el almacén del yogur firme

REFRIGERACIÓN ALMACÉN YOGUR FIRME		
Q1	163986,46	kcal/día
Q2	215561,92	kcal/día
Q4	73629,18	kcal/día
Q5	64575,00	kcal/día
Q6	6009,57	kcal/día
Q7	12384,62	kcal/día
Q8	56932,26	kcal/día
Qo	593079,01	kcal/día

### 3.2. Almacén del yogur líquido (2°C):

Aplicando las mismas ecuaciones que en el caso anterior se calcula la carga térmica del almacén. Los valores para poder calcular las distintas cargas térmicas se encuentran en las siguientes tablas:

Tabla 5: Valores de k, e y h para el almacén de almacén del yogur líquido

Material	e(m)	K(W/m k)	k*A	e/(KA)	h (W/m k)	1/hA
Ladrillo	0,69	0,69	767,28	0,00089928	500	1,79856E-06
Cemento	0,76	0,76	845,12	0,00089928	3	0,00029976
Aislante	0,043	0,023	25,576	0,00168126		

El área de intercambio es de 792 m<sup>2</sup> y la temperatura del exterior 32°C.

Tabla 6: Datos referidos a las pérdidas por energía interna del producto para el almacén del yogur líquido

Datos	
Masa almacenamiento diario (kg)	11197,00
Cp refrigeracion (kcal/kg °C)	0,93
Tª entrada producto (°C)	20,00
Tª conservación producto (°C)	2,00

Tabla 7: Resumen de datos para el cálculo de Q<sub>4</sub> para el almacén del yogur líquido

	3,00	ren/dia
V	3840,00	m <sup>3</sup>
hi	2,56	kcal/kgas
he	7,57	kcal/kgas
Δh	5,02	kcal/kgas
HRint	80,00	%
HRext	40,00	%
ps a 2°C	5,29	torr
ps a 32°C	35,68	torr
Xi	0,0035	kgw/kgas
Xe	0,0119	kgw/kgas
Densidad aire	1,28	kg/m <sup>3</sup>
Maire humedo	4907,84	kg aire
Masa aire sec	4890,81	kg as
Q4	73629,18	kcal/dia

Finalmente, se obtienen las siguientes cargas térmicas:

Tabla 8: Resumen de cargas térmicas para el almacén del yogur líquido

REFRIGERACIÓN ALMACÉN YOGUR LÍQUIDO		
Q1	4866,50	kcal/día
Q2	215553,45	kcal/día
Q4	73629,18	kcal/día
Q5	64575,00	kcal/día
Q6	6009,57	kcal/día
Q7	12384,62	kcal/día
Q8	33062,99	kcal/día
Qo	410081,32	kcal/día

### 3.3. Túnel de refrigeración (17°C):

Tabla 9: Valores de k, e y h para el túnel de refrigeración

Material	e(m)	K(W/m k)	k*A	e/(KA)	h	1/hA
Ladrillo	0,1	0,69	165,6	0,00060386	500	8,33333E-06
Aislante	0,085	0,043	10,32	0,00823643	5	0,000833333

El área de intercambio es de 240 m<sup>2</sup> y la temperatura exterior es la que se da en la cámara de incubación del yogur firme, de 45°C.

Tabla 10: Datos referidos a las pérdidas por energía interna del producto para el túnel de refrigeración

Datos	
Masa almacenamiento (kg)	1399,63
Cp refrigeracion (kcal/kg °C)	0,93
Tª entrada producto (°C)	45
Tª conservación producto (°C)	20

La masa de almacenamiento es la que se da en una hora, puesto que es lo máximo que podrá almacenarse.

Tabla 11: Resumen de datos para el cálculo de Q<sub>4</sub> para el túnel de refrigeración

	2,00	ren/día
V	1680,00	m <sup>3</sup>
h <sub>i</sub>	9,90	kcal/kgas
h <sub>e</sub>	11,26	kcal/kgas
Δh	1,35	kcal/kgas
HR <sub>int</sub>	80,00	%
HR <sub>ext</sub>	40,00	%
ps a 17°C	14,53	torr
ps a 32°C	35,68	torr
X <sub>i</sub>	0,0097	kgw/kgas
X <sub>e</sub>	0,0119	kgw/kgas
Densidad aire	1,21	kg/m <sup>3</sup>
Maire humedo	2028,64	kg aire
Masa aire sec	2009,22	kg as
Q <sub>4</sub>	5432,94	kcal/día

Tabla 12: Resumen de cargas térmicas para el túnel de refrigeración

REFRIGERACIÓN DEL TÚNEL		
Q1	59776,70	kcal/día
Q2	37422,47	kcal/día
Q4	5432,94	kcal/día
Q5	10332,00	kcal/día
Q6	1201,91	kcal/día
Q7	3995,04	kcal/día
Q8	14579,88	kcal/día
Q <sub>o</sub>	132740,95	kcal/día

### 3.4. Sala de los tanques de almacenamiento (4°C):

Tabla 13: Valores de k, e y h para la sala de los tanques de almacenamiento

Material	e(m)	K(W/m k)	k*A	e/(KA)	h	1/hA
Ladrillo	0,15	0,69	276,5244	0,00054245	500	4,99052E-06
Cemento	0,03	0,76	304,5776	9,8497E-05	3	0,000831753
Aislante	0,085	0,043	17,23268	0,00493249		

Donde la T exterior es de 32°C y el área de intercambio 400,76 m<sup>2</sup>.

En esta sala no hay pérdidas de calor debidas a la energía interna del producto ni debidas a los envases.

Tabla 14: Resumen de datos para el cálculo de Q<sub>4</sub> para la sala de los tanques de almacenamiento

	3,00	ren/día
V	1527,60	m <sup>3</sup>
h <sub>i</sub>	3,06	kcal/kgas
h <sub>e</sub>	8,06	kcal/kgas
Δh	5,01	kcal/kgas
HR <sub>int</sub>	70,00	%
HR <sub>ext</sub>	40,00	%
ps a 4°C	6,10	torr
ps a 32°C	35,68	torr
X <sub>i</sub>	0,0035	kgw/kgas
X <sub>e</sub>	0,0119	kgw/kgas
Densidad aire	1,27	kg/m <sup>3</sup>
Maire humedo	1938,27	kg aire
Masa aire sec	1931,48	kg as
Q <sub>4</sub>	29017,85	kcal/día

Tabla 15: Resumen de cargas térmicas para la sala de los tanques de almacenamiento

REFRIGERACIÓN DE LA SALA DE LOS TANQUES		
Q1	90287,05	kcal/día
Q2	0,00	kcal/día
Q4	29017,85	kcal/día
Q5	25830,00	kcal/día
Q6	3605,74	kcal/día
Q7	10332,00	kcal/día
Q8	13543,06	kcal/día
Q <sub>o</sub>	172615,70	kcal/día

### 3.5. Sala del envasado del yogur líquido (8°C):

Tabla 16: Valores de k, e y h para la sala de envasado del yogur líquido

Material	e(m)	K(W/m k)	k*A	e/(KA)	h	1/hA
Ladrillo	0,1	0,69	288,42	0,00034672	500	4,78469E-06
Aislante	0,085	0,023	9,614	0,00884127	3	0,000797448

Donde T exterior es de 23°C (la de la sala de proceso), y el área de intercambio es de 418 m<sup>2</sup>.

En esta sala no hay pérdidas de calor debidas a la energía interna del producto ni debidas a los envases.

Tabla 17: Resumen de datos para el cálculo de Q<sub>4</sub> para la sala de envasado del yogur líquido

	2,00	ren/día
V	1218,00	m <sup>3</sup>
h <sub>i</sub>	5,10	kcal/kgas
h <sub>e</sub>	9,05	kcal/kgas
Δh	3,95	kcal/kgas
HR <sub>int</sub>	80,00	%
HR <sub>ext</sub>	40,00	%
ps a 10°C	8,04	torr
ps a 32°C	35,68	torr
X <sub>i</sub>	0,0053	kgw/kgas
X <sub>e</sub>	0,0119	kgw/kgas
Densidad aire	1,25	kg/m <sup>3</sup>
Maire humedo	1521,80	kg aire
Masa aire sec	1513,76	kg as
Q <sub>4</sub>	11953,33	kcal/día

Tabla 18: Resumen de cargas térmicas para la sala del envasado del yogur líquido

REFRIGERACIÓN SALA DE ENVASADO YOGUR LÍQUIDO		
Q <sub>1</sub>	31035,13	kcal/día
Q <sub>2</sub>	0,00	kcal/día
Q <sub>4</sub>	11953,33	kcal/día
Q <sub>5</sub>	25830,00	kcal/día
Q <sub>6</sub>	3605,74	kcal/día
Q <sub>7</sub>	22386,00	kcal/día
Q <sub>8</sub>	4655,27	kcal/día
Q <sub>o</sub>	99465,47	kcal/día

### 3.6. Resumen de cargas térmicas

Las cargas térmicas obtenidas para cada una de las salas y el tiempo de funcionamiento del circuito de frío se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 19: Resumen de cargas totales

Cargas	(Kcal/día)	(Kj/h)	Horas funcionamiento
Alm. Firme	593079,01	112685,01	22
Alm. Líquido	410081,32	77915,45	22
Túnel	132740,95	69357,14	8
Tanques	172615,70	32796,98	22
Envasado	99465,47	51970,71	8



El motivo por el cual se han incluido los 3 intercambiadores de calor y el inyector es para mejorar la eficiencia de la instalación, reduciendo así costes dados por la potencia de los compresores.

Dos de los intercambiadores de calor enfrían el líquido refrigerante que entra desde la cámara isobárica 5°C. En el primer intercambiador de calor (para E1 y E2) el líquido se enfría con el líquido tras la evaporación en la misma línea, dándose así, un subenfriamiento tras la condensación y sobrecalentamiento en la evaporación. En el segundo intercambiador (para E4), en cambio, el líquido se enfría con la corriente de la línea del evaporador 5, habiendo únicamente un subenfriamiento en la evaporación y cambiando la entalpía del punto 18, siendo necesaria calcularla mediante balances. Todo esto permite reducir las relaciones de compresión y mejorar la eficiencia.

La inyección ocurre en la sección del circuito correspondiente al condensador. El líquido condensado del punto 5 pasa por un divisor circulando una parte por una expansión hasta un nivel de frío de 10°C, entrando en el intercambiador de calor ( $\Delta T = 8^\circ\text{C}$ ), enfriando el otro caudal hasta 32°C y cambiando la entalpía que hay en el punto 10, necesitando calcularla mediante balances. Al haber un nivel más de frío las relaciones de compresión son mejores y por tanto las potencias de los compresores disminuyen, haciendo una instalación más eficiente al igual que en el caso anterior.

Todas las temperaturas, presiones y entalpías, salvo las de los puntos 10 y 18, se obtienen mediante el programa informático *CoolPack*. Las entalpías de los puntos 10 y 18 se pueden calcular mediante balances una vez conocidos todos los demás datos y los caudales circulantes por el circuito.

## 4.2. Resultados y datos del circuito

Mediante *CoolPack* se ha obtenido el siguiente diagrama presión-entalpía para el circuito propuesto, al igual que los datos de temperatura, presión y entalpía para los puntos del circuito.

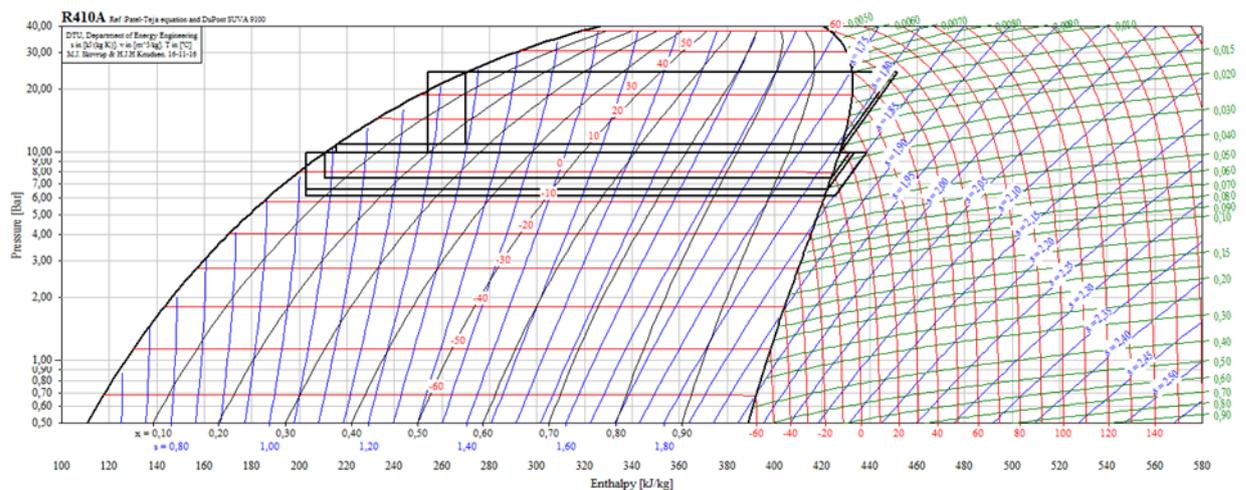


Figura 2: Diagrama Presión-Entalpía del circuito

Los datos de los diferentes puntos del esquema son los siguientes:

Tabla 20: Presiones, temperaturas y entalpías del circuito

R-410A			
	P (bar)	T (°C)	H (kJ/kg)
1	9,898	7	427,36
2	10,817	11,5	429,74
3	10,817	11,5	429,74
4	23,981	54,5	449,965
5	23,981	40	270,02
6	23,981	40	270,02
7	10,817	10	270,02
8	23,981	32	254,132
9	9,898	7	254,132
10	10,817	10	429,74
11	9,898	7	210,75
12	9,898	2	202,856
13	6,584	-6	202,856
14	6,584	-6	422,1
15	9,898	13,5	433,24
16	9,898	7	210,75
17	7,496	-2	210,75
18	7,496	-2	215,48
19	7,496	-2	423,84
20	9,898	11,5	431,396
21	9,898	7	210,75
22	9,898	2	202,856
23	6,161	-8	202,856
24	6,161	-8	421,2
25	6,161	-3	425,363
26	9,898	19,6	438,695
27	9,898	7	210,75
28	9,898	7	427,36

Para el cálculo de las entalpías de los puntos 10 y 18 se ha necesitado previamente calcular los caudales del circuito (9 en total).

Para los caudales de los evaporadores, se calcula como la división entre la carga térmica necesaria para cada evaporador entre la diferencia de entalpías después y antes de la evaporación.

Para las cargas térmicas se han usado en kcal/h, atendiendo a las horas de funcionamiento para cada evaporador.

Tabla 21: Horas de funcionamiento de los evaporadores

Evaporador	Horas funcionamiento
E1	22
E2	22
E3	8
E4	22
E5	8

$$M2 = Q_{E1} / (h_{24} - h_{23}) = 516,09 \text{ kg/h}$$

$$M3 = Q_{E2} / (h_{24} - h_{23}) = 356,85 \text{ kg/h}$$

$$M4 = Q_{E3} / (h_{28} - h_{27}) = 320,19 \text{ kg/h}$$

$$M5 = Q_{E4} / (h_{14} - h_{13}) = 149,59 \text{ kg/h}$$

$$M6 = Q_{E5} / (h_{19} - h_{18}) = 249,43 \text{ kg/h}$$

Como se puede apreciar, en el caso de M6 se ha necesitado saber la entalpía del punto 18. Para obtener M6 y h18 se ha usado la función de Buscar Objetivo del programa Microsoft Excel sabiendo que en el intercambiador de calor  $M5(h_{11} - h_{12}) = M6[(-Q_{E5}/M6) + h_{19}] - h_{17}$ . Así, por tanto,  $h_{18} = 215,48 \text{ KJ/kg}$ .

M1 es el caudal circulante antes de entrar en los evaporadores 1 y 2 (dispuestos en paralelo), siendo por tanto la suma de M2 y M3:  $M1 = M2 + M3 = 872,94 \text{ kg/h}$ .

M7 es el caudal circulante en la sección de condensación antes de entrar en el primer compresor de dicha sección. Se calcula con el balance total dado en la cámara isobárica:

$$M7(h_1 - h_9) = M2(h_{26} - h_{21}) + M3(h_{26} - h_{21}) + M4(h_{28} - h_{27}) + M5(h_{15} - h_{11}) + M6(h_{23} - h_{16})$$

Se tiene por tanto que  $M7 = 2058,89 \text{ kg/h}$

M9 es el caudal del inyector, el cual se calcula con el siguiente balance:

$$M9(h_3 - h_7) = M7(h_2 - h_3) + M7(h_7 - h_3)$$

Por tanto,  $M7 = 204,81 \text{ kg/h}$

El último caudal por calcular, M8, es el caudal entrante en el condensador, siendo la suma de M7 y M9.  $M8 = M7 + M9 = 2263,70 \text{ kg/h}$ .

Los caudales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 22: Resumen de caudales del circuito

Caudales kg/h	
M1	872,94
M2	516,09
M3	356,85
M4	320,19
M5	149,59
M6	249,43
M7	2058,89
M8	2263,70
M9	204,81

Finalmente, se puede obtener la entalpía del punto 10 sabiendo que en el intercambiador de calor da lugar el siguiente balance:  $M9(h_{10}-h_7)=M7(h_5-h_8)$ . Por lo que  $h_{10}= 439,74 \text{ kJ/kg}$ .

El cálculo del trabajo de los compresores se calcula como el producto del caudal por la diferencia de entalpías a la entrada y salida de los compresores.

$$W \text{ I} = M1(h_{26}-h_{25})= 11638 \text{ W}$$

$$W \text{ II} = M7(h_2-h_1)= 4900,16 \text{ W}$$

$$W \text{ III} = M8(h_4-h_3)= 45783,27 \text{ W}$$

$$W \text{ IV} = M6 (h_{20}-h_{19})= 1884,71 \text{ W}$$

$$W \text{ V} = M5 (h_{15}-h_{14})= 166,45 \text{ W}$$

Tabla 23: Resumen de trabajos de los compresores

Trabajos (W)	
W I	11637,99
W II	4900,16
W III	45783,27
W IV	1884,71
W V	1666,45

Otro factor importante a tener en cuenta son las relaciones de compresión, que se calculan como la división entre la presión tras la compresión y antes de ella.

Para cada uno de los compresores se han obtenido las siguientes relaciones de compresión:

Tabla 24: Relaciones de compresión

Relaciones de compresión	
R I	1,61
R II	1,09
R III	2,22
R IV	1,32
R V	1,50

Para calcular, se halla la eficiencia energética, como el sumatorio de las cargas térmicas entre el sumatorio de los trabajos de los compresores:

$$\Sigma Q_0 / \Sigma W = 5,23$$

Se trata por tanto de un sistema de frío que da una buena eficiencia.

## 5. Dimensiones de los evaporadores

Para el cálculo del área de los evaporadores se emplea la siguiente expresión:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{ml}$$

Ecuación 10: Cálculo del área de un evaporador

Donde Q es la carga térmica de los evaporadores en kcal/h atendiendo a las horas de funcionamiento dadas en la Tabla 21, U es 60 kcal/h m<sup>2</sup> °C (coeficiente global de transmisión de calor), y el incremento medio de temperatura logarítmica se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_e - T_v) - (T_s - T_v)}{\ln \frac{(T_e - T_v)}{(T_s - T_v)}}$$

Ecuación 11: Cálculo del incremento medio de temperatura logarítmica

Para la anterior expresión, se tiene en cuenta la temperatura a la que trabaja el evaporador, la cual permanece constante, y la temperatura de la cámara con una variación de 2°C a la baja y a la alza.

Haciendo los cálculos descritos se obtienen las siguientes dimensiones de los evaporadores:

Tabla 25: Área de los evaporadores

Qo (kcal/h)	Tª 1	Tª 2	Δtml	A (m2)	Evaporador
26958,14	0	4	9,87	45,54	Evaporador 1 ALMACÉN (2°C)
	-8	-8			
18640,06	0	4	9,87	31,49	Evaporador 2 ALMACÉN (2°C)
	-8	-8			
16592,62	15	19	9,87	28,03	Evaporador 3 INCUBACIÓN (17°C)
	7	7			
7846,17	2	6	9,87	13,26	Evaporador 4 TANQUES (4°C)
	-6	-6			
12433,18	6	10	9,87	21,01	Evaporador 5 ENVASADO LÍQUIDO (8°C)
	-2	-2			

## 6. Área del condensador

Para el cálculo del área del condensador se emplea un método parecido a los evaporadores, salvo que en este caso el incremento medio de temperatura logarítmica se calcula con las temperaturas de entrada y salida del líquido frigorígeno y con las del líquido refrigerante para el condensador, en este caso agua.

El caudal de agua se calcula con la siguiente expresión:

$$Q = Cp \times m \times (Ts - Te)$$

Ecuación 12: Cálculo del caudal de agua para el condensador

Donde la carga térmica se obtiene como el producto del caudal M8 por la diferencia de entalpías antes y después del condensador:  $Q = M8(h4 - h5) = 97449,99 \text{ kcal/h}$

Por tanto, el caudal de agua es de 6496,67 kg/h

Tabla 26: Resumen de datos para el cálculo del área del condensador

F. Frigorígeno	
Tª entrada (°C)	60
Tª salida (°C)	40
Refrigerante para condensador	
Nombre:	Agua
Tipo	No evaporativo
Te (°C)	15
Ts (°C)	30
Cp (Kcal/Kg°C)	1
m agua (Kg/h)=	6496,67

Por último, se haya el área del condensador con la siguiente expresión:

$$Q = A \times U \times \Delta T \times t$$

Donde  $U = 400 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$

Calculando resulta un área de  $8,88 \text{ m}^2$ .

# ANEJO V: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

---

# ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Receptores a alimentar .....	1
1.1.1.	Motores: .....	1
1.1.2.	Luminarias: .....	2
1.1.3.	Tomas de corriente: .....	2
2.	RESOLUCIÓN.....	2
2.1.	Determinación del número de luminarias por local .....	2
2.1.1.	Iluminancia media a garantizar: .....	3
2.1.2.	Factor de mantenimiento: .....	4
2.1.3.	Factor de utilización: .....	5
2.1.4.	Flujo luminoso de las lámparas: .....	7
2.1.5.	Número de luminarias por local y eficiencia energética de la instalación:.....	7
2.2.	Selección del transformador a instalar .....	9
2.2.1.	Tensiones de entrada y salida del transformador:.....	9
2.2.2.	Potencia necesaria: .....	9
2.3.	Ubicación de los cuadros de distribución.....	12
2.4.	Sección de las líneas .....	13
2.4.1.	Metodología de cálculo:.....	13
2.5.	Resultados .....	21
2.5.1.	Línea del centro de transformación .....	21
2.5.2.	Cuadro General de Distribución .....	22
2.5.3.	Cuadro Secundario de Motores .....	24
2.5.4.	Cuadro Secundario de Alumbrado .....	28
2.5.5.	Cuadro secundario de Enchufes.....	33
2.6.	Toma de tierra.....	35

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Motores de la instalación .....	1
Tabla 2: Luminarias de la instalación .....	2
Tabla 3: Tomas de corriente de la instalación.....	2
Tabla 4: Iluminancia media a garantizar en oficinas .....	3
Tabla 5: Iluminancia media a garantizar en las zonas de trabajo .....	3
Tabla 6: Iluminancia media a garantizar en los almacenes.....	3
Tabla 7: Iluminancia media y factores de mantenimiento.....	4
Tabla 8: Factores de utilización para la lámpara de vapor de mercurio .....	5
Tabla 9: Factores de utilización para la luminaria con dos tubos fluorescentes .....	5
Tabla 10: Datos referidos a la iluminación de los locales .....	6
Tabla 11: Flujo luminoso .....	7
Tabla 12: Número de luminarias por local y la iluminancia media real.....	8
Tabla 13: Tensiones de entrada y salida del transformador .....	9
Tabla 14: Expresiones para calcular las potencias necesarias .....	9
Tabla 15: Potencias de los motores .....	10
Tabla 16: Potencias de las luminarias .....	11
Tabla 17: Potencias de las tomas de corriente .....	11
Tabla 18: Potencias totales .....	12
Tabla 19: Características de los transformadores convencionales.....	12
Tabla 20: Factores de corrección por temperatura del terreno distinta de 25°C.....	14
Tabla 21: Factores de corrección por resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K·m/W ..	14
Tabla 22: Factores de corrección por profundidad de soterramiento distinta de 0,70 m.....	15
Tabla 23: Factores de corrección por agrupamiento de cables soterrados.....	15
Tabla 24: Factores de corrección para temperaturas diferentes de 30°C .....	16
Tabla 25: Factores de corrección por agrupamiento de varios circuitos o de varios cables multiconductores .....	16
Tabla 26: Intensidades máxima admisible para cables de distribución de 0,6/1 kV en instalación soterrada .....	17
Tabla 27: Intensidades máximas admisibles para los distintos tipos de instalación al aire.....	18
Tabla 28: Expresiones para el cálculo de la caída de tensión .....	18
Tabla 29: Valores de R y X .....	19
Tabla 30: Valores de K.....	20
Tabla 31: Cálculo de impedancia, resistencia y reactancia del transformador.....	20
Tabla 32: Valores de las intensidades por cortocircuito .....	20
Tabla 33: Características de la línea CT-CGD.....	21
Tabla 34: Sección de la línea CT-CGD por calentamiento .....	21
Tabla 35: Sección de la línea CT-CGD por caída de tensión .....	22
Tabla 36: Sección de la línea CT-CGD por cortocircuito.....	22
Tabla 37: Características de las líneas que parten del CGD .....	22
Tabla 38: Sección de las líneas que parten del CGD por calentamiento.....	23
Tabla 39: Sección de las líneas que parten del CGD por caída de tensión.....	23
Tabla 40: Sección de las líneas que parten del CGD por cortocircuito .....	23
Tabla 41: Características de las líneas que parten del CSM .....	24

Tabla 42: Sección de las líneas que parten del CSM por calentamiento .....	25
Tabla 43: Sección de las líneas que parten del CSM por caída de tensión .....	26
Tabla 44: Sección de las líneas que parten del CSM por cortocircuito .....	27
Tabla 45: Resumen de las de las luminarias.....	28
Tabla 46: Características de las líneas que parten del CSA .....	29
Tabla 47: Sección de las líneas que parten del CSM por calentamiento .....	30
Tabla 48: Sección de las líneas que parten del CSA por caída de tensión .....	31
Tabla 49: Sección de las líneas que parten del CSA por cortocircuito .....	32
Tabla 50: Características de las líneas que parten del CSE .....	33
Tabla 51: Sección de las líneas que parten del CSE por calentamiento .....	33
Tabla 52: Sección de las líneas que parten del CSE por caída de tensión .....	34
Tabla 53: Sección de las líneas que parten del CSE por cortocircuito.....	34

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo del número de luminarias .....	2
Ecuación 2: Cálculo del índice del local.....	6
Ecuación 3: Intensidad de cálculo para línea CGD-CSM.....	13
Ecuación 4: Intensidad de cálculo para línea CGD-CSA.....	13
Ecuación 5: Intensidad de cálculo para línea CGD-CSE .....	13
Ecuación 6: Intensidad de cálculo para líneas CSM-Mi.....	14
Ecuación 7: Intensidad de cálculo para líneas CSM-Mi que alimentan un conjunto de motores .....	14
Ecuación 8: Sección por cortocircuito .....	19

# 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente Anejo es el diseño, cálculo y dimensionado de la instalación eléctrica en Baja Tensión de la industria del proyecto.

Para cumplir los objetivos habrán que seguir una serie de pasos hasta finalmente llegar a la solución, estos pasos incluyen determinar el número de luminarias por local o sala, seleccionar el transformador necesario para la instalación, definir el trazado de las líneas, elegir el tipo de cable y calcular la sección de las líneas y definir la puesta a tierra.

## 1.1. Receptores a alimentar

Los receptores que requieren de energía eléctrica en la instalación son los siguientes:

### 1.1.1. Motores:

Tabla 1: Motores de la instalación

Receptor	Tipo	Nº de unidades	P nominal (kW)
Bomba de impulsión (M1)	Trifásico	1	1,50
Bomba de impulsión (M2)	Trifásico	1	1,50
Bomba de impulsión (M3)	Trifásico	1	1,50
Bomba de impulsión (M4)	Trifásico	1	1,50
Bomba de impulsión (M5)	Trifásico	1	1,50
Bomba de impulsión (M6)	Trifásico	1	1,50
Desnatadora centrífuga (M7)	Trifásico	1	15,00
Evaporador (M8)	Trifásico	1	15,00
Homogeneizador (M9)	Trifásico	1	22,00
Mezclador (M10)	Trifásico	1	4,00
Envasadora del yogur firme (M11)	Trifásico	1	4,00
Tanque pulmón con agitador (M12)	Trifásico	1	0,55
Homogeneizador (M13)	Trifásico	1	15,00
Envasadora del yogur líquido (M14)	Trifásico	1	4,00
Cinta transportadora (M11')	Trifásico	1	2,20
Cinta transportadora (M14')	Trifásico	1	2,20
Sistema de limpieza CIP (M15)	Trifásico	1	7,50
Cinta transportadora Incub (M16)	Trifásico	1	2,20
Compresor 1 (M17)	Trifásico	1	10,47
Compresor 2 (M18)	Trifásico	1	4,21
Compresor 3 (M19)	Trifásico	1	0,92
Compresor 4 (M20)	Trifásico	1	1,49
Compresor 5 (M21)	Trifásico	1	1,33
Intercambiador de placas (M22)	Trifásico	1	18,00
Intercambiador de placas (M23)	Trifásico	1	18,00
Intercambiador de placas (M24)	Trifásico	1	18,00
Intercambiador de placas (M25)	Trifásico	1	18,00
Caldera Pirotubular (M26)	Trifásico	2	7,50
Ventiladores (M27-M31)	Trifásico	5	1,50

De los motores descritos, todos funcionan de manera independiente salvo los motores M11 y M11', y M14 y M14', ya que pertenecen al mismo equipo por lo que se alimentan de manera conjunta.

### 1.1.2. Luminarias:

Tabla 2: Luminarias de la instalación

Tipo de luminaria	Nº de lámparas	Potencia nominal lámparas
Tubo fluorescente	2	58
Vapor de mercurio	1	400

### 1.1.3. Tomas de corriente:

Tabla 3: Tomas de corriente de la instalación

Tipo de enchufe	Intensidad nominal
Monofásico	16
Trifásico	16

## 2. RESOLUCIÓN

### 2.1. Determinación del número de luminarias por local

La determinación del número de luminarias necesaria por local para garantizar un mínimo nivel de iluminación se calcula mediante la siguiente expresión:

$$N_{lum} = \frac{I_m \cdot L \cdot A}{n_{lam} \cdot \phi \cdot f_m \cdot f_u}$$

Ecuación 1: Cálculo del número de luminarias

Donde:

$N_{num}$ : Número mínimo de luminarias

$I_m$ : Iluminancia media a garantizar (lux)

L: Longitud del local (m)

A: Ancho del local (m)

$N_{lam}$ : Número de lámparas por luminaria

$\phi$ : Flujo luminoso de la lámpara (lm)

$f_m$ : Factor de mantenimiento

$f_u$ : Factor de utilización

### 2.1.1. Iluminancia media a garantizar:

La iluminancia media a garantizar para cada local, medida en luxes, depende del tipo del local. Este valor se obtiene con los datos recogidos en la Norma Europea UNE-EN 12464-1: Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte I: Lugares de trabajo en interiores.

Tabla 4: Iluminancia media a garantizar en oficinas

1. OFICINAS		
Nº REF	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux
1.1	ARCHIVO, COPIAS, ETC.	300
1.2	ESCRITURA, ESCRITURA A MÁQUINA, LECTURA Y TRATAMIENTO DE DATOS	500
1.3	DIBUJO TÉCNICO	750
1.4	PUESTOS DE TRABAJO DE CAD	500
1.5	SALAS DE CONFERENCIAS Y REUNIONES	500
1.6	MOSTRADOR DE RECEPCIÓN	300
1.7	ARCHIVOS	200

Tabla 5: Iluminancia media a garantizar en las zonas de trabajo

7. PRODUCTOS ALIMENTICIOS E INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE LUJO		
Nº REF	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux
7.1	ZONAS DE TRABAJO EN GENERAL	200
7.2	CLASIFICACIÓN Y LAVADO DE PRODUCTOS (MOLIENDA, MEZCLADO Y ENVASADO)	300
7.3	ZONAS DE TRABAJO CRÍTICAS (MATADEROS, MOLINOS, CARNICERÍA, FILTRADO...)	500
7.4	CORTE Y CLASIFICACIÓN DE FRUTAS Y VEGETALES	300
7.5	FABRICACIÓN DE ALIMENTOS DE DELICATESSEN, PUROS Y CIGARRILLOS Y TRABAJO EN COCINAS	500
7.6	INSPECCIÓN DE VIDRIOS Y BOTELLAS, CONTROL DE PRODUCTOS, CLASIFICACIÓN Y DECORACIÓN	500
7.7	LABORATORIOS	500
7.8	INSPECCIÓN DE COLORES PRODUCTOS (ENVASADO, MOLIENDA)	1.000

Tabla 6: Iluminancia media a garantizar en los almacenes

4. SALAS DE ALMACENAMIENTO, ALMACENES FRÍOS					
Nº REF	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	OBSERVACIONES
4.1	ALMACENES Y CUARTO DE ALMACÉN	100	25	60	
4.2	MANIPULACIÓN DE PAQUETES Y EXPEDICIÓN	300	25	60	- 200 lux si está ocupado en continuo.

Tras determinar el número mínimo de luminarias, se puede calcular la iluminancia media que realmente hay en cada local, usando la Ecuación 1.

### 2.1.2. Factor de mantenimiento:

El factor de mantenimiento tiene en cuenta una disminución de la iluminación que se da en la luminaria por diferentes causas, como envejecimiento de las lámparas o suciedad.

Varios locales se han tenido que dividir en cuadriláteros para de esta forma poder calcular el número de luminarias empleando la Ecuación 1 sin dejar zonas donde falte iluminación por un error de distribución de las luminarias.

Se han adoptado los siguientes valores de iluminancia media y factor de mantenimiento para cada uno de los locales:

Tabla 7: Iluminancia media y factores de mantenimiento

Local	Lux	fm
Almacén Firme	200	0,8
Almacén Líquido	200	0,8
Zona de trabajo: Procesado	300	0,75
Zona de trabajo: General 1	200	0,75
Zona de trabajo: General 2	200	0,75
Zona de trabajo: General 3	200	0,75
Zona de trabajo: General 4	200	0,75
Zona de trabajo: General 5	200	0,75
Zona de trabajo: General 6	200	0,75
Zona de trabajo: General 7	200	0,75
Zona de trabajo: Control envasado Firme	500	0,75
Zona de trabajo: Control envasado Líquido	500	0,75
Cámara de incubación (frío)	200	0,8
Cámara de incubación (caliente)	200	0,8
Recepción de la fábrica	200	0,9
Lavabo hombres	200	0,9
Vestuario hombres 1	200	0,9
Vestuario hombres 2	200	0,9
Lavabo mujeres	200	0,9
Vestuario mujeres 1	200	0,9
Vestuario mujeres 2	200	0,9
Laboratorio nave	500	0,9
Despacho de control	750	0,9
Pasillo Almacén MP	200	0,75
Almacén MP	200	0,75
Sala de CDG	200	0,9
Pasteurización	200	0,75
Sala de control de recepción	500	0,9
Sala CIP	200	0,8
Sala de Calderas	200	0,8
Tanques de almacenamiento	200	0,8
<b>OFICINAS</b>		
Recepción	300	0,9
Secretaría	500	0,9
Administración	500	0,9
Gerencia	500	0,9
Lavabo hombres (incluye inválidos)	200	0,9
Lavabo mujeres	200	0,9
Sala de reuniones	500	0,9
Marketing	500	0,9
Relaciones humanas	500	0,9
Limpieza	300	0,8
Técnicos	750	0,9
Comedor	500	0,9
Seguridad	500	0,9
Pasillos	500	0,9

### 2.1.3. Factor de utilización:

El factor de utilización es la relación entre la iluminancia media sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso instalado por metro cuadrado. Depende, entre otros, del rendimiento de la luminaria, de las reflectancias sobre los paramentos y de la distribución luminosa de las luminarias.

Dicho factor viene dado en tablas otorgadas por los diferentes fabricantes en sus catálogos. En el caso de la instalación presente se han usado las siguientes tablas, con las reflexiones de 80-70-10:

Tabla 8: Factores de utilización para la lámpara de vapor de mercurio

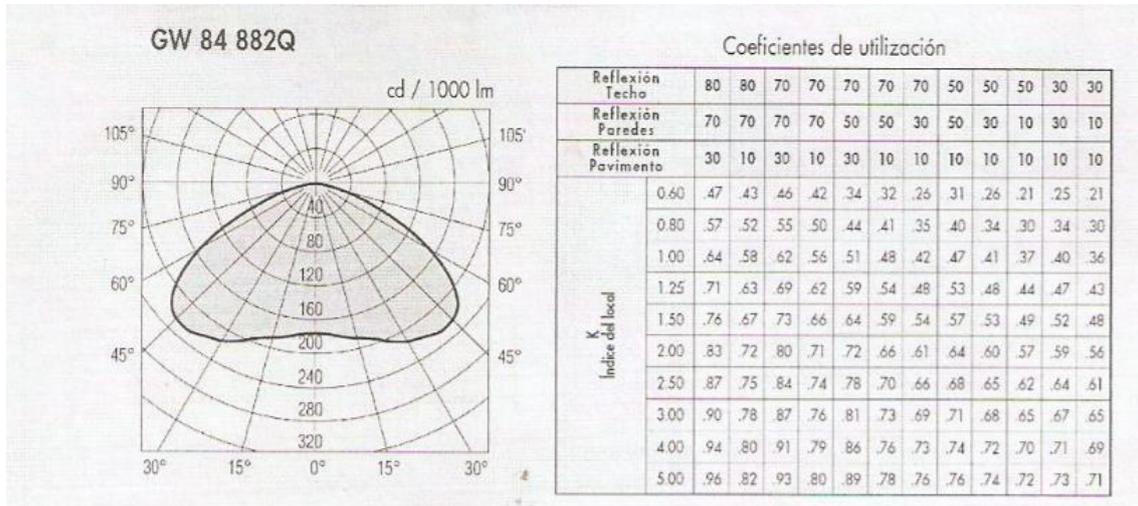
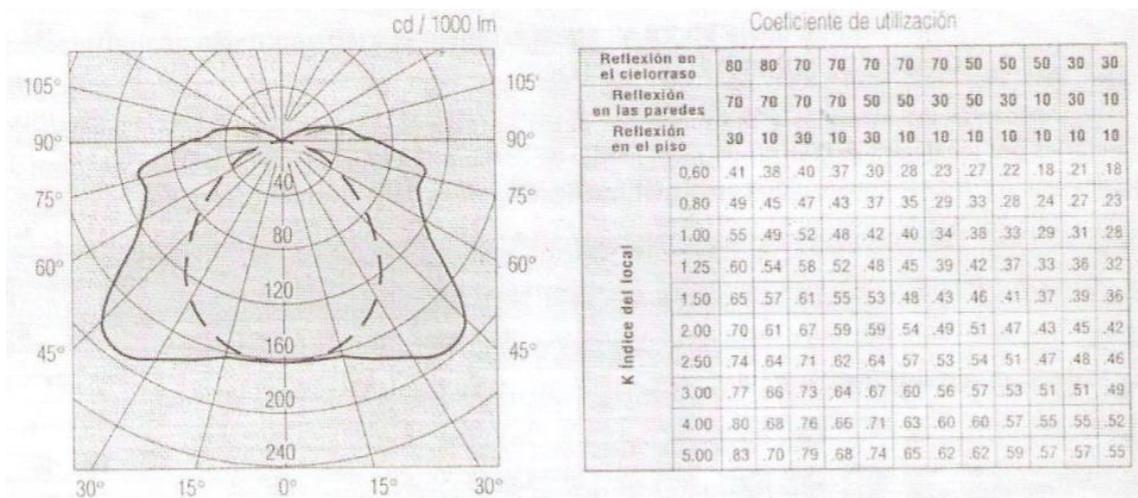


Tabla 9: Factores de utilización para la luminaria con dos tubos fluorescentes



Por otro lado, el índice del local (K), el cual tiene en cuenta la geometría del local, se calcula con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{L \cdot A}{H_m \cdot (L + A)}$$

Ecuación 2: Cálculo del índice del local

Donde L es la longitud del local, A la anchura, y H<sub>m</sub> la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo (unidades en metros).

Todos estos datos se recogen en la siguiente tabla, junto con los datos del factor de mantenimiento y la iluminancia media a garantizar:

Tabla 10: Datos referidos a la iluminación de los locales

Local	Lux	fm	L (m)	A (m)	Hm (m)	K	fu
Almacén Firme	200	0,8	32	12	8	1,09	0,5
Almacén Líquido	200	0,8	32	12	8	1,09	0,5
Zona de trabajo: Procesado	300	0,75	22,5	18	6	1,67	0,69
Zona de trabajo: General 1	200	0,75	10,6	10,6	6	0,88	0,55
Zona de trabajo: General 2	200	0,75	17	7,4	6	0,86	0,54
Zona de trabajo: General 3	200	0,75	8,4	5	6	0,52	0,39
Zona de trabajo: General 4	200	0,75	13,12	7,77	6	0,81	0,52
Zona de trabajo: General 5	200	0,75	10	9	6	0,79	0,52
Zona de trabajo: General 6	200	0,75	25	14	6	1,50	0,67
Zona de trabajo: General 7	200	0,75	20	5	6	0,67	0,45
Zona de trabajo: Control envasado Firme	500	0,75	11	10,6	6	0,90	0,55
Zona de trabajo: Control envasado Líquido	500	0,75	7	17,42	6	0,83	0,52
Cámara de incubación (frío)	200	0,8	24	7	8	0,68	0,41
Cámara de incubación (caliente)	200	0,8	24	7	8	0,68	0,41
Recepción de la fábrica	200	0,9	11,56	3	4	0,60	0,38
Lavabo hombres	200	0,9	5,78	2,89	4	0,48	0,35
Vestuario hombres 1	200	0,9	4,35	2,89	4	0,43	0,32
Vestuario hombres 2	200	0,9	5,78	2,89	4	0,48	0,35
Lavabo mujeres	200	0,9	5,78	2,89	4	0,48	0,35
Vestuario mujeres 1	200	0,9	4,35	2,89	4	0,43	0,32
Vestuario mujeres 2	200	0,9	5,78	2,89	4	0,48	0,35
Laboratorio nave	500	0,9	6,5	6	4	0,78	0,45
Despacho de control	750	0,9	5	5	4	0,63	0,38
Pasillo Almacén MP	200	0,75	24	6	8	0,60	0,38
Almacén MP	200	0,75	17,5	6	8	0,56	0,37
Sala de CDG	200	0,9	4	4	4	0,50	0,34
Pasteurización	200	0,75	13	6,6	6	0,73	0,53
Sala de control de recepción	500	0,9	5	5	4	0,63	0,39
Sala CIP	200	0,8	5	4	4	0,56	0,37
Sala de Calderas	200	0,8	5	4	4	0,56	0,37
Tanques de almacenamiento	200	0,8	14	11,4	6	1,05	0,58
<b>OFICINAS</b>							
Recepción	300	0,9	5	3,13	4	0,48	0,35
Secretaría	500	0,9	5	3,13	4	0,48	0,35
Administración	500	0,9	5	5	4	0,63	0,38
Gerencia	500	0,9	5	4	4	0,56	0,37
Lavabo hombres (incluye inválidos)	200	0,9	4	3,5	4	0,47	0,34
Lavabo mujeres	200	0,9	4	2,5	4	0,38	0,28
Sala de reuniones	500	0,9	5	4	4	0,56	0,37
Marketing	500	0,9	5	5	4	0,63	0,38
Relaciones humanas	500	0,9	5	5	4	0,63	0,38
Limpieza	300	0,8	5	2,2	4	0,38	0,28
Técnicos	750	0,9	5	5	4	0,63	0,38
Comedor	500	0,9	5	5	4	0,63	0,38
Seguridad	500	0,9	5	3	4	0,47	0,34
Pasillos	500	0,9	16	5	4	0,95	0,49

#### 2.1.4. Flujo luminoso de las lámparas:

La cantidad de la luz emitida por las lámparas es la que se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 11: Flujo luminoso

Lámpara	Potencia nominal (W)	Potencia absorbida (W)	Flujo luminoso (lúmenes)
Tubo fluorescente	58	71	5200
Vapor de mercurio	400	426	22000

#### 2.1.5. Número de luminarias por local y eficiencia energética de la instalación:

Aplicando la Ecuación 1 se obtiene el número de luminarias de local mínimo, y de la misma forma la iluminancia media resultante tras aplicar el número definitivo de luminarias.

Una recomendación que se puede tener en cuenta es la dada en el CTE, en la sección HE-3 del documento básico DB-HE "Ahorro de Energía", donde se recomienda determinar el valor de la eficiencia energética que establece la relación entre la potencia absorbida por las luminarias y la iluminación conseguida por las mismas. Tras este cálculo, se compara con el valor límite. Si no se cumple la recomendación puede ser debido a las formas alargadas de los locales dando una distribución luminosa ineficiente. No obstante, se trata de un hecho poco significativo y no es de obligado cumplimiento.

Finalmente, todos estos datos se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 12: Número de luminarias por local y la iluminancia media real

Local	Iluminancia media (lux)	Nº de lámparas por luminaria	Nº mínimo de luminarias	Nº de luminarias definitivo	Iluminancia media real (lux)	Potencia total absorbida (W)	Superficie local (m2)	VEEI (W/m2/lux)	VEEI Límite
Almacén Firme	200	2	18,46	20	216,67	2840,00	384,00	3,41	4
Almacén Líquido	200	2	18,46	20	216,67	2840,00	384,00	3,41	4
Zona de trabajo: Procesado	300	1	10,67	12	337,33	5106,38	405,00	3,74	4
Zona de trabajo: General 1	200	1	2,48	4	323,07	1702,13	112,36	4,69	4
Zona de trabajo: General 2	200	1	2,82	4	283,31	1702,13	125,80	4,78	4
Zona de trabajo: General 3	200	1	1,31	2	306,43	851,06	42,00	6,61	4
Zona de trabajo: General 4	200	1	2,38	5	420,83	2127,66	101,94	4,96	4
Zona de trabajo: General 5	200	1	2,10	4	381,33	1702,13	90,00	4,96	4
Zona de trabajo: General 6	200	1	6,33	8	252,69	3404,26	350,00	3,85	4
Zona de trabajo: General 7	200	1	2,69	4	297,00	1702,13	100,00	5,73	4
Zona de trabajo: Control envasado F	500	1	6,42	8	622,64	3404,26	116,60	4,69	4
Zona de trabajo: Control envasado L	500	1	7,11	8	562,90	3404,26	121,94	4,96	4
Cámara de incubación (frío)	200	2	9,85	10	203,05	1420,00	168,00	4,16	4
Cámara de incubación (caliente)	200	2	9,85	10	203,05	1420,00	168,00	4,16	4
Recepción de la fábrica	200	2	1,95	4	410,24	568,00	34,68	3,99	6
Lavabo hombres	200	2	1,02	2	392,24	284,00	16,70	4,33	6
Vestuario hombres 1	200	2	0,84	2	476,51	284,00	12,57	4,74	6
Vestuario hombres 2	200	2	1,02	2	392,24	284,00	16,70	4,33	7
Lavabo mujeres	200	2	1,02	2	392,24	284,00	16,70	4,33	6
Vestuario mujeres 1	200	2	0,84	2	476,51	284,00	12,57	4,74	7
Vestuario mujeres 2	200	2	1,02	2	392,24	284,00	16,70	4,33	6
Laboratorio nave	500	2	4,63	6	648,00	852,00	39,00	3,37	4
Despacho de control	500	2	3,51	4	569,09	568,00	25,00	3,99	4
Pasillo Almacén MP	200	2	9,72	10	205,83	1420,00	144,00	4,79	4
Almacén MP	200	2	7,28	8	219,89	1136,00	105,00	4,92	4
Sala de CDG	200	2	1,01	2	397,80	284,00	16,00	4,46	4
Pasteurización	200	1	1,96	3	305,77	1276,60	85,80	4,87	4
Sala de control de recepción	500	2	3,42	4	584,06	568,00	25,00	3,89	4
Sala CIP	200	2	1,30	2	307,84	284,00	20,00	4,61	4
Sala de Calderas	200	2	1,30	2	307,84	284,00	20,00	4,61	4
Tanques de almacenamiento	200	1	3,13	6	383,76	2553,19	159,60	4,17	4
<b>OFICINAS</b>									
Recepción	300	2	1,43	2	418,66	284,00	15,65	4,33	6
Secretaría	500	2	2,39	4	837,32	568,00	15,65	4,33	3
Administración	500	2	3,51	4	569,09	568,00	25,00	3,99	3
Gerencia	500	2	2,89	4	692,64	568,00	20,00	4,10	4
Lavabo hombres (incluye inválidos)	200	2	0,88	2	454,63	284,00	14,00	4,46	6
Lavabo mujeres	200	2	0,76	2	524,16	284,00	10,00	5,42	6
Sala de reuniones	500	2	2,89	3	519,48	426,00	20,00	4,10	8
Marketing	500	2	3,51	4	569,09	568,00	25,00	3,99	4
Relaciones humanas	500	2	3,51	4	569,09	568,00	25,00	3,99	4
Limpieza	300	2	1,42	2	423,56	284,00	11,00	6,10	4
Técnicos	750	2	5,27	6	853,63	852,00	25,00	3,99	4
Comedor	500	2	3,51	4	569,09	568,00	25,00	3,99	4
Seguridad	500	2	2,36	4	848,64	568,00	15,00	4,46	4
Pasillos	500	2	8,72	9	515,97	1278,00	80,00	3,10	6

## 2.2. Selección del transformador a instalar

El transformador a instalar debe cumplir que su tensión de entrada en Media Tensión y la de salida en Baja Tensión sean las adecuadas a la instalación eléctrica y que la potencia suficiente para poder suministrar energía a todos los receptores suponiendo el caso de que funcionen de manera simultánea.

### 2.2.1. Tensiones de entrada y salida del transformador:

El suministro eléctrico procede de una red de distribución de Media Tensión a 20 kV y los receptores a alimentar funcionan a 400 V los trifásicos y 230 V los monofásicos. Con todo esto, el transformador debe cumplir las siguientes características:

Tabla 13: Tensiones de entrada y salida del transformador

Tensiones de entrada:		
Normal		20000 V
Más elevada		24000 V
Tensiones de salida:		
Entre fases		400 V
Entre fase y neutro		230 V

### 2.2.2. Potencia necesaria:

Se calcula la potencia necesaria del transformador en función de la potencia máxima simultánea demandada de los motores, luminarias y tomas de corriente. Estos valores se expondrán en las tablas de las siguientes páginas.

Para el cálculo de los diferentes valores de las tablas se han empleado las siguientes expresiones:

Tabla 14: Expresiones para calcular las potencias necesarias

Potencia eléctrica de un motor: $P = \frac{P(CV) \cdot 736}{\eta}$
Potencias de un receptor monofásico: $P = U I \cos\phi$ ; $Q = U I \sin\phi$ ; $S = U I$
Potencias de un receptor trifásico equilibrado: $P = \sqrt{3} U I \cos\phi$ ; $Q = \sqrt{3} U I \sin\phi$ ; $S = \sqrt{3} U I$

En este caso, la potencia nominal ya está en kW, por lo que no hay que aplicar el factor de conversión.

## MOTORES

Tabla 15: Potencias de los motores

Receptor	Tipo	Nº de unidades	U nominal (kV)	$\eta$	cos ( $\phi$ )	U nominal	I circulante (A)	P absorbida (kW)	Q (kVAR)	S (kVA)
Bomba de impulsión (M1)	Trifásico	1	1,50	0,79	0,87	400	3,15	1,90	1,08	2,18
Bomba de impulsión (M2)	Trifásico	1	1,50	0,79	0,87	400	3,15	1,90	1,08	2,18
Bomba de impulsión (M3)	Trifásico	1	1,50	0,79	0,87	400	3,15	1,90	1,08	2,18
Bomba de impulsión (M4)	Trifásico	1	1,50	0,79	0,87	400	3,15	1,90	1,08	2,18
Bomba de impulsión (M5)	Trifásico	1	1,50	0,79	0,87	400	3,15	1,90	1,08	2,18
Bomba de impulsión (M6)	Trifásico	1	1,50	0,79	0,87	400	3,15	1,90	1,08	2,18
Desnatadora centrífuga (M7)	Trifásico	1	15,00	0,9	0,89	400	27,03	16,67	8,54	18,73
Evaporador (M8)	Trifásico	1	15,00	0,9	0,89	400	27,03	16,67	8,54	18,73
Homogeneizador (M9)	Trifásico	1	22,00	0,908	0,9	400	38,86	24,23	11,73	26,92
Mezclador (M10)	Trifásico	1	4,00	0,922	0,9	400	6,96	4,34	2,10	4,82
Envasadora del yogur firme (M11)	Trifásico	1	4,00	0,85	0,9	400	7,55	4,71	2,28	5,23
Tanque pulmón con agitador (M12)	Trifásico	1	0,55	0,73	0,82	400	1,33	0,75	0,53	0,92
Homogeneizador (M13)	Trifásico	1	15,00	0,9	0,89	400	27,03	16,67	8,54	18,73
Envasadora del yogur líquido (M14)	Trifásico	1	4,00	0,85	0,9	400	7,55	4,71	2,28	5,23
Cinta transportadora (M11')	Trifásico	1	2,20	0,815	0,86	400	4,53	2,70	1,60	3,14
Cinta transportadora (M14')	Trifásico	1	2,20	0,815	0,86	400	4,53	2,70	1,60	3,14
Sistema de limpieza CIP (M15)	Trifásico	1	7,50	0,885	0,9	400	13,59	8,47	4,10	9,42
Cinta transportadora Incub (M16)	Trifásico	1	2,20	0,815	0,86	400	4,53	2,70	1,60	3,14
Compresor 1 (M17)	Trifásico	1	10,47	0,9	0,89	400	18,87	11,64	5,96	13,08
Compresor 2 (M18)	Trifásico	1	4,21	0,86	0,9	400	7,86	4,90	2,37	5,44
Compresor 3 (M19)	Trifásico	1	42,07	0,919	0,9	400	73,42	45,78	22,17	50,87
Compresor 4 (M20)	Trifásico	1	1,49	0,79	0,87	400	3,13	1,88	1,07	2,17
Compresor 5 (M21)	Trifásico	1	1,33	0,8	0,86	400	2,80	1,67	0,99	1,94
Intercambiador de placas (M22)	Trifásico	1	18,00	0,905	0,9	400	31,90	19,89	9,63	22,10
Intercambiador de placas (M23)	Trifásico	1	18,00	0,905	0,9	400	31,90	19,89	9,63	22,10
Intercambiador de placas (M24)	Trifásico	1	18,00	0,905	0,9	400	31,90	19,89	9,63	22,10
Intercambiador de placas (M25)	Trifásico	1	18,00	0,905	0,9	400	31,90	19,89	9,63	22,10
Caldera Pirotubular (M26)	Trifásico	2	7,50	0,885	0,9	400	27,18	16,95	8,21	18,83
Ventiladores (M27-M31)	Trifásico	5	1,50	0,79	0,87	400	15,75	9,49	5,38	10,91
<b>TOTAL</b>			<b>243,24</b>	<b>0,85</b>	<b>0,88</b>			<b>288,57</b>	<b>144,59</b>	<b>322,86</b>

Los valores de los rendimientos y los factores de potencia son tomados de catálogos comerciales.

## LUMINARIAS

Tabla 16: Potencias de las luminarias

Receptor	Tipo	Nº de unidades	P nominal (W)	$\eta$	cos ( $\phi$ )	U nominal	I circulante (A)	P absorbida (kW)	Q (kVAR)	S (kVA)
Proyector con lámpara de vapor de mercurio	Monofásico	71	1x400	0,94	0,9	230	145,96	30,21	14,63	33,57
Luminaria con dos tubos fluorescente	Monofásico	158	2x58	0,82	0,9	230	108,39	22,44	10,87	24,93
<b>TOTAL</b>				<b>0,88</b>	<b>0,9</b>			<b>52,65</b>	<b>25,50</b>	<b>58,50</b>

La potencia absorbida es la que se corresponde a la tomada por todas las luminarias, mientras que la nominal se refiere a una sola luminaria. El factor de potencia se estima en 0,9, valor para las luminarias con lámparas de descarga de cualquier tipo, y el rendimiento se obtiene dividiendo la potencia nominal de la luminaria entre la potencia absorbida de la misma.

## TOMAS DE CORRIENTE

Tabla 17: Potencias de las tomas de corriente

Receptor	Tipo	Nº de unidades	I nom. máx.(A)	Ks	I nominal (A)	cos ( $\phi$ )	U nominal	P absorbida (kW)	Q (kVAR)	S (kVA)
Enchufe	Monofásico	42	672	0,5	336	0,85	230	65,69	40,71	77,3
Enchufe	Trifásico	5	80	0,5	40	0,85	400	23,56	14,60	27,7
<b>TOTAL</b>						<b>0,85</b>		<b>89,24</b>	<b>55,31</b>	<b>104,99</b>

$K_s$  es el coeficiente de simultaneidad de funcionamiento, el cual se estima en función del número de enchufes que se consideran que se utilizan a la vez. De esta forma se puede hallar la intensidad nominal, que es el valor de la potencia de  $K_s$  por la intensidad nominal máxima (cuando todos los enchufes se utilizan al mismo tiempo). El factor de potencia es 0,85, valor aplicable a cualquier receptor conectado a las tomas de corriente. El rendimiento, aunque no esté incluido en la tabla, es del 100%.

Con todos estos datos, se hallan las potencias totales:

Tabla 18: Potencias totales

Receptores	P nominal (kW)	cos (φ)	η	P absorbida (kW)	Q (kVAR)	S (kVA)
Motores	202,08	0,88	0,85	288,57	144,59	322,86
Luminarias	43,694	0,9	0,88	52,65	25,50	58,50
Tomas de corriente	89,24	0,85	1	89,24	55,31	104,99
<b>TOTAL</b>	<b>335,02</b>	<b>0,88</b>	<b>0,91</b>	<b>430,46</b>	<b>225,40</b>	<b>486,35</b>

La potencia total necesaria es de 486,35 kVA. Usando la siguiente tabla se elige una potencia de transformador trifásico convencional inmediatamente superior, que resulta de 630 kVA.

Tabla 19: Características de los transformadores convencionales

Um kV	Potencia (kVA)	Pérdidas debidas a la carga a 75° C (W)	Pérdidas en vacío 100 % Un (W)	Tensión de cortocircuito %	Intensidad en vacío 100 % Un % (1)	Nivel de ruido dB(A) (2)	RENDIMIENTO A PLENA CARGA (%)		CAIDA DE TENSION A PLENA CARGA (%)	
							Cos φ 1,00	Cos φ 0,80	Cos φ 1,00	Cos φ 0,80
Hasta 24	25	700	110	4	4,20	44	96,76	95,95	2,84	3,96
	50	1.100	175		3,60	44	97,45	96,81	2,26	3,77
	100	1.750	300		2,80	48	97,95	97,44	1,81	3,57
	160	2.350	400		2,30	50	98,28	97,85	1,54	3,43
	250	3.250	610		1,80	52	98,46	98,07	1,37	3,33
	400	4.600	880		1,45	54	98,63	98,29	1,22	3,25
	630	6.500	1.230		1,30	56	98,77	95,47	1,11	3,17
	800	8.100	1.330	1,20	57	98,82	98,53	1,19	4,44	
	1.000	10.500	1.540	1,05	57	98,80	98,50	1,22	4,47	
	1.250	13.500	1.900	0,95	58	98,77	98,46	1,25	4,49	
	1.600	17.000	2.260	0,85	58	98,80	98,50	1,24	4,48	
	2.000	20.200	2.600	0,80	59	98,86	98,58	1,18	4,44	
	2.500	26.500	3.400	0,75	61	98,80	98,51	1,23	4,47	

### 2.3. Ubicación de los cuadros de distribución

Los cuadros de distribución establecidos son los siguientes:

-Cuadro General de Distribución (CGD): Cuadro del que parten las líneas a los otros tres cuadros. A éste le llega la línea desde el transformador, la cual está enterrada (subterránea). Está situado dentro de la sala de cuadros.

-Cuadro Secundario de Motores (CSM): Cuadro del que parten todas las líneas que alimentan los motores. Se sitúa en la zona de proceso justo al lado de la sala de cuadros.

-Cuadro Secundario de Alumbrado (CSA): Cuadro del que parten todas las líneas que alimentan el alumbrado. Dichas líneas están agrupadas en dos capas. Está en la sala de cuadros.

-Cuadro Secundario de Enchufes (CSE): Cuadro del que parten todas las líneas que alimentan las tomas de corriente. Se sitúa en la sala de cuadros.

El método de la disposición de las líneas interiores es de tipo E, es decir, están canalizadas en bandeja perforada. La sala de cuadros, está cerca de la entrada principal de la nave, para de esta forma facilitar el acceso del personal de mantenimiento en caso de que fuera necesario.

## 2.4. Sección de las líneas

La sección de las líneas se lleva a cabo mediante los criterios de calentamiento, caída de tensión y cortocircuito, tal y como establece el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en sus Instrucciones Técnicas Complementarias y en las Normas UNE.

### 2.4.1. Metodología de cálculo:

En este apartado se explica la metodología seguida para el cálculo de las líneas, para posteriormente plasmar los resultados obtenidos en el siguiente apartado.

#### -Cálculo por calentamiento

El calor generado disipado hacia el exterior en una conducción depende de la existencia o no de aislamiento, del tipo del mismo, del sistema de instalación (al aire, enterrado, bajo tubo, etc), de la agrupación de los cables, de la exposición al sol y de la temperatura ambiente.

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión da las intensidades máximas admisibles por calentamiento para las diferentes secciones nominales. Las instrucciones correspondientes son ITC-BT-07: Redes subterráneas para distribución en Baja Tensión e ITC-BT-19: Instalaciones interiores o receptoras; prescripciones generales.

El procedimiento de cálculo es el mismo en todos los casos, siendo el siguiente:

A partir de la intensidad de cálculo ( $I_c$ ), se determina la intensidad de cálculo corregida ( $I_c'$ ), siendo ésta la división entre  $I_c$  y  $K_c$ .  $K_c$  es un valor de corrección el cual se plantea para tener cuenta las diferencias entre la instalación real y la instalación para la cual están creadas las tablas del reglamento.

La intensidad de cálculo se calcula de diferentes formas según para qué línea se está calculando. Así, para las líneas (trifásicas) que salen del CGD se usan las siguientes expresiones:

$$\text{-Línea CGD-CSM: } I_c = \frac{1,25 \cdot S_{\text{motor más potente}} + \Sigma S_{\text{resto de motores}}}{\sqrt{3} \cdot U_N}$$

Ecuación 3: Intensidad de cálculo para línea CGD-CSM

$$\text{-Línea CGD-CSA: } I_c = \frac{1,80 \cdot \Sigma P_{\text{lámparas}}}{\sqrt{3} \cdot U_N}$$

Ecuación 4: Intensidad de cálculo para línea CGD-CSA

$$\text{-Línea CGD-CSE: } I_c = \frac{\Sigma S_{\text{enchufes}}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Ecuación 5: Intensidad de cálculo para línea CGD-CSE

La intensidad de cálculo para la línea CT-CGD es la intensidad nominal de la potencia S del transformador, la cual es 909,33 A.

En el caso de las líneas que parten de los cuadros secundarios se aplican las siguientes expresiones:

-Líneas CSM-Mi:  $I_c = 1,25 \cdot I_N$

Ecuación 6: Intensidad de cálculo para líneas CSM-Mi

$$I_c = 1,25 \cdot I_{\text{motor más potente}} + \Sigma I_{\text{resto de motores}}$$

Ecuación 7: Intensidad de cálculo para líneas CSM-Mi que alimentan un conjunto de motores

-Líneas CSA-Li:  $I_c = \frac{1,80 \cdot \Sigma P_{\text{Lámparas}}}{\sqrt{3}}$

-Líneas CSE-Ei:  $I_c = I_N$

Para calcular  $K_c$  se multiplican todos los factores de corrección que se apliquen en una instalación exterior y en otra interior. Estos factores de corrección vienen en las siguientes tablas.

-Instalaciones exteriores:

Tabla 20: Factores de corrección por temperatura del terreno distinta de 25°C

Temperatura máxima del conductor °C	Temperatura del terreno en cables soterrados (°C)								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

Tabla 21: Factores de corrección por resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K·m/W

Cables instalados en tubos soterrados. Un circuito por tubo							
Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad térmica del terreno (K·m/W)						
	0,8	0,9	1	1,5	2	2,5	3
25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81

Tabla 22: Factores de corrección por profundidad de soterramiento distinta de 0,70 m

Profundidad (m)	Soterrados	En tubular
0,50	1,04	1,03
0,60	1,02	1,01
0,70	1,00	1,00
0,80	0,99	0,99
1,00	0,97	0,97
1,25	0,95	0,96
1,50	0,93	0,95
1,75	0,92	0,94
2,00	0,91	0,93
2,50	0,89	0,91
3,00	0,88	0,90

Tabla 23: Factores de corrección por agrupamiento de cables soterrados

Circuitos de cables unipolares en triángulo en contacto (los circuitos están separados entre sí) Grupos dispuestos en un plano horizontal					
Circuitos agrupados	Cables <u>directamente soterrados</u> . Distancias entre grupos en mm				
	Contacto	200	400	600	800
2	0,82	0,88	0,92	0,94	0,96
3	0,71	0,79	0,84	0,88	0,91
4	0,64	0,74	0,81	0,85	0,89
5	0,59	0,70	0,78	0,83	0,87
6	0,56	0,67	0,76	0,82	0,86
7	0,53	0,65	0,74	0,80	0,85
8	0,51	0,63	0,73	0,80	—
9	0,49	0,62	0,72	0,79	—
10	0,48	0,61	0,71	—	—

-Instalaciones interiores:

Tabla 24: Factores de corrección para temperaturas diferentes de 30°C

Temperatura ambiente °C	PVC	XLPE Y EPR
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
30	1,00	1,00
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65		0,65
70		0,58
75		0,50
80		0,41

Tabla 25: Factores de corrección por agrupamiento de varios circuitos o de varios cables multiconductores

Disposición	Número de Circuitos o cables multiconductores							
	1	2	3	4	6	9	12	16
Agrupados en una superficie, empotrados o embutidos (métodos A y B)	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40
Capa única sobre muros o bandejas no perforadas (método C)	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70		
Capa única en techo (método C)	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60		
Capa única en una superficie perforada vertical u horizontal (métodos E y F)	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70		
Capa única con apoyo de bandeja, escalera o abrazaderas (métodos E y F)	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80		

Una vez hallada  $I_c'$  se encuentra la sección nominal mínima adecuada para la intensidad calculada en las diferentes tablas del reglamento.

-Instalaciones exteriores:

Tabla 26: Intensidades máxima admisible para cables de distribución de 0,6/1 kV en instalación soterrada

Intensidad máxima admisible en A Aislamiento de XLPE. Conductor de Cu o de Al Cables en triángulo en contacto		
sección mm <sup>2</sup>	Directamente soterrados 	En tubular soterrada 
Aluminio		
25	95	82
50	135	115
95	200	175
150	260	230
240	340	305
Cobre		
25	125	105
50	185	155
95	260	225
150	340	300
240	445	400
Temperatura del terreno en °C:		25
Resistencia térmica del terreno en K·m/W:		1,5
Profundidad de soterramiento en m:		0,7

**-Instalaciones interiores:**

Tabla 27: Intensidades máximas admisibles para los distintos tipos de instalación al aire

A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
<b>Cobre</b>												
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
35				110	117	126	137	147	158	169	185	200
50				134	141	153	167	179	192	207	225	242
70				171	179	196	213	229	246	268	289	310
95				207	216	238	258	278	298	328	352	377
120				239	249	276	299	322	346	382	410	437
150					285	318	344	371	395	441	473	504
185					324	362	392	424	450	506	542	575
240					380	424	461	500	538	599	641	679

**-Cálculo por caída de tensión**

Para el cálculo de las secciones por el criterio de caída de tensión hay que tener en cuenta la caída tensión admisible. En todas las líneas es del 6,5% salvo en las líneas del alumbrado y la línea CGD-CSA, que tienen una caída de tensión admisible del 4,5%.

Para el cálculo de las caídas de tensión se usan las siguientes expresiones:

Tabla 28: Expresiones para el cálculo de la caída de tensión

<p>Caída de tensión en una línea trifásica: <math>\delta = \sqrt{3} I (R \cos\varphi + X \sin \varphi)</math></p> <p>Caída de tensión de una línea monofásica: <math>\delta = 2 I (R \cos\varphi + X \sin \varphi)</math></p>
---

I es la intensidad de cálculo, R la resistencia del conductor y X la reactancia del conductor. El valor que se da en la expresión es el dado por unidad de longitud del cable, por lo que habría multiplicar el valor por la longitud de la línea, en km.

Las caídas de tensión se acumulan. Por ejemplo, en la línea CT-CGD hay una caída tensión, la cual se añade a la producida en la línea CGD-CSM, y esta acumulación a su vez se suma a la caída de tensión que hay en cada una de las líneas que parten del CSM.

Para el cálculo de la caída de tensión relativa, en %, se divide la caída tensión entre la tensión nominal (230 V para líneas monofásicas y 400 V para las trifásicas).

Los valores de R y X se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 29: Valores de R y X

SECC	∅ Cond+Ais	∅ Ext. Cabl. Unip	∅ Ext Cabl Mult	X Unipol.	X Multipol.	R (20°C)	R (20°C)	R (70°C)	R (70°C)	R (90 °C)	R (90 °C)
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km
Cu - Al	Cu - Al	Cu - Al	Cu - Al	Cu - Al	Cu - Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
								PVC	PVC	XLPE-EPR	XLPE-EPR
1,5	3,00	5,90	10,90	0,145	0,108	12,100	20,000	14,460	24,200	15,403	25,460
2,5	3,40	6,30	11,80	0,134	0,100	7,410	12,000	8,855	14,520	9,433	15,276
4	4,30	7,20	13,70	0,128	0,100	4,610	7,500	5,509	9,075	5,869	9,548
6	5,20	8,10	15,80	0,116	0,091	3,080	5,000	3,681	6,050	3,921	6,365
10	6,20	9,10	17,40	0,106	0,085	1,830	3,000	2,187	3,630	2,330	3,819
16	7,20	10,20	19,50	0,099	0,080	1,150	1,875	1,374	2,269	1,464	2,387
25	8,40	11,50	22,30	0,098	0,080	0,727	1,200	0,869	1,452	0,925	1,528
35	9,50	12,50	24,70	0,093	0,078	0,524	0,868	0,626	1,050	0,667	1,105
50	11,20	14,20	28,30	0,093	0,078	0,387	0,641	0,462	0,776	0,493	0,816
70	12,70	15,70	31,90	0,089	0,075	0,268	0,443	0,320	0,536	0,341	0,564
95	15,00	18,30	37,30	0,086	0,074	0,193	0,320	0,231	0,387	0,246	0,407
120	16,50	20,00	40,80	0,085	0,073	0,153	0,253	0,183	0,306	0,195	0,322
150	18,30	21,80	44,90	0,084	0,073	0,124	0,206	0,148	0,249	0,158	0,262
185	20,50	24,30	50,10	0,084	0,073	0,099	0,164	0,118	0,198	0,126	0,209
240	23,40	27,40	57,00	0,082	0,073	0,075	0,125	0,090	0,151	0,095	0,159
300	25,90	30,10	62,90	0,082	0,072	0,060	0,100	0,072	0,121	0,076	0,127
400	29,30	33,80	74,40	0,081	0,072	0,047	0,078	0,056	0,094	0,060	0,099
500	32,40	37,80	---	0,080	---	0,036	0,061	0,043	0,074	0,046	0,078

La temperatura usada es la mayor para el cálculo por caída de tensión (70°C para PVC y 90°C para XLPE).

Si la caída de tensión dada con la sección obtenida por el criterio de calentamiento es mayor que la admisible, se ha ido aumentando la sección hasta que finalmente sea menor.

### -Cálculo por cortocircuito

Este criterio establece que la intensidad por cortocircuito ( $I_{cc}$ ) en el punto más desfavorable debe ser menos que la admisible.

$I_{cc}$  se calcula tomando como punto de partida los bornes de baja tensión del transformador, el cual es el origen de la instalación. La  $I_{cc}$  del transformador de 630 kVA es de 21674 A, valor obtenido según las características de la red de distribución en alta y media tensión y del transformador.

La sección por cortocircuito viene dada por la siguiente expresión:

$$s = \frac{1}{K} I_{cc} \sqrt{t}$$

Ecuación 8: Sección por cortocircuito

Donde el valor de K se ha obtenido de la siguiente tabla:

Tabla 30: Valores de K

PVC sobre Cu	115
PVC sobre Al	74
XLPE y EPR sobre Cu	140
XLPE y EPR sobre Al	92

A partir del transformador se acumulan las resistencias, las reactancias y las impedancias. Para el cálculo de estos valores en el transformador se han empleado las siguientes expresiones, cuyos datos se dan en la Tabla 19: Características de los transformadores convencionales.

Tabla 31: cálculo de impedancia, resistencia y reactancia del transformador

$$Z_t = \frac{U_{cc} U^2}{100 S_t}; \quad R_t = \frac{P_c}{3I^2}; \quad X_t = \sqrt{Z_t^2 - R_t^2}$$

Para los valores de R, X y Z del resto de puntos de la instalación se ha empleado la Tabla 29: Valores de R y X, para 20°C.

Con todo esto, se han calculado las diferentes intensidades por cortocircuito:

Tabla 32: Valores de las intensidades por cortocircuito

Cuadro	Línea anterior					Rac (Ω)	Xac (Ω)	Zac (Ω)	Icc (A)
	Nombre	Sección (mm <sup>2</sup> )	R (Ω/km)	X (Ω/km)	L (m)				
CT						0,00266	0,01017	0,010159	21674
CGD	CT-CGD	185	0,099	0,073	26	0,005234	0,012068	0,013154	17556
CSM	CGD-CSM	150	0,124	0,073	4	0,00573	0,01236	0,013624	16951
CSA	CGD-CSA	50	0,0387	0,078	0,5	0,00525335	0,012107	0,013198	17427
CSE	CGD-CSE	70	0,268	0,075	1,5	0,005636	0,0121805	0,013421	17207

## 2.5. Resultados

Aplicando todo lo anterior descrito se obtienen los siguientes resultados.

### 2.5.1. Línea del centro de transformación

Tabla 33: Características de la línea CT-CGD

Línea	Receptor	Tipo	Sistema de instalación	Aislamiento	Cable	P (kW)	cos ( $\phi$ )	Un (V)	Ic (A)
CT-CGD	CGD	Trifásico	Enterrado bajo tubo	XLPE	Unipolar	552,73	0,88	400	909,33

### -Cálculo por calentamiento:

Tabla 34: Sección de la línea CT-CGD por calentamiento

Línea	Ic (A)	Correcciones						Profundidad instalación		Colocación en interior del tubo Ktubo	Kc	Ic' (A)	Sección (mm <sup>2</sup> )
		Temperatura terreno		Conductividad térmica		Agrupación de cables		Prof (m)	Kprof				
		T (°C)	KT	Cond (K·m/W)	Kcond	Nº de cables	Kagrup						
CT-CGD	909,33	25	1	1,5	1	3	0,89	0,7	1	0,8	0,712	1277,144	185

**-Cálculo por caída de tensión:**

Tabla 35: Sección de la línea CT-CGD por caída de tensión

Línea	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>c</sub> (A)	L (m)	cos (φ)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	ΔU (V)	ΔU <sub>ac</sub> (V)	U <sub>n</sub> (V)	δ (%)	δ <sub>máx</sub> (%)
CT-CGD	185	909,33	26	0,88	0,099	0,084	5,21	5,21	400	1,30	6,5

**-Cálculo por cortocircuito:**

Tabla 36: Sección de la línea CT-CGD por cortocircuito

Línea	Origen	Sección (mm <sup>2</sup> )	K	t (ms)	I <sub>ccadm</sub> (A)	I <sub>cc</sub> (A)	Válida	Sección definitiva (mm <sup>2</sup> )	
								Teórica	Nominal
CT-CGD	CT	185	140	10	259000	21674	Sí	15,48	185

**2.5.2. Cuadro General de Distribución**

Tabla 37: Características de las líneas que parten del CGD

Línea	Receptor	Tipo	Sistema de instalación	Aislamiento	Cable	P (kW)	cos (φ)	U <sub>n</sub> (V)	I <sub>n</sub> (A)	I <sub>c</sub> (A)
CGD-CSM	CSM	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	288,57	0,88	400	472,20	484,37
CGD-CSA	CSA	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	52,65	0,90	400	84,44	151,98
CGD-CSE	CSE	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	89,24	0,85	400	151,54	151,54

**-Cálculo por calentamiento:**

Tabla 38: Sección de las líneas que parten del CGD por calentamiento

Línea	Ic (A)	Correcciones				Kc	Ic' (A)	Sección (mm2)
		Temperatura ambiente		Agrupación de cables				
		T (°C)	KT	Nº de	Kagrup			
CGD-CSM	484,37	40	1	2	0,9	1	538,19	150
CGD-CSA	151,98	40	1	1	1	1	151,98	50
CGD-CSE	151,54	40	1	1	1	1	151,54	50

**-Cálculo por caída de tensión:**

Tabla 39: Sección de las líneas que parten del CGD por caída de tensión

Línea	Sección (mm2)	Ic (A)	L (m)	cos (φ)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	ΔU (V)	ΔUac (V)	Un (V)	δ (%)	δmáx (%)
CGD-CSM	150	484,37	4	0,88	0,148	0,073	0,55	5,76	400	1,44	6,5
CGD-CSA	50	151,98	0,5	0,90	0,462	0,078	0,06	5,27	400	1,32	7,5
CGD-CSE	50	151,54	1,5	0,85	0,462	0,078	0,17	5,38	400	1,34	6,5

**-Cálculo por cortocircuito:**

Tabla 40: Sección de las líneas que parten del CGD por cortocircuito

Línea	Origen	Sección (mm2)	K	t (ms)	Iccadm(A)	Icc (A)	Válida	Sección definitiva (mm2)	
								Teórica	Nominal
CT-CGD	CT	185	140	10	259000	21674	Sí	15,48	185

### 2.5.3. Cuadro Secundario de Motores

Tabla 41: Características de las líneas que parten del CSM

Línea	Receptores	Tipo	Sistema de instalación	Aislamiento	Cable	P (kW)	cos (φ)	Un (V)	In (A)	Ic (A)
CSM-B1	Bomba de impulsión (M1)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,90	0,87	400	3,15	3,94
CSM-B2	Bomba de impulsión (M2)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,90	0,87	400	3,15	3,94
CSM-B3	Bomba de impulsión (M3)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,90	0,87	400	3,15	3,94
CSM-B4	Bomba de impulsión (M4)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,90	0,87	400	3,15	3,94
CSM-B5	Bomba de impulsión (M5)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,90	0,87	400	3,15	3,94
CSM-B6	Bomba de impulsión (M6)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,90	0,87	400	3,15	3,94
CSM-CN	Desnatadora centrífuga (M7)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	16,67	0,89	400	27,03	33,79
CSM-EV	Evaporador (M8)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	16,67	0,89	400	27,03	33,79
CSM-H1	Homogeneizador (M9)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	24,23	0,9	400	38,86	48,57
CSM-MZ	Mezclador (M10)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	4,34	0,9	400	6,96	8,70
CSM-EF	Envasadora del yogur firme (M11+M11')	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	7,41	0,88	400	12,15	13,96
CSM-AG	Tanque pulmón con agitador (M12)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	0,75	0,82	400	1,33	1,66
CSM-H2	Homogeneizador (M13)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	16,67	0,89	400	27,03	33,79
CSM-EL	Envasadora del yogur líquido (M14+M14')	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	7,41	0,88	400	12,15	13,96
CSM-CIP	Sistema de limpieza CIP (M15)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	8,47	0,9	400	13,59	16,99
CSM-IN	Cinta transportadora Incub (M16)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	2,70	0,86	400	4,53	5,66
CSM-C1	Compresor 1 (M17)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	11,64	0,89	400	18,87	23,59
CSM-C2	Compresor 2 (M18)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	4,90	0,9	400	7,86	9,82
CSM-C3	Compresor 3 (M19)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	45,78	0,9	400	73,42	91,78
CSM-C4	Compresor 4 (M20)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,88	0,87	400	3,13	3,91
CSM-C5	Compresor 5 (M21)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,67	0,86	400	2,80	3,50
CSM-IP1	Intercambiador de placas (M22)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	19,89	0,9	400	31,90	39,87
CSM-IP2	Intercambiador de placas (M23)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	19,89	0,9	400	31,90	39,87
CSM-IP3	Intercambiador de placas (M24)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	19,89	0,9	400	31,90	39,87
CSM-IP4	Intercambiador de placas (M25)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	19,89	0,9	400	31,90	39,87
CSM-CP	Caldera pirotubular (M26)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	16,95	0,9	400	27,18	33,98
CSM-VE1	Ventiladores (M27)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,90	0,87	400	3,15	3,94
CSM-VE2	Ventiladores (M28)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,90	0,87	400	3,15	3,94
CSM-VE3	Ventiladores (M29)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,90	0,87	400	3,15	3,94
CSM-VE4	Ventiladores (M30)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,90	0,87	400	3,15	3,94
CSM-VE5	Ventiladores (M31)	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	1,90	0,87	400	3,15	3,94

**-Cálculo por calentamiento:**

Tabla 42: Sección de las líneas que parten del CSM por calentamiento

Línea	Ic (A)	Correcciones				Kc	Ic' (A)	Sección (mm2)
		Temperatura ambiente		Agrupación de cables				
		T (°C)	KT	Nº de cables	Kagrup			
CSM-B1	3,94	40	1	1	1	1	3,94	1,5
CSM-B2	3,94	40	1	7	0,75	0,75	5,25	1,5
CSM-B3	3,94	40	1	7	0,75	0,75	5,25	1,5
CSM-B4	3,94	40	1	7	0,75	0,75	5,25	1,5
CSM-B5	3,94	40	1	4	0,75	0,75	5,25	1,5
CSM-B6	3,94	40	1	4	0,75	0,75	5,25	1,5
CSM-CN	33,79	40	1	7	0,75	0,75	45,05	10
CSM-EV	33,79	40	1	7	0,75	0,75	45,05	10
CSM-H1	48,57	40	1	7	0,75	0,75	64,76	16
CSM-MZ	8,70	40	1	4	0,75	0,75	11,60	1,5
CSM-EF	13,96	40	1	4	0,75	0,75	18,62	2,5
CSM-AG	1,66	40	1	4	0,75	0,75	2,21	1,5
CSM-H2	33,79	40	1	4	0,75	0,75	45,05	10
CSM-EL	13,96	40	1	4	0,75	0,75	18,62	2,5
CSM-CIP	16,99	40	1	9	0,7	0,7	24,27	2,5
CSM-IN	5,66	40	1	9	0,7	0,7	8,09	1,5
CSM-C1	23,59	40	1	9	0,7	0,7	33,70	4
CSM-C2	9,82	40	1	9	0,7	0,7	14,03	1,5
CSM-C3	91,78	40	1	9	0,7	0,7	131,12	50
CSM-C4	3,91	40	1	9	0,7	0,7	5,58	1,5
CSM-C5	3,50	40	1	9	0,7	0,7	4,99	1,5
CSM-IP1	39,87	40	1	7	0,75	0,75	53,16	10
CSM-IP2	39,87	40	1	9	0,7	0,7	56,96	10
CSM-IP3	39,87	40	1	4	0,75	0,75	53,16	10
CSM-IP4	39,87	40	1	1	1	1	39,87	6
CSM-CP	33,98	40	1	9	0,7	0,7	48,54	10
CSM-VE1	3,94	40	1	5	0,75	0,75	5,25	1,5
CSM-VE2	3,94	40	1	5	0,75	0,75	5,25	1,5
CSM-VE3	3,94	40	1	5	0,75	0,75	5,25	1,5
CSM-VE4	3,94	40	1	5	0,75	0,75	5,25	1,5
CSM-VE5	3,94	40	1	5	0,75	0,75	5,25	1,5

**-Cálculo por caída de tensión:**

Tabla 43: Sección de las líneas que parten del CSM por caída de tensión

Línea	Sección (mm2)	Ic (A)	L (m)	cos (φ)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	ΔU (V)	ΔUac (V)	Un (V)	δ (%)	δmáx (%)
CSM-B1	1,5	3,94	12,12	0,87	14,46	0,108	1,04	6,81	400	1,70	6,5
CSM-B2	1,5	3,94	22,19	0,87	14,46	0,108	1,91	7,67	400	1,92	6,5
CSM-B3	1,5	3,94	22,2	0,87	14,46	0,108	1,91	7,67	400	1,92	6,5
CSM-B4	1,5	3,94	22,03	0,87	14,46	0,108	1,90	7,66	400	1,91	6,5
CSM-B5	1,5	3,94	36,75	0,87	14,46	0,108	3,17	8,93	400	2,23	6,5
CSM-B6	1,5	3,94	27,82	0,87	14,46	0,108	2,40	8,16	400	2,04	6,5
CSM-CN	10	33,79	12,13	0,89	2,187	0,085	1,41	7,17	400	1,79	6,5
CSM-EV	10	33,79	14,92	0,89	2,187	0,085	1,73	7,49	400	1,87	6,5
CSM-H1	16	48,57	15,66	0,9	1,374	0,08	1,68	7,44	400	1,86	6,5
CSM-MZ	1,5	8,70	32,79	0,9	14,46	0,108	6,45	12,21	400	3,05	6,5
CSM-EF	2,5	13,96	40,49	0,88	8,855	0,1	7,68	13,44	400	3,36	6,5
CSM-AG	1,5	1,66	20,88	0,82	14,46	0,108	0,71	6,48	400	1,62	6,5
CSM-H2	10	33,79	18,16	0,89	2,187	0,085	2,11	7,87	400	1,97	6,5
CSM-EL	2,5	13,96	29,45	0,88	8,855	0,1	5,58	11,35	400	2,84	6,5
CSM-CIP	2,5	16,99	53,95	0,9	8,855	0,1	12,72	18,48	400	4,62	6,5
CSM-IN	1,5	5,66	124,6	0,86	14,46	0,108	15,27	21,03	400	5,26	6,5
CSM-C1	4	23,59	50,9	0,89	8,855	0,1	16,49	22,25	400	5,56	6,5
CSM-C2	1,5	9,82	49,9	0,9	8,855	0,1	6,80	12,56	400	3,14	6,5
CSM-C3	50	91,78	48,9	0,9	0,231	0,074	1,87	7,63	400	1,91	6,5
CSM-C4	1,5	3,91	48	0,87	14,46	0,108	4,11	9,87	400	2,47	6,5
CSM-C5	1,5	3,50	47,19	0,86	14,46	0,108	3,57	9,33	400	2,33	6,5
CSM-IP1	10	39,87	13,12	0,9	2,187	0,085	1,82	7,58	400	1,89	6,5
CSM-IP2	10	39,87	25,36	0,9	2,187	0,085	3,51	9,27	400	2,32	6,5
CSM-IP3	10	39,87	28,92	0,9	2,187	0,085	4,01	9,77	400	2,44	6,5
CSM-IP4	6	39,87	23,14	0,9	3,78	0,0995	5,51	11,27	400	2,82	6,5
CSM-CP	10	33,98	44,3	0,9	2,187	0,085	5,23	10,99	400	2,75	6,5
CSM-VE1	1,5	3,94	66,32	0,87	14,46	0,108	5,71	11,48	400	2,87	6,5
CSM-VE2	1,5	3,94	63,32	0,87	14,46	0,108	5,46	11,22	400	2,80	6,5
CSM-VE3	1,5	3,94	60,12	0,87	14,46	0,108	5,18	10,94	400	2,74	6,5
CSM-VE4	1,5	3,94	57,6	0,87	14,46	0,108	4,96	10,72	400	2,68	6,5
CSM-VE5	1,5	3,94	55,32	0,87	14,46	0,108	4,77	10,53	400	2,63	6,5

**-Cálculo por cortocircuito:**

Tabla 44: Sección de las líneas que parten del CSM por cortocircuito

Línea	Origen	Sección (mm2)	K	t (ms)	Iccadm(A)	Icc (A)	Válida	Sección definitiva (mm2)	
								Teórica	Nominal
CSM-B1	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-B2	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-B3	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-B4	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-B5	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-B6	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-CN	CSM	10	115	10	11500	16951	NO	14,74	16
CSM-EV	CSM	10	115	10	11500	16951	NO	14,74	16
CSM-H1	CSM	16	115	10	18400	16951	SÍ	14,74	16
CSM-MZ	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-EF	CSM	2,5	115	10	2875	16951	NO	14,74	16
CSM-AG	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-H2	CSM	10	115	10	11500	16951	NO	14,74	16
CSM-EL	CSM	2,5	115	10	2875	16951	NO	14,74	16
CSM-CIP	CSM	2,5	115	10	2875	16951	NO	14,74	16
CSM-IN	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-C1	CSM	4	115	10	4600	16951	NO	14,74	16
CSM-C2	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-C3	CSM	50	115	10	57500	16951	SÍ	14,74	50
CSM-C4	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-C5	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-IP1	CSM	10	115	10	11500	16951	NO	14,74	16
CSM-IP2	CSM	10	115	10	11500	16951	NO	14,74	16
CSM-IP3	CSM	10	115	10	11500	16951	NO	14,74	16
CSM-IP4	CSM	6	115	10	6900	16951	NO	14,74	16
CSM-CP	CSM	10	115	10	11500	16952	NO	14,74	16
CSM-VE1	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-VE2	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-VE3	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-VE4	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16
CSM-VE5	CSM	1,5	115	10	1725	16951	NO	14,74	16

## 2.5.4. Cuadro Secundario de Alumbrado

Tabla 45: Resumen de las de las luminarias

Línea	Tipo de luminaria	Nº de luminarias	Nº de lámparas por luminaria	Potencia absorbida (kW)		cos (φ)
				Lámparas	Total	
CSA-VS	2 tubos fluorescentes	16	2	0,071	2,272	0,9
CSA-OF1	2 tubos fluorescentes	4	2	0,071	0,568	0,9
CSA-OF2	2 tubos fluorescentes	18	2	0,071	2,556	0,9
CSA-OF3	2 tubos fluorescentes	4	2	0,071	0,568	0,9
CSA-OF4	2 tubos fluorescentes	4	2	0,071	0,568	0,9
CSA-OF5	2 tubos fluorescentes	12	2	0,071	1,704	0,9
CSA-OF6	2 tubos fluorescentes	14	2	0,071	1,988	0,9
CSA-SC	2 tubos fluorescentes	2	2	0,071	0,284	0,9
CSA-CR	2 tubos fluorescentes	4	2	0,071	0,568	0,9
CSA-TN	Lámpara de vapor de mercurio	7	1	0,426	2,982	0,9
CSA-CC	2 tubos fluorescentes	6	2	0,071	0,852	0,9
CSA-PA	2 tubos fluorescentes	5	2	0,071	0,71	0,9
CSA-MP	2 tubos fluorescentes	14	2	0,071	1,988	0,9
CSA-IN1	2 tubos fluorescentes	10	2	0,071	1,42	0,9
CSA-IN2	2 tubos fluorescentes	10	2	0,071	1,42	0,9
CSA-AL1	2 tubos fluorescentes	10	2	0,071	1,42	0,9
CSA-AL2	2 tubos fluorescentes	10	2	0,071	1,42	0,9
CSA-AL3	2 tubos fluorescentes	10	2	0,071	1,42	0,9
CSA-AL4	2 tubos fluorescentes	10	2	0,071	1,42	0,9
CSA-DC	2 tubos fluorescentes	4	2	0,071	0,568	0,9
CSA-EF	Lámpara de vapor de mercurio	12	1	0,426	5,112	0,9
CSA-EL	Lámpara de vapor de mercurio	8	1	0,426	3,408	0,9
CSA-G1	Lámpara de vapor de mercurio	4	1	0,426	1,704	0,9
CSA-G2	Lámpara de vapor de mercurio	12	1	0,426	5,112	0,9
CSA-PR1	Lámpara de vapor de mercurio	16	1	0,426	6,816	0,9
CSA-PR2	Lámpara de vapor de mercurio	4	1	0,426	1,704	0,9
CSA-PS	Lámpara de vapor de mercurio	8	1	0,426	3,408	0,9

Tabla 46: Características de las líneas que parten del CSA

Línea	Receptores	Tipo	Sistema de instalación	Aislamiento	Cable	P (kW)	cos (φ)	Un (V)	In (A)	Ic (A)
CSA-VS	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	2,272	0,9	230	10,98	17,78
CSA-OF1	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	0,568	0,9	230	2,74	4,45
CSA-OF2	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	2,556	0,9	230	12,35	20,00
CSA-OF3	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	0,568	0,9	230	2,74	4,45
CSA-OF4	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	0,568	0,9	230	2,74	4,45
CSA-OF5	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	1,704	0,9	230	8,23	13,34
CSA-OF6	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	1,988	0,9	230	9,60	15,56
CSA-SC	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	0,284	0,9	230	1,37	2,22
CSA-CR	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	0,568	0,9	230	2,74	4,45
CSA-TN	Proyector	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	2,982	0,9	230	14,41	23,34
CSA-CC	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	0,852	0,9	230	4,12	6,67
CSA-PA	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	0,71	0,9	230	3,43	5,56
CSA-MP	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	1,988	0,9	230	9,60	15,56
CSA-IN1	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	1,42	0,9	230	6,86	11,11
CSA-IN2	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	1,42	0,9	230	6,86	11,11
CSA-AL1	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	1,42	0,9	230	6,86	11,11
CSA-AL2	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	1,42	0,9	230	6,86	11,11
CSA-AL3	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	1,42	0,9	230	6,86	11,11
CSA-AL4	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	1,42	0,9	230	6,86	11,11
CSA-DC	Fluorescentes	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	0,568	0,9	230	2,74	4,45
CSA-EF	Proyector	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	5,112	0,9	230	24,70	40,01
CSA-EL	Proyector	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	3,408	0,9	230	16,46	26,67
CSA-G1	Proyector	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	1,704	0,9	230	8,23	13,34
CSA-G2	Proyector	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	5,112	0,9	230	24,70	40,01
CSA-PR1	Proyector	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	6,816	0,9	230	32,93	53,34
CSA-PR2	Proyector	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	1,704	0,9	230	8,23	13,34
CSA-PS	Proyector	Monofásico	Bandeja	PVC	Unipolar	3,408	0,9	230	16,46	26,67

**-Cálculo por calentamiento:**

Tabla 47: Sección de las líneas que parten del CSM por calentamiento

Línea	Ic (A)	Correcciones						Kc	Ic' (A)	Sección (mm2)
		Temperatura ambiente		Agrupación de cables						
		T (°C)	KT	Nº de cables	Kagrup	Nº de capas	Kcapas			
CSA-VS	17,78	40	1	6	0,75	2	0,80	0,60	29,63	2,5
CSA-OF1	4,45	40	1	6	0,75	2	0,80	0,60	7,41	1,5
CSA-OF2	20,00	40	1	6	0,75	2	0,80	0,60	33,34	4
CSA-OF3	4,45	40	1	6	0,75	2	0,80	0,60	7,41	1,5
CSA-OF4	4,45	40	1	6	0,75	2	0,80	0,60	7,41	1,5
CSA-OF5	13,34	40	1	6	0,75	2	0,80	0,60	22,23	2,5
CSA-OF6	15,56	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	27,78	2,5
CSA-SC	2,22	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	3,97	1,5
CSA-CR	4,45	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	7,94	1,5
CSA-TN	23,34	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	41,67	6
CSA-CC	6,67	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	11,91	1,5
CSA-PA	5,56	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	9,92	1,5
CSA-MP	15,56	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	27,78	2,5
CSA-IN1	11,11	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	19,84	1,5
CSA-IN2	11,11	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	19,84	1,5
CSA-AL1	11,11	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	19,84	1,5
CSA-AL2	11,11	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	19,84	1,5
CSA-AL3	11,11	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	19,84	1,5
CSA-AL4	11,11	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	19,84	1,5
CSA-DC	4,45	40	1	5	0,75	2	0,80	0,60	7,41	1,5
CSA-EF	40,01	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	71,44	16
CSA-EL	26,67	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	47,63	6
CSA-G1	13,34	40	1	5	0,75	2	0,80	0,60	22,23	2,5
CSA-G2	40,01	40	1	5	0,75	2	0,80	0,60	66,68	10
CSA-PR1	53,34	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	95,25	25
CSA-PR2	13,34	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	23,81	2,5
CSA-PS	26,67	40	1	8	0,70	2	0,80	0,56	47,63	6

**-Cálculo por caída de tensión:**

Tabla 48: Sección de las líneas que parten del CSA por caída de tensión

Línea	Sección (mm <sup>2</sup> )	Ic (A)	L (m)	cos (φ)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	ΔU (V)	ΔUac (V)	Un (V)	δ (%)	δmáx (%)
CSA-VS	2,5	17,78	12	0,9	8,855	0,134	3,43	8,69	230	3,78	4,5
CSA-OF1	1,5	4,45	15,5	0,9	14,46	0,145	1,80	7,07	230	3,07	4,5
CSA-OF2	4	20,00	20	0,9	5,509	0,128	4,01	9,28	230	4,03	4,5
CSA-OF3	1,5	4,45	27,08	0,9	14,46	0,145	3,15	8,41	230	3,66	4,5
CSA-OF4	1,5	4,45	31	0,9	14,46	0,145	3,60	8,87	230	3,86	4,5
CSA-OF5	6	13,34	40	0,9	3,681	0,116	3,59	8,85	230	3,85	4,5
CSA-OF6	10	15,56	58,85	0,9	2,187	0,106	3,69	8,96	230	3,89	4,5
CSA-SC	1,5	2,22	2,35	0,9	14,46	0,145	0,14	5,40	230	2,35	4,5
CSA-CR	1,5	4,45	24,6	0,9	14,46	0,108	2,86	8,12	230	3,53	4,5
CSA-TN	6	23,34	30,49	0,9	3,681	0,116	4,79	10,05	230	4,37	4,5
CSA-CC	4	6,67	51,53	0,9	5,509	0,128	3,45	8,71	230	3,79	4,5
CSA-PA	6	5,56	100,3	0,9	3,681	0,116	3,75	9,02	230	3,92	4,5
CSA-MP	16	15,56	107,2	0,9	1,374	0,099	4,27	9,54	230	4,15	4,5
CSA-IN1	16	11,11	114,48	0,9	1,374	0,099	3,26	8,52	230	3,71	4,5
CSA-IN2	16	11,11	125,34	0,9	1,374	0,099	3,57	8,83	230	3,84	4,5
CSA-AL1	10	11,11	81,9	0,9	2,187	0,106	3,67	8,93	230	3,88	4,5
CSA-AL2	6	11,11	59,3	0,9	3,681	0,116	4,43	9,70	230	4,22	4,5
CSA-AL3	6	11,11	67,22	0,9	3,681	0,116	5,03	10,29	230	4,47	4,5
CSA-AL4	6	11,11	54,68	0,9	3,681	0,116	4,09	9,35	230	4,07	4,5
CSA-DC	2,5	4,45	63,58	0,9	8,855	0,134	4,54	9,80	230	4,26	4,5
CSA-EF	16	40,01	40,85	0,9	1,374	0,099	4,18	9,45	230	4,11	4,5
CSA-EL	10	26,67	31,41	0,9	2,187	0,106	3,38	8,64	230	3,76	4,5
CSA-G1	2,5	13,34	20,05	0,9	8,855	0,134	4,29	9,56	230	4,16	4,5
CSA-G2	16	40,01	37,85	0,9	1,374	0,099	3,88	9,14	230	3,97	4,5
CSA-PR1	25	53,34	27,94	0,9	0,869	0,098	2,46	7,73	230	3,36	4,5
CSA-PR2	2,5	13,34	21,5	0,9	8,855	0,134	4,60	9,87	230	4,29	4,5
CSA-PS	6	26,67	17,04	0,9	3,681	0,116	3,06	8,32	230	3,62	4,5

**-Cálculo por cortocircuito:**

Tabla 49: Sección de las líneas que parten del CSA por cortocircuito

Línea	Origen	Sección (mm <sup>2</sup> )	K	t (ms)	Iccadm(A)	Icc (A)	Válida	Sección definitiva (mm <sup>2</sup> )	
								Teórica	Nominal
CSA-VS	CSA	2,5	115	10	2875	17427	NO	15,15	16
CSA-OF1	CSA	1,5	115	10	1725	17427	NO	15,15	16
CSA-OF2	CSA	4	115	10	4600	17427	NO	15,15	16
CSA-OF3	CSA	1,5	115	10	1725	17427	NO	15,15	16
CSA-OF4	CSA	1,5	115	10	1725	17427	NO	15,15	16
CSA-OF5	CSA	6	115	10	6900	17427	NO	15,15	16
CSA-OF6	CSA	10	115	10	11500	17427	NO	15,15	16
CSA-SC	CSA	1,5	115	10	1725	17427	NO	15,15	16
CSA-CR	CSA	1,5	115	10	1725	17427	NO	15,15	16
CSA-TN	CSA	6	115	10	6900	17427	NO	15,15	16
CSA-CC	CSA	4	115	10	4600	17427	NO	15,15	16
CSA-PA	CSA	6	115	10	6900	17427	NO	15,15	16
CSA-MP	CSA	16	115	10	18400	17427	SÍ	15,15	16
CSA-IN1	CSA	16	115	10	18400	17427	SÍ	15,15	16
CSA-IN2	CSA	16	115	10	18400	17427	SÍ	15,15	16
CSA-AL1	CSA	10	115	10	11500	17427	NO	15,15	16
CSA-AL2	CSA	6	115	10	6900	17427	NO	15,15	16
CSA-AL3	CSA	6	115	10	6900	17427	NO	15,15	16
CSA-AL4	CSA	6	115	10	6900	17427	NO	15,15	16
CSA-DC	CSA	2,5	115	10	2875	17427	NO	15,15	16
CSA-EF	CSA	16	115	10	18400	17427	SÍ	15,15	16
CSA-EL	CSA	10	115	10	11500	17427	NO	15,15	16
CSA-G1	CSA	2,5	115	10	2875	17427	NO	15,15	16
CSA-G2	CSA	16	115	10	18400	17427	SÍ	15,15	16
CSA-PR1	CSA	25	115	10	28750	17427	NO	15,15	16
CSA-PR2	CSA	2,5	115	10	2875	17427	NO	15,15	16
CSA-PS	CSA	6	115	10	6900	17427	NO	15,15	16

### 2.5.5. Cuadro secundario de Enchufes

Tabla 50: Características de las líneas que parten del CSE

Línea	Receptores	Tipo	Sistema de instalación	Aislamiento	Cable	Nº enchufes	Imáx (A)	Ks	In (A)	Ic (A)
CSE-M1	Enchufe	Monofásico	Bandeja	PVC	Tripolar	4	64	0,75	48,00	48,00
CSE-M2	Enchufe	Monofásico	Bandeja	PVC	Tripolar	18	288	0,2	57,60	57,60
CSE-M3	Enchufe	Monofásico	Bandeja	PVC	Tripolar	20	320	0,2	64,00	64,00
CSE-T1	Enchufe	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	3	48	0,5	24,00	24,00
CSE-T2	Enchufe	Trifásico	Bandeja	PVC	Tripolar	2	32	0,5	16,00	16,00

#### -Cálculo por calentamiento:

Tabla 51: Sección de las líneas que parten del CSE por calentamiento

Línea	Ic (A)	Correcciones				Kc	Ic' (A)	Sección (mm2)
		Temperatura ambiente		Agrupación de cables				
		T (°C)	KT	Nº de cables	Kagrup			
CSE-M1	48,00	40	1,00	3	0,80	0,80	60,00	10
CSE-M2	57,60	40	1,00	2	0,90	0,90	64,00	16
CSE-M3	64,00	40	1,00	2	0,90	0,90	71,11	16
CSE-T1	24,00	40	1,00	3	0,80	0,80	30,00	4
CSE-T2	16,00	40	1,00	3	0,80	0,80	20,00	2,5

**-Cálculo por caída de tensión:**

Tabla 52: Sección de las líneas que parten del CSE por caída de tensión

Línea	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>c</sub> (A)	L (m)	cos (φ)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	ΔU (V)	ΔU <sub>ac</sub> (V)	U <sub>n</sub> (V)	δ (%)	δ <sub>máx</sub> (%)
CSE-M1	35	48,00	130,2	0,85	0,626	0,0780	7,16	12,54	230	5,45	6,50
CSE-M2	16	57,60	30	0,85	1,374	0,0800	4,18	9,56	230	4,16	6,50
CSE-M3	16	64,00	69,12	0,85	0,869	0,0800	6,91	12,29	230	5,34	6,50
CSE-T1	10	24,00	175,62	0,85	2,187	0,0910	13,92	19,30	400	4,82	6,50
CSE-T2	4	16,00	140,76	0,85	5,509	0,1000	18,47	23,85	400	5,96	6,50

**-Cálculo por cortocircuito:**

Tabla 53: Sección de las líneas que parten del CSE por cortocircuito

Línea	Origen	Sección (mm <sup>2</sup> )	K	t (ms)	I <sub>ccadm</sub> (A)	I <sub>cc</sub> (A)	Válida	Sección definitiva (mm <sup>2</sup> )	
								Teórica	Nominal
CSE-M1	CSE	35	115	10	40250	17207	SÍ	14,96	35
CSE-M2	CSE	16	115	10	18400	17207	SÍ	14,96	16
CSE-M3	CSE	16	115	10	18400	17207	SÍ	14,96	16
CSE-T1	CSE	10	115	10	11500	17207	NO	14,96	16
CSE-T2	CSE	4	115	10	4600	17207	NO	14,96	16

## 2.6. Toma de tierra

La toma a tierra consiste en un electrodo formado por una pica de cobre vertical enterrada de 14 mm de diámetro.

Según la Instrucción ITC-BT-18, la máxima diferencia de potencial entre cualquier masa metálica susceptible y tierra es de 50 V para locales o emplazamientos secos. La sensibilidad mínima de los diferenciales a instalar es de 300 mA.

La resistencia máxima que debe tener el electrodo es la división entre ambos parámetros:  
 $50 \text{ V} / 0,3 \text{ A} = 166,67 \Omega$ .

La resistencia del electrodo es la división entre la resistividad del terreno y la longitud de la pica. La resistividad del terreno, el cual es de naturaleza limosa, es de  $70 \Omega \cdot \text{m}$ .

Por tanto, la longitud mínima que debe tener el electrodo para no sobrepasar la resistencia máxima es de 0,48 metros.

La elección final es una pica de 0,5 metros, dando una resistencia de  $600 \Omega$ .



**Proyecto Técnico de Nueva Instalación de una Fábrica de  
Yogur en el TM de Requena**

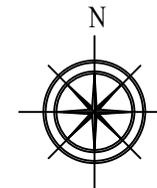
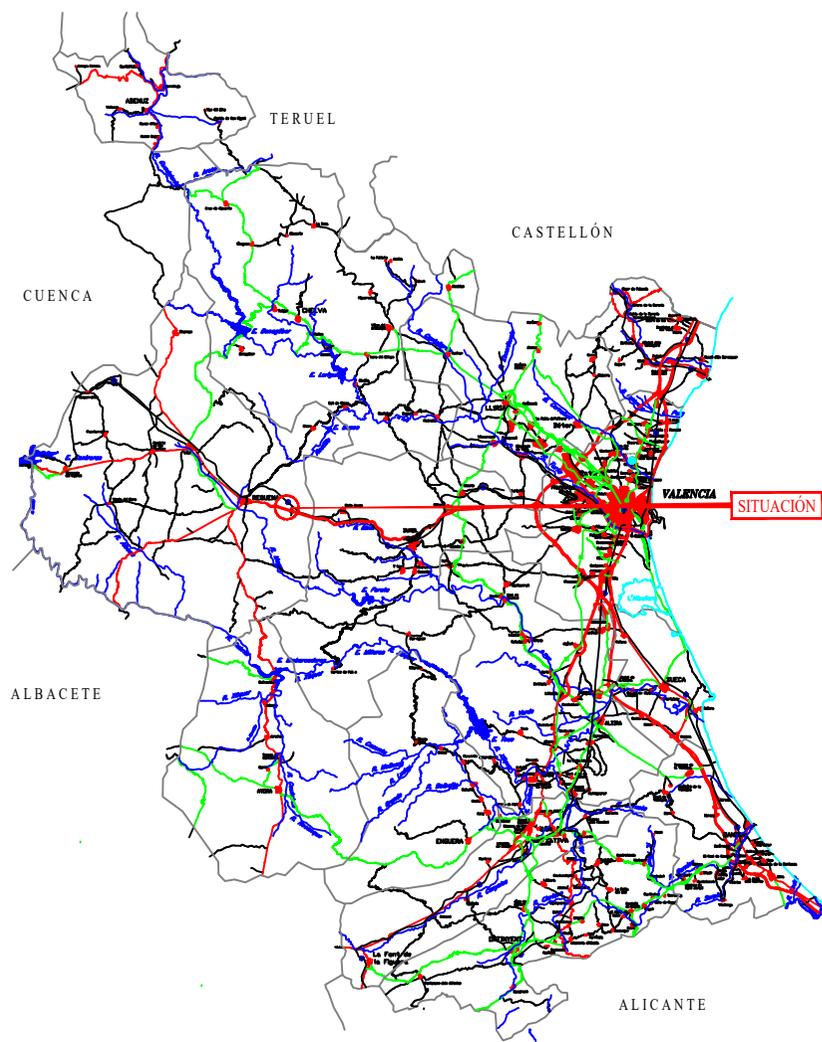
# **DOCUMENTO 2: PLANOS**

TRABAJO FINAL DE GRADO

ALUMNO: David Pablo Nordlund Sierra

## **ÍNDICE GENERAL**

1. Plano 1: Situación
2. Plano 2: Emplazamiento
3. Plano 3: Distribución en parcela
4. Plano 4: Distribución en planta
5. Plano 5: Líneas del CGD y CT
6. Plano 6: Líneas del alumbrado
7. Plano 7: Líneas de enchufes
8. Plano 8: Líneas de alumbrado
9. Plano 9: Dependencias de la nave

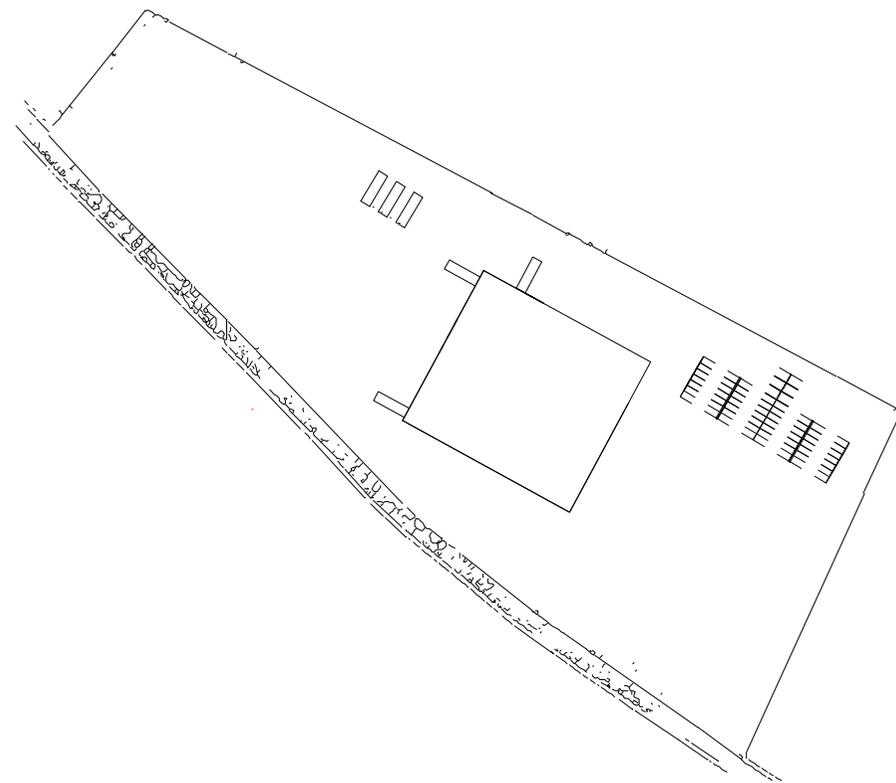


MAR MEDITERRÁNEO

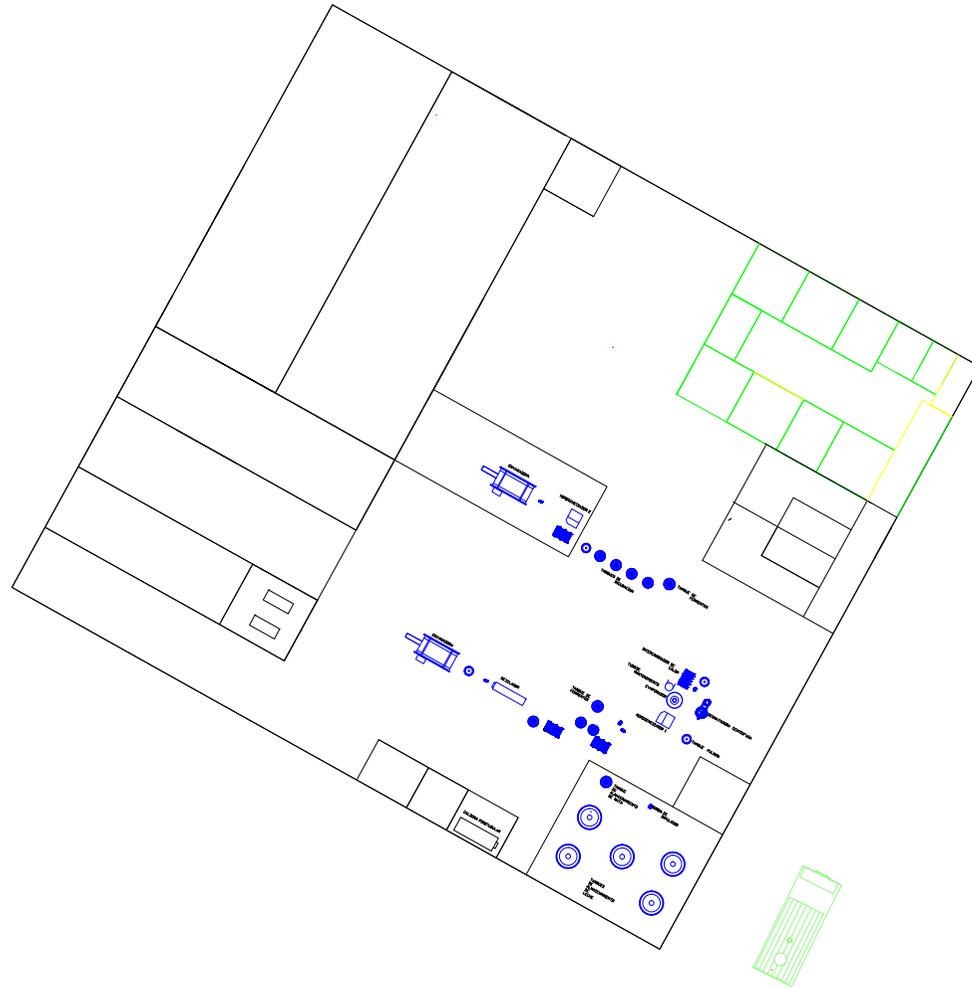
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA			
ALUMNO: <b>DAVID PABLO NORDLUND SIERRA</b>			
PROYECTO: P.T. DE UNA NUEVA INSTALACIÓN DE UNA FÁBRICA DE YOGUR EN EL T.M. DE REQUENA		FECHA: IX-2005	Nº PLANO: 1
HOMBRE DEL PLANO: PLANO SITUACIÓN		ESCALA: 1/400.000	CITAS: CH. 11



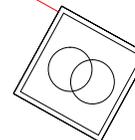
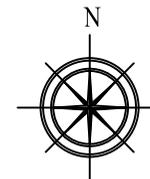
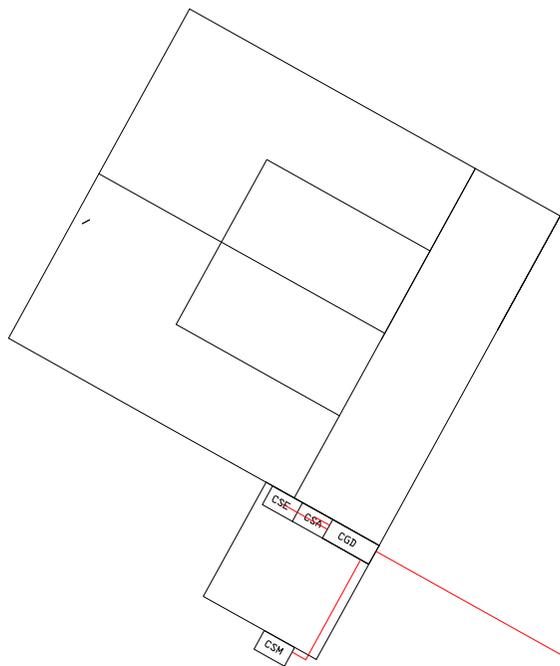
ESUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS			
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA			
ALUMNO			
DAVID PABLO NORDLUND SIERRA			
PROYECTO		FECHA	28/11/2016
P.T. DE UNA NUEVA INSTALACIÓN		Nº PLANO	ESCALA
DE UNA FÁBRICA DE YOGUR EN EL T.M. DE REQUENA		2	1:2000
NOMBRE DEL PLANO		CITAS	
PLANO EMPLAZAMIENTO		EN Nº	



ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS			
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA			
ALUMNO			
DAVID PABLO NORDLUND SIERRA			
PROYECTO		FECHA: 28/11/2016	
P.T. DE UNA NUEVA INSTALACIÓN			
DE UNA FÁBRICA DE YOGUR EN EL T.M. DE REQUENA		OP PLANO	ESCALA
NOMBRE DEL PLANO		3	1:2000
DISTRIBUCIÓN EN PARCELA			COTAS EN M



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA			
ALUMNO: DAVID PABLO NORDLUND SIERRA			
PROYECTO: P.T. DE UNA NUEVA INSTALACIÓN DE UNA FÁBRICA DE YOGUR EN EL T.M. DE REQUENA		FECHA: 28/11/2016	
NOMBRE DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA		Nº PLANO: 4	ESCALA: 1/500
		COTAS EN m	



ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA		
ALUMNO: DAVID PABLO NORDLUND SIERRA		
PROYECTO: P.T. DE UNA NUEVA INSTALACIÓN DE UNA FABRICA DE YOGUR EN EL T.M. DE REQUENA	FECHA: 28/11/2016	
NOMBRE DEL PLANO: LINEAS DEL CG y CT	Nº PLANO: 5	ESCALA: 1/200 COTAS EN m.



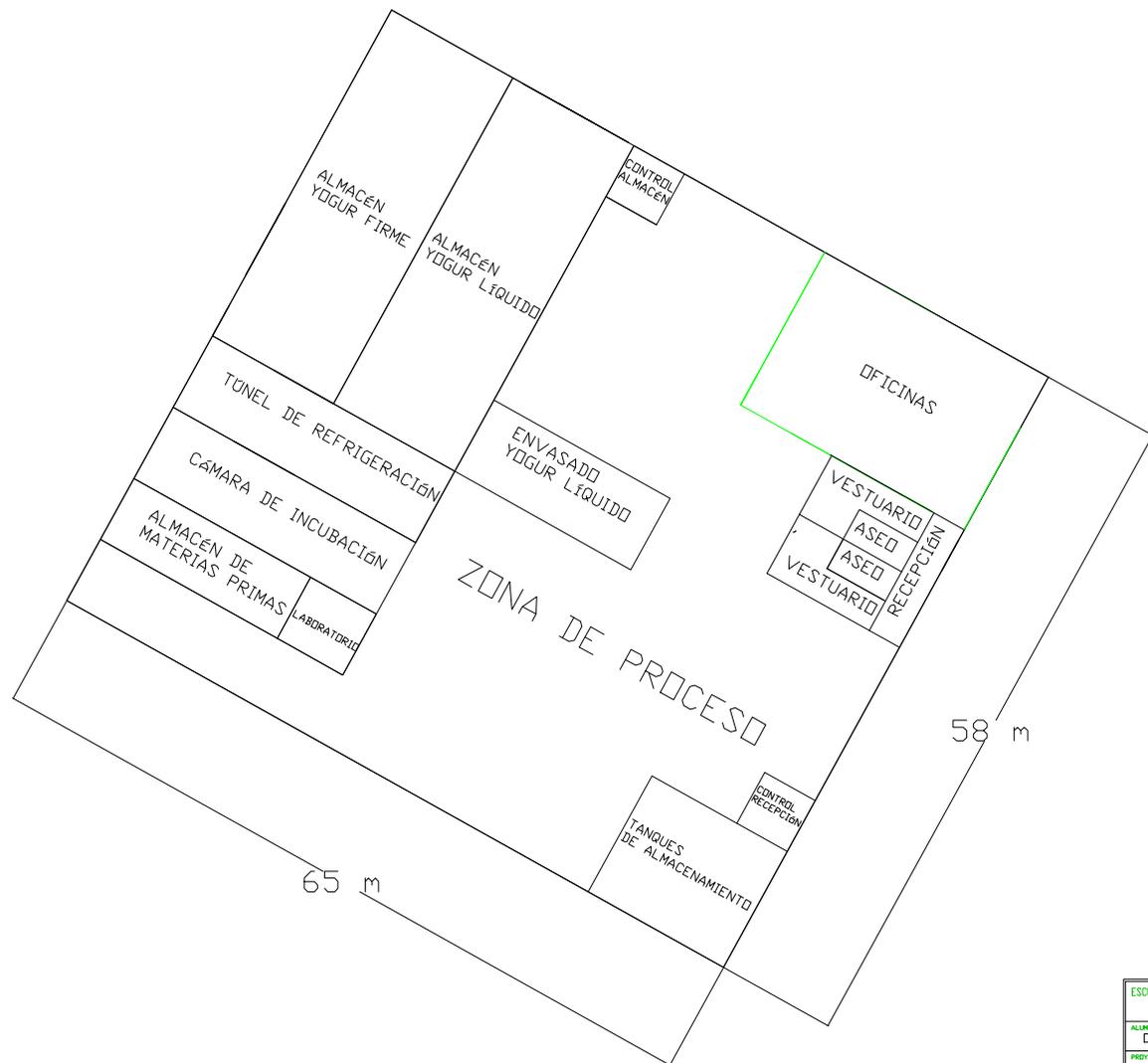
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA			
ALUMNO: DAVID PABLO NORDLUND SIERRA			
PROYECTO: P.T. DE UNA NUEVA INSTALACIÓN DE UNA FABRICA DE YOGUR EN EL T.M. DE REQUENA		FECHA: 28/11/2016	
NOMBRE DEL PLANO: LINEAS DE LAS LUMINARIAS		Nº PLANO: 6	ESCALA: 1/500 COTAS EN " "



ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA			
ALUMNO: DAVID PABLO NORDLUND SIERRA			
PROYECTO: P.T. DE UNA NUEVA INSTALACIÓN DE UNA FABRICA DE YOGUR EN EL T.M. DE REQUENA		FECHA: 28/11/2016	
NOMBRE DEL PLANO: LINEAS DE LOS ENCHUFES		Nº PLANO: 7	ESCALA: 1/500 COTAS EN " "



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA			
ALUMNO: DÁVID PABLO NORDLUND SIERRA			
PROYECTO: P.T. DE UNA NUEVA INSTALACIÓN DE UNA FABRICA DE YOGUR EN EL T.M. DE REQUENA		FECHA: 28/11/2016	
NOMBRE DEL PLANO: LINEAS DE LOS MOTORES		Nº PLANO: 8 ESCALA: 1/500 COTAS EN M	



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS			
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA			
ALUMNO		FECHA	
DAVID PABLO NORDLUND SIERRA		28/11/2016	
PROYECTO		Nº PLANO	
P.T. DE UNA NUEVA INSTALACIÓN		9	
DE UNA FABRICA DE YOGUR EN EL T.M. DE ROQUENA		ESCALA	
NOMBRE DEL PLANO		1/500	
DEPENDENCIAS DE LA NAVE		COTAS EN "	



**Proyecto Técnico de Nueva Instalación de una Fábrica de  
Yogur en el TM de Requena**

# **DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO**

TRABAJO FINAL DE GRADO  
ALUMNO: David Pablo Nordlund Sierra



Presupuesto y medición

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
1.1 E01ACA020	m2	Apeo de estructura, hasta una altura máxima de 12 m., mediante sopandas, puntales y durmientes metálicos, con p.p. de medios auxiliares y trabajos previos de limpieza para apoyos.			
		Total m2 .....	20,000	20,37	407,40
1.2 E01ACR010	m2	Acodalamiento en zanjas de hasta 2 m. de profundidad, mediante tabloncillos corridos y codales de madera, incluso p.p. de medios auxiliares.			
		Total m2 .....	10.000,000	3,78	37.800,00
1.3 E01ACW010	m2	Montaje o desmontaje de andamio europeo hasta 200 m2, para apeos u otros trabajos distintos, incluso p.p. de arriostramientos a fachadas y p.p. de medios auxiliares y trabajos previos de limpieza para apoyos.			
		Total m2 .....	10.000,000	5,20	52.000,00

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
2.1 E02EAM010	m2	Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.			
		Total m2 .....	10.000,000	0,33	3.300,00
2.2 E02EAM020	m2	Retirada y apilado de capa de tierra vegetal superficial, por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares.			
		Total m2 .....	10.000,000	0,59	5.900,00
2.3 E02CAB010	m2	Desbroce y limpieza superficial de terreno desarbolado por medios mecánicos hasta una profundidad de 10 cm., con carga sobre camión de los productos resultantes.			
		Total m2 .....	10.000,000	0,33	3.300,00
2.4 E02CZE010	m3	Excavación en zanja y/o pozos en tierra, incluso carga sobre camión de los productos resultantes de la excavación.			
		Total m3 .....	20.000,000	1,94	38.800,00
2.5 E02CDL010	m3	Relleno localizado compactado en zanja de drenaje longitudinal, con material seleccionado procedente de la excavación y/o de prestamos, incluso humectación, extendido y rasanteado, totalmente terminado.			
		Total m3 .....	20.000,000	3,11	62.200,00
2.6 E02CTC030	m3	Carga de tierras procedentes de excavaciones, sobre camión basculante, con pala cargadora, y con p.p. de medios auxiliares, sin incluir el transporte.			
		Total m3 .....	15.000,000	1,13	16.950,00
2.7 E02CTR050	m3	Transporte de tierras al vertedero, a una distancia menor de 10 km., considerando ida y vuelta, con camión basculante y canon de vertedero y con p.p. de medios auxiliares, sin incluir la carga.			
		Total m3 .....	20.000,000	1,90	38.000,00

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
3.1 E09IAL070	m2	Impermeabilización bicapa autoprotegida constituida por: Emulsión asfáltica de base acuosa; lámina de betún elastómero de superficie no protegida, compuesta por una armadura de fieltro de fibra de vidrio 60 g/m2, recubierta por ambas caras con un mástico de betún elastómero, usando como material antiadherente un film plástico por ambas caras, con una masa nominal de 3 kg/m2; totalmente adherida al soporte con soplete, lámina bituminosa de superficie no protegida, compuesta por una armadura de fieltro reforzado y estabilizado de poliéster de 150 g/m2, recubierta por ambas caras con un mástico bituminoso de betún modificado con elastómero, usando como material de protección en la cara externa gránulos de pizarra de color natural, y en su cara interna un film plástico, con una masa nominal de 4 kg/m2; totalmente adherida a la anterior con soplete, sin coincidir juntas. Según membrana GA-6, NBE-QE-90.			
	Total m2 .....		10.000,000	16,99	169.900,00

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
4.1 E10CCC010	m2	Recrecido en capa de limpieza y nivelación con mortero de cemento CEM II/B-M 32,5 R y arena de río 1/8 (M-20) de 3 cm. de espesor, maestreado, medido en superficie realmente ejecutada.			
		Total m2 .....	10.000,000	4,86	48.600,00

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
5.1 E14CPL020	ud	Puerta de chapa lisa de 1 hoja de 80x200 cm. realizada en chapa de acero galvanizado de 1 mm. de espesor, perfiles de acero conformado en frío, herrajes de colgar y seguridad, cerradura con manilla de nylon, cerco de perfil de acero conformado en frío con garras para recibir a obra, elaborada en taller, ajuste y fijación en obra. (sin incluir recibido de albañilería).			
		Total ud .....	16,000	69,27	1.108,32
5.2 E14CGC010	m2	Puerta corredera suspendida de una hoja, accionamiento manual, formada por cerco, bastidor y refuerzos de tubo de acero laminado, hoja ciega de chapa plegada de acero galvanizado de 0,8 mm. sistema de desplazamiento colgado, con guiador inferior, topes, cubreguía, tiradores, pasadores, cerradura de contacto y demás accesorios necesarios, patillas de fijación a obra, elaborada en taller, ajuste y montaje en obra (sin incluir recibido de albañilería).			
		Total m2 .....	7,000	90,02	630,14
5.3 E14CGE010	ud	Puerta enrollable de 2,50x2,30 m. construida con lamas de acero galvanizado de 0,6 mm. de espesor, guías laterales de chapa de acero galvanizado, transmisión superior realizada con tubo de acero de 60 mm. de diámetro, poleas de chapa, muelles de contrapeso de acero calibrado, operador electromecánico con freno, juego de herrajes, armario de maniobra equipado con componentes electrónicos, cerradura exterior, pulsador interior, equipo electrónico digital accionado a distancia, receptor, emisor monocanal, fotocélula de seguridad y demás accesorios necesarios para su funcionamiento, patillas de fijación a obra, elaborada en taller, ajuste y montaje en obra (sin incluir ayudas de albañilería, ni electricidad).			
		Total ud .....	3,000	2.223,82	6.671,46
5.4 E14CVI010	m2	Ventanal fijo para la colocación de vidrio, con perfil en acero inoxidable tipo F-314 de 1,5 mm. de pared y 80x50 mm. de sección, con junquillo de acero inoxidable de 1 mm. de espesor con tornillos de acero galvanizado para fijación de vidrio, perfil perimetral exterior de acero galvanizado en L; elaborado en taller, ajuste y montaje en obra (sin incluir recibido de albañilería).			
		Total m2 .....	40,000	226,87	9.074,80
5.5 E14VE050	m2	Valla de malla electrosoldada de 13x13/0,9 mm. en módulos de 2,60x1,50 m., recercada con tubo metálico de 25x25x1,5 mm. y postes intermedios cada 2,60 m. de tubo de 60x60x1,5 mm. ambos galvanizados por inmersión, totalmente montada, i/recibido con mortero de cemento y arena de río 1/4. (M-80)			
		Total m2 .....	10.000,000	11,68	116.800,00

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
6.1 E15GP040	ud	Caja general protección 250 A. incluido bases cortacircuitos y fusibles calibrados de 250 A. para protección de la línea repartidora, situada en fachada o interior nicho mural.			
		Total ud .....	1,000	169,43	169,43
6.2 E15GMM010	ud	Caja general de protección y medida hasta 63A. para 1 contador monofásico, incluso bases cortacircuitos y fusibles para protección de línea repartidora; para empotrar.			
		Total ud .....	1,000	164,36	164,36
6.3 E15GMT010	ud	Caja general de protección y medida hasta 30 A. para 1 contador trifásico, incluso bases cortacircuitos y fusibles para protección de línea repartidora; para empotrar.			
		Total ud .....	3,000	96,73	290,19
6.9 E15VB080	m.	Suministro y colocación de bandeja perforada de PVC. color gris de 100x500 mm. y 3 m. de longitud, sin separadores y con cubierta, con p.p. de accesorios y soportes; montada suspendida. Conforme al reglamento electrotécnico de baja tensión. Con protección contra impactos IPXX-(9), de material aislante y de reacción al fuego M1.			
		Total m. ....	6,000	115,39	692,34
6.10 E15VB020	m.	Suministro y colocación de bandeja perforada de PVC. color gris de 60x150 mm. y 3 m. de longitud, sin separadores, con p.p. de accesorios y soportes; montada suspendida. Conforme al reglamento electrotécnico de baja tensión. Con protección contra impactos IPXX-(9), de material aislante y de reacción al fuego M1.			
		Total m. ....	3.300,000	25,55	84.315,00

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
7.1 E16EPM050	ud	Proyector simétrico construido en fundición inyectada de aluminio, pintado con resinas de poliuretano, reflector de aluminio anodizado, con cierre de vidrio templado y junta de silicona, grado de protección IP 65/clase I, horquilla de fijación de acero galvanizado por inmersión en caliente, con lámpara de vapor de mercurio de 400 W. y equipo de arranque. Totalmente instalado, incluyendo replanteo, accesorios de anclaje y conexionado.			
		Total ud .....	71,000	250,04	17.752,84
7.2 E16IAF050	ud	Regleta de superficie de 2x58 W. con protección IP20 clase I, cuerpo de chapa de acero de 0,7 mm., pintado con pintura epoxi poliéster y secado al horno, sistema de anclaje formado por chapa galvanizada sujeta con tornillos incorporados, equipo eléctrico formado por reactancias, condensador, portalámparas, cebadores, lámpara fluorescente estándar y bornas de conexión. Totalmente instalado, incluyendo replanteo, accesorios de anclaje y conexionado.			
		Total ud .....	158,000	75,03	11.854,74

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
8.1 E18CCB030	m.	Línea de alimentación para alumbrado público formada por conductores de cobre(1x16) mm2. con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, incluso cable para red equipotencial tipo VV-750, canalizados en bandeja perforada.			
		Total m. ....:	1.700,000	19,57	33.269,00
8.2 E18CCB120	m.	Línea de alimentación para alumbrado público formada por conductores de cobre(1x35) mm2 con aislamiento tipo VV-0,6/1 kV, canalizados en bandeja perforada.			
		Total m. ....:	130,000	23,21	3.017,30
8.3 E18CCE040	m.	Línea de enlace desde C.T. a C.G.B.T. formada por conductores de cobre 3(1x185)+1x95 mm2. con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, canalizados bajo tubo de material termoplástico de diámetro D=110 mm. en montaje enterrado, en zanja de dimensiones mínimas 45 cm. de ancho y 70 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanja, asiento con 10 cm. de arena de río, montaje de cables conductores, relleno con una capa de 15 cm. de arena de río, relleno con tierra procedente de la excavación de 25 cm. de espesor, apisonada con medios manuales, sin reposición de acera o pavimento, con elementos de conexión, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.			
		Total m. ....:	84,000	78,01	6.552,84
8.4 E18CCE010	m.	Línea formada por conductores de cobre 3(1x16)+1x16 mm2. con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, canalizados			
		Total m. ....:	1.500,000	12,00	18.000,00
8.5 E18CCE050	m.	Línea formada por conductores de cobre 3(1x50)+1x50 mm2. con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, canalizados en bandeja perforada.			
		Total m. ....:	49,000	18,08	885,92

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
9.1 E23ETV040	ud	Intercambiador de placas de 2 tipo inox AISI 316, con junta de nitrilo NBR, y bastidor de acero al carbono, con conexiones estándar, presión máxima de trabajo 12 Bar y temperatura máxima 100°C.			
		Total ud .....	3,000	5.437,98	16.313,94
9.2 E23ETR010	ud	Compresor con potencia de 10,47 kW.			
		Total ud .....	1,000	300,00	300,00
9.3 E23ETR020	ud	Compresor con potencia de 4,21 kW.			
		Total ud .....	1,000	250,00	250,00
9.4 E23ETR030	ud	Compresor con potencia de 42,07 kW.			
		Total ud .....	1,000	1.200,00	1.200,00
9.5 E23ETR040	ud	Compresor con potencia de 1,49 kW.			
		Total ud .....	1,000	120,00	120,00
9.6 E23ETR050	ud	Compresor con potencia de 1,33 kW.			
		Total ud .....	1,000	120,00	120,00

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
10.1 E22CE020	ud	Caldera eléctrica calefacción 7,5 kW., i/vaso de expansión, bomba, termostato, etc., instalada.			
		Total ud .....	1,000	3.600,00	3.600,00

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
11.1 E38W010	h.	Vigilante de seguridad, considerando una hora diaria de un oficial de 1ª. que acredite haber realizado con aprovechamiento algún curso de seguridad y salud en el trabajo.			
		Total h. ....:	1,000	10,24	10,24
11.2 E38W040	ud	Costo mensual de limpieza y desinfección de casetas de obra, considerando dos horas a la semana un peón ordinario. Art 32 y 42.			
		Total ud ....:	1,000	77,94	77,94
11.3 E38W050	ud	Costo mensual de formación de seguridad y salud en el trabajo, considerando una hora a la semana y realizada por un encargado.			
		Total ud ....:	1,000	43,07	43,07
11.4 E38W060	ud	Vigilancia de la salud obligatoria anual por trabajador que incluye: Planificación de la vigilancia de la salud; análisis de los accidentes de trabajo; análisis de las enfermedades profesionales; análisis de las enfermedades comunes; análisis de los resultados de la vigilancia de la salud; análisis de los riesgos que puedan afectar a trabajadores sensibles (embarazadas, postparto, discapacitados, menores, etc. (Art. 37.3 g del Reglamento de los Servicios de Prevención); formación de los trabajadores en primeros auxilios; asesoramiento al empresario acerca de la vigilancia de la salud; elaboración de informes, recomendaciones, medidas sanitarias preventivas, estudios estadísticos, epidemiológicos, memoria anual del estado de salud (Art. 23 d y e de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales); colaboración con el sistema nacional de salud en materias como campañas preventivas, estudios epidemiológicos y reporte de la documentación requerida por dichos organismos (Art. 38 del Reglamento de los Servicios de Prevención y Art. 21 de la ley 14/86 General de Sanidad); sin incluir el reconocimiento médico que realizará la mutua con cargo a cuota de la Seguridad Social.			
		Total ud ....:	1,000	51,00	51,00

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
12.1 E39IEI010	ud	Prueba de funcionamiento de automatismos de Cuadros Generales de Mando y Protección de instalaciones eléctricas.			
		Total ud .....	1,000	57,92	57,92
12.2 E39IEI030	ud	Prueba de comprobación de la continuidad del circuito de puesta a tierra en instalaciones eléctricas			
		Total ud .....	1,000	57,92	57,92
12.3 E39IEI040	ud	Prueba de medición de la resistencia en el circuito de puesta a tierra de instalaciones eléctricas.			
		Total ud .....	1,000	57,92	57,92
12.4 E39IEI050	ud	Prueba de funcionamiento de mecanismos y puntos de luz de instalaciones eléctricas .			
		Total ud .....	1,000	86,88	86,88
12.5 E39IEI060	ud	Prueba de funcionamiento de la red equipotencial para protección contra derivaciones de las instalaciones de fontanería y/o calefacción.			
		Total ud .....	1,000	57,92	57,92
12.6 E39IEI070	ud	Prueba de medición del aislamiento de los conductores de instalaciones eléctricas.			
		Total ud .....	1,000	28,96	28,96
12.7 E39IEC010	ud	Ensayo para determinación de las dimensiones de los conductores de cables aislados, según UNE 21022; incluso emisión del acta de resultados.			
		Total ud .....	1,000	62,19	62,19
12.8 E39IEC020	ud	Ensayo para determinación de la resistividad de los alambres de los conductores de cables aislados; incluso emisión del acta de resultados.			
		Total ud .....	1,000	125,11	125,11
12.9 E39IEO010	ud	Ensayo completo sobre conductos cerrados y huecos para instalaciones eléctricas mediante la determinación de las dimensiones, de la aptitud al curvado, de la resistencia al aplastamiento y de la resistencia al choque, según UNE 20334; incluso emisión del acta de resultados.			
		Total ud .....	1,000	297,40	297,40
12.10 E39IEO020	ud	Ensayo para determinación de las dimensiones de los tubos huecos y cerrados para instalaciones eléctricas, según UNE 20334; incluso emisión del acta de resultados			
		Total ud .....	1,000	62,59	62,59
12.11 E39IEO030	ud	Ensayo para determinación de la aptitud al curvado de los tubos huecos y cerrados para instalaciones eléctricas, según UNE 20334; incluso emisión del acta de resultados			
		Total ud .....	1,000	62,59	62,59
12.12 E39IEO040	ud	Ensayo para determinación de la resistencia al aplastamiento de los tubos huecos y cerrados para instalaciones eléctricas, según UNE 20334; incluso emisión del acta de resultados			
		Total ud .....	1,000	101,71	101,71
12.13 E39IEO050	ud	Ensayo para determinación de la resistencia al choque de los tubos huecos y cerrados para instalaciones eléctricas, según UNE 20334; incluso emisión del acta de resultados			
		Total ud .....	1,000	70,51	70,51

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
13.1 E40B010	ud	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LECHE</b>			
		Total ud .....	4,000	3.000,00	12.000,00
13.2 E40B020	ud	<b>Bomba de impulsión 1,5 kW</b>			
		Total ud .....	6,000	250,00	1.500,00
13.3 E39CC010	ud	<b>TANQUE PULMÓN</b>			
		Total ud .....	4,000	1.000,00	4.000,00
13.4 E39CC020	ud	<b>Tanque pulmón con agitador 0,55 kW</b>			
		Total ud .....	1,000	2.000,00	2.000,00
13.5 E39CC030	ud	<b>Desnatadora centrífuga 9 kW</b>			
		Total ud .....	1,000	6.500,00	6.500,00
13.6 E39CC040	ud	<b>Intercambiador de calor de placas 18 kW</b>			
		Total ud .....	4,000	5.000,00	20.000,00
13.7 E39CC050	ud	<b>Evaporado de leche 15 kW</b>			
		Total ud .....	1,000	10.000,00	10.000,00
13.8 E39CS010	ud	<b>Homogeneizador 1 22 kW</b>			
		Total ud .....	1,000	6.000,00	6.000,00
13.9 E39CS020	ud	<b>TANQUE DE FERMENTOS</b>			
		Total ud .....	2,000	1.250,00	2.500,00
13.10 E39CS030	ud	<b>TANQUE DE REGULACIÓN</b>			
		Total ud .....	2,000	1.400,00	2.800,00
13.11 E39CS040	ud	<b>Envasadora 4 kW</b>			
		Total ud .....	2,000	15.000,00	30.000,00
13.12 E39CS050	ud	<b>TANQUE DE INCUBACIÓN</b>			
		Total ud .....	4,000	1.400,00	5.600,00
13.13 E39ECA010	ud	<b>Homogeneizador 2 15 kW</b>			
		Total ud .....	1,000	4.500,00	4.500,00
13.14 E39ECA020	ud	<b>Cinta transportadora 2,2 kW</b>			
		Total ud .....	2,000	350,00	700,00
13.15 E39ECA030	ud	<b>Sistema de limpieza CIP 8 kW</b>			
		Total ud .....	1,000	2.500,00	2.500,00
13.16 E39ECC010	ud	<b>Cinta transportadora del túnel de refrigeración 2,2 kW</b>			
		Total ud .....	1,000	800,00	800,00
13.17 E39ECC020	ud	<b>Ventilador 1,2 kW</b>			
		Total ud .....	5,000	400,00	2.000,00
13.18 E39ECH010	ud	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE NATA</b>			
		Total ud .....	1,000	1.200,00	1.200,00

Presupuesto de ejecución material

1. Actuaciones previas .....	90.207,40
2. Movimientos de tierra .....	168.450,00
3. Aislamientos .....	169.900,00
4. Pavimentos .....	48.600,00
5. Cerrajería .....	134.284,72
6. Instalaciones eléctricas interiores .....	85.631,32
7. Iluminación .....	29.607,58
8. Líneas de Baja Tensión .....	61.725,06
9. Instalación de frío .....	18.303,94
10. Instalación de calor .....	3.600,00
11. Seguridad y salud .....	182,25
12. Ensayos para las instalaciones .....	1.129,62
13. Maquinaria del proceso .....	114.600,00
	<hr/>
Total:	926.221,89

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de NOVECIENTOS VEINTISEIS MIL DOSCIENTOS VEINTIUN EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

Requena\_28/11/2016  
Grado en Ingeniería Agroalimentaria y  
del Medio Rural

David Pablo NordlundSierra