

## **RESUMEN**

El objeto del proyecto es efectuar el diseño y cálculo del sistema de climatización para una instalación de una compañía de supermercados en la que se gestionará la compra, almacenaje, preparación para su envío y expedición de frutas, verduras y pescado.

El proyecto recoge los especiales requerimientos de la compañía con vistas a desarrollar el proceso definiendo como objetivo principal la rapidez del mismo como garantizadora de la frescura y, por tanto, calidad de servicio de la firma.

Tras la definición del objetivo, se procederá a la traducción de los requerimientos de la compañía en necesidades a cubrir desde el punto de vista de la climatización, en función de los espacios, trabajos y volúmenes asociados.

La definición de las necesidades energéticas permitirá el cálculo y dimensionamiento sucesivo de los diferentes elementos que componen la instalación: compresores, evaporadores, condensadores, productos refrigerantes y otros elementos.

El resultado es el cálculo integral de la instalación necesaria en sus diferentes ámbitos dando satisfacción a los objetivos propuestos.



## **SUMARIO**

### **1. Prefacio**

- 1.1. Objeto del proyecto**
- 1.2. Características y requerimientos del proyecto**
- 1.3. Otras consideraciones realizadas**

### **2. Introducción**

#### **2.1. Necesidades frigoríficas**

- 2.1.1. Cerramiento nave**
- 2.1.2. Calor por conducción**
- 2.1.3. Calor por servicios internos**
- 2.1.4. Calor por infiltración de aire**
- 2.1.5. Calor por disipación por producto interior**
- 2.1.6. Calor por respiración del producto**
- 2.1.7. Calor por acción de los ventiladores**
- 2.1.8. Resumen de necesidades frigoríficas**

#### **2.2. Instalación frigorífica**

- 2.2.1. Descripción instalación**
- 2.2.2. Compresores**
- 2.2.3. Evaporadores**
- 2.2.4. Condensador**
- 2.2.5. Refrigerante**
- 2.2.6. Tuberías**
- 2.2.7. Elementos de seguridad y auxiliares**
- 2.2.8. Circuito de condensación**
- 2.2.9. Ahorro energético**

#### **2.3. Regulación, control y seguridad**



- 2.3.1. Sistema de regulación escogido**
- 2.3.2. Compresores**
- 2.3.3. Separador – acumulador aceite**
- 2.3.4. Intercambiador de placas aceite**
- 2.3.5. Circuito condensación**
- 2.3.6. Evaporadores**

### **3. Impacto ambiental**

### **4. Relación de Materiales y Presupuesto**

### **5. Reglamentación**

### **6. Conclusiones**

### **7. Agradecimientos**

### **8. Bibliografía**

## **ANEXOS DE CÁLCULO**

**Anexo A: Cálculo de necesidades térmicas por transmisión.**

**Anexo B: Cálculo de necesidades térmicas por servicios interiores.**

**Anexo C: Cálculo de necesidades térmicas por infiltración de aire.**

**Anexo D: Tablas de cálculo necesidades térmicas por aportación de producto  
en almacén de frutas y verduras.**

**Anexo E: Cálculo de necesidades térmicas por disipación del producto en  
cada zona.**



**Anexo F: Tablas de cálculo necesidades térmicas por aportación de producto en recepción de frutas y verduras.**

**Anexo G: Cálculo de necesidades térmicas por respiración del producto en almacén de frutas y verduras.**

**Anexo H: Cálculo requerimientos compresores.**

**Anexo I: Cálculo de compresores.**

**Anexo J: Cálculo de evaporadores.**

**Anexo K: Cálculo de condensador.**

**Anexo L: Cálculo de tuberías.**

**Anexo M: Cálculo circuito condensación.**

## **ANEXOS**

**Anexo A: Características de los paneles frigoríficos.**

**Anexo B: Tablas de calor específico de frutas y verduras.**

**Anexo C: Características compresores.**

**Anexo D: Características evaporadores.**

**Anexo E: Características condensadores**

**Anexo F: Características del refrigerante**

**Anexo G: Características tuberías.**

**Anexo H: Características elementos auxiliares y seguridad.**

**Anexo I: Estudio Geológico.**

**Anexo J: Características bombas.**

**Anexo K: Características regulador central frigorífica.**



## 1. PREFACIO

### 1.1. Objeto del proyecto

El objeto del proyecto es dar la solución técnica a la especial problemática en la gestión del aprovisionamiento y distribución del producto perecedero, concretamente frutas, verduras y pescado, de una cadena de supermercados.

Esta problemática viene generada por las características del producto implicado, perecedero, en el que el tiempo de degradación es corto, por lo que es vital reducir los almacenamientos intermedios con vistas a maximizar la vida del mismo en los puntos de venta para mejorar la rentabilidad (minimizando la merma por degradación en el punto de venta) y la calidad de servicio de la compañía (potenciando la frescura de los productos).

Todo el diseño estará condicionado no tanto por la capacidad y volúmenes de almacenaje sino por la necesidad de garantizar la fluidez y calidad de los movimientos de las mercancías.

La solución frigorífica a calcular será implementada en una nave cuya finalidad será el almacenamiento, manipulación y distribución de frutas, verduras y pescado.

La primera decisión que ha tomado la compañía en cuestión en este sentido ha sido ubicar la nave en el propio mercado central (Mercabarna), pese a que la disponibilidad de suelo y los precios del mismo podían desaconsejar dicha opción, garantizando la máxima agilidad en el avituallamiento tanto para producto comprado directamente en origen dado que es el principal destino del mismo, como para producto comprado a través de intermediarios dado que tienen en dicho recinto sus instalaciones.

La distribución de la nave debe ser diseñada siguiendo las necesidades del proceso: adquisición del producto, en el que son de especial importancia el volumen absoluto y la



volumetría individual de determinados productos, horarios de adquisición, tiempos de almacenaje (desde unas horas hasta unos días) y distribución a los puntos de venta, en el que deben considerarse el/ los sistema/s de reparto y clasificación por punto de venta y volumen y su manipulación.

## **1.2. Características y requerimientos del proyecto**

Las principales características del sistema de adquisición de los productos podrían resumirse de la siguiente manera.

Horario de llegada de mercancías:

La fruta y la verdura llegan a la nave a partir de las 9:00 horas y el 80% de toda la mercancía ya se ha recibido a las 12:00 horas (el resto corresponde a restos de pedidos o productos de baja rotación y se seguirá recibiendo de forma escalonada). La mercancía es transportada hasta el punto de venta por el proveedor y servida en palets o capas de palets.

El pescado entra entre la 1:00 y las 4:00 horas de la mañana. Todo el pescado entra en carretillas del propio proveedor y es servido en cajas.

Horario de expedición de mercancías:

La compañía cuenta con dos repartos de fruta para maximizar el aprovechamiento de los camiones: el de tarde y el de mañana, con el volumen repartido proporcionalmente. Así, el 50% de toda la fruta y la verdura sale entre las 16:00 y las 18:00 horas y el resto entre las 5:30 y las 7:30 horas de la mañana. El 50% de la fruta y verdura, la que se servirá por la mañana, se encuentra preparada para el servicio en la nave toda la noche.



La peculiaridad de la venta del pescado, muy asociada al concepto fresca, requiere un reparto único de mañana para todos los centros y muy concentrado entre las siete y las nueve de la mañana, lo que dificulta la logística de la distribución. Con dicho fin, la expedición del pescado comienza a las 5:30 y termina a las 6:30 horas de la mañana.

Las necesidades de almacenaje a más de un día vienen condicionadas por la definición de objetivos del proyecto, en la que prima la fresca; por ello, son bajas. Se necesitan únicamente dos cámaras de conservación, una para fruta y otra para verduras, destinadas para los casos de compras masivas por alguna oferta. El requerimiento asociado es que este producto pueda ser conservado algún día más en perfectas condiciones antes de ser distribuido. Por ello, la temperatura de las mismas será regulada en función del producto almacenado.

No hay requisito alguno de almacenaje de pescado, excepto la colocación de una cámara de congelado, que se utiliza para un surtido complementario de venta en las pescaderías (en los arcones congeladores complementarios de dichas secciones en los supermercados) tipo marisco o semielaborados que también son adquiridos en el mercado central.

### DIAGRAMA DE FLUJO DE LA FRUTA Y VERDURA

RECEPCIÓN 1	→	ALMACENAMIENTO 2	→	CLASIFICACIÓN 3		EXPEDICIÓN 4		
	→	ALMACENAMIENTO 2	→	CLASIFICACIÓN 3	→	ALMACENAMIENTO 2 5	→	EXPEDICIÓN 4



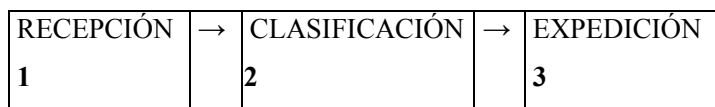
- 1) Recepción frutas y verduras: A la recepción del producto se produce el control de los albaranes de entrada y el pesaje de la mercancía. Entre las 9:00 h y 12:00 h entra el 80% del producto, siendo recepcionado el resto (restos de pedidos y producto de baja rotación) en las tres horas siguientes.
  
- 2) Almacenamiento 1: A medida que va llegando, se distribuye el producto en la ubicación de la que será recogido durante la clasificación o preparación. En dicha ubicación se tiene en cuenta la rotación, peso y volumetría, con vistas a maximizar la productividad de la preparación.
  
- 3) Clasificación o preparación: Los preparadores confeccionan los pedidos de las diferentes tiendas recogiendo las unidades pedidas de su ubicación de almacenaje y preparando el producto sobre roll-containers para su posterior transporte. Esta operación se realiza en dos fases, una primera sobre los pedidos a transportar por la tarde y una segunda sobre los que se trasladarán al supermercado por la mañana del día siguiente. Para algunos productos de elevada rotación se hace una pre-preparación con vistas a ganar eficiencia consistente en la confección de roll-containers enteros o medios monoproducción con carácter previo a la preparación propiamente dicha. Los pedidos preparados se acumulan frente a los muelles de carga.





- 4) Expedición: A medida que llegan los camiones, a partir de las 16:00 h, cargan los pedidos preparados por rutas de transporte (más de una tienda por ruta) y se llevan la mercancía. Para las tiendas de servicio matutino esta operación empieza a las 5:30 de la mañana.
- 5) Almacenaje 2: Una vez confeccionados los pedidos del turno de mañana son almacenados sobre los propios roll-containers preparados durante la noche.

### DIAGRAMA DE FLUJO DEL PESCADO.



- 1) Recepción: Entre las 1:00 y 4:00 h se recepciona el producto comprado anteriormenete en el mercado controlando albaranes de entrada.
- 2) Clasificación: Entre la hora de llegada y las 5:30 se clasifican los productos. Los preparadores confeccionan los pedidos de las diferentes tiendas recogiendo las unidades pedidas de su ubicación de almacenaje y preparando el producto dentro de termo-tainers, que mantiene la temperatura, para su posterior transporte



- 3) Expedición. Entre las 5:30 y 6:30 h se produce la expedición de todos los pedidos preparados.

Todo este proceso determina los peculiares requerimientos del sistema frigorífico a diseñar para la nave.

Para los cálculos de los volúmenes y necesidades térmicas asociadas al movimiento del producto se han utilizado las tablas de consumo entre el periodo comprendido entre julio del 1999 hasta agosto del 2000 (la necesidad de utilizar un periodo de un año viene derivada de la estacionalidad de la venta de determinados productos al tratarse de productos perecederos) de la propia cadena de distribución actualizándose a un 15% durante dos años consecutivos según requerimiento de la propia firma.

Se adjunta listado de productos y cantidades en Anexo A (Anexos de Cálculo).

Los requerimientos de temperatura para la manipulación y conservación del producto según la compañía en consonancia con la legislación vigente son los que se exponen a continuación.

- La zona de expedición de frutas y verduras deberá estar a una temperatura comprendida entre los 8° y los 12° C.
- La zona de picking o preparación de frutas y verduras a una temperatura de 12° C.
- La zona de preparación y expedición de de pescado a una temperatura comprendida entre los 4° y los 8° C.
- La cámara de pescado congelado a – 20° C (no requiere la congelación sino simplemente el mantenimiento).
- Las cámaras de almacenamiento puntual de frutas y verduras (las dos) dotadas de mecanismos de regulación de temperatura (con un mínimo de 0° C).



Un requerimiento paralelo es la total garantía de disponibilidad de las dos cámaras de conservación de frutas y verduras y la de congelados de pescado, independientemente de las posibles faltas de suministro por parte de la red eléctrica, dado que puede haber gran cantidad de producto almacenado durante unos días, con las consiguientes potenciales pérdidas por problemas.

### **1.3. Otras consideraciones realizadas**

Una vez descritos los requerimientos del propio proceso, aparecen una serie de aspectos colaterales que son claves para el desarrollo del proyecto y que hacen referencia a temas constructivos y problemáticas asociadas al producto y al proceso.

Así, obviamente para el cálculo de *las pérdidas de energía por transmisiones en techo y paredes* se ha de tener en cuenta el tipo de panel utilizado, que deberá ser panel frigorífico que elimine al máximo las pérdidas de energía. No obstante, y a requerimiento de la autoridad competente debe ser clave en su elección al mismo tiempo el comportamiento frente al fuego (por las cargas de locales anexos y por problemáticas concretas del centro). Por ello, la nave se construirá con *paneles M1*, a requerimiento explícito del Cuerpo de Bomberos de la Generalitat de Catalunya, que no son la elección más favorable según el criterio de aislamiento.

Además, por tratarse de un proceso en el que la entrada y salida de productos es de constante y forma parte inherente al mismo, se ha de considerar que se producen *continuas renovaciones de aire por infiltraciones* en toda la nave y que el aire que entra del exterior está a una temperatura y nivel de humedad muy superior al requerimiento interno, generando un importante incremento de las necesidades energéticas.

Asimismo, *el producto que entra diariamente* en la instalación lo hace a una temperatura determinada y *debe bajarse a la temperatura requerida* en un espacio de tiempo razonable, de forma que una entrada regular y progresiva de la mercancía



permita que la instalación, por su propia inercia, sea capaz de mantener el estado del producto en las condiciones óptimas para su manipulación y conservación.

Otro aspecto a reseñar a la hora de realizar los cálculos de cargas es el calor específico y *respiración de la fruta*, que por las consideraciones realizadas en cuanto a temperaturas de entrada y requisitos cobra especial significado.

Otra consideración a tener en cuenta que la *variabilidad en los distintos periodos del año es muy alta* y la incidencia de cada clase de fruta y verdura es distinta, de manera que en los periodos en que entre gran cantidad de fruta con un gran calor específico y respiraciones altas, la planta frigorífica debe de poder hacer frente, en un tiempo razonable, a una entrada de productos muy desfavorable, siendo los requisitos en otros periodos mucho más reducidos.

Como aspecto colateral se plantean una serie de requisitos operativos, como primar la entrada de producto a baja temperatura controlada en camión frigorífico frente al transporte tradicional en carretilla así como controlar los posibles periodos de exposición de la mercancía a la luz solar (en los casos de productos con baja degradación). Estos factores se deben de tener en cuenta en el momento de realizar los cálculos, puesto que la recepción de gran cantidad de producto a altas temperaturas podría colapsar la reacción de la planta.

Por último, *el diseño de la infraestructura interior de la nave*, incluyendo luces, maquinaria y *la consideración de que es un centro de trabajo* es otro factor clave para determinar la carga total de la planta. La presencia de trabajadores plantea en este punto además otros requisitos relacionados con la salud laboral en cuanto a temperaturas y generación de corrientes de aire.

Uniendo a los requisitos del proceso estas consideraciones debe afirmarse a modo de resumen que el diseño de la planta deberá realizarse de forma que se pueda asegurar que



en cualquier época del año y cualquiera que sea la clase de producto que entre, la planta sea capaz de mantener las temperaturas requeridas para las diferentes zonas, según el servicio que se les requiera y las condiciones necesarias de conservación, de forma que la difusión de aire, temperatura y capacidad sea la correcta para cada producto y trabajos a realizar, asegurando la obtención de los óptimos de inversión y rendimiento adecuados a las necesidades de la explotación.



## 2. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia del objetivo planteado, el cálculo de los diferentes elementos que componen la instalación, se hará a partir de una definición clara de las especificaciones y métodos de trabajo de la empresa en cuestión que se han recogido en el prefacio.

En el trabajo se calculará en primer lugar los requerimientos energéticos partiendo de una división del recinto por un sistema mixto de espacio y dedicación. Esto se debe a las implicaciones que tanto los aislamientos como los movimientos de las mercancías suponen en cuanto a cargas energéticas a compensar.

Además, en dicho cálculo, se recogerán los diferentes conceptos que generan dichas cargas con vistas a mejorar la comprensión de las problemáticas de cada uno de los ámbitos definidos centrandose en modo muy concreto los cálculos.

A partir de dichos requerimientos se procederá al cálculo individual y sucesivo, tras una breve reseña de la instalación completa, de los compresores (tras la elección de los modelos más adecuados, mediante la utilización de un programa informático), de los evaporadores (también utilizando un programa) y del condensador.

En este punto cabe resaltar como aspecto particular del trabajo, la utilización de agua de pozo como elemento para la condensación del fluido refrigerante. Esta práctica es posible por la instalación de la planta encima del acuífero del Llobregat donde el mismo se encuentra a poca profundidad según estudios geotécnicos, lo que permite un ahorro económico y medio ambiental en la gestión del proyecto.

Se describirán asimismo los otros elementos que formarán parte de la instalación y se propondrá un sistema de gestión integral para la planta que controlará los diferentes dispositivos de seguridad y control.



## 2.1. NECESIDADES FRIGORÍFICAS.

Para la realización del cálculo de necesidades frigoríficas se deben tener en cuenta los diferentes elementos (tanto características constructivas como instalaciones y mercancías) que supongan una modificación de la temperatura de la nave y el volumen asociado.

Las dimensiones y configuración de la nave están ligadas a la forma de la parcela y se adjuntan en los planos donde se detallan las dimensiones del recinto.

Para el cálculo de las necesidades térmicas del mismo, se han definido diferentes zonas sean de trabajo o almacenamiento:

- Zona de recepción de frutas y verduras.
- Zona de almacenamiento de frutas y verduras.
- Zona de expediciones de frutas y verduras.
- Zona de recepción y expedición de pescado.
- Zona de almacenamiento de pescado.
- Cámara de frutas.
- Cámara de verduras.
- Cámara de pescado congelado.

Las necesidades frigoríficas requeridas en cada zona son la suma de distintas aportaciones caloríficas que han de ser compensadas, de forma que una vez conocidos todos los valores que hacen aumentar la temperatura de la nave podamos compensarlas aportando el frío necesario.

Los distintos conceptos que significan un aumento de calor son los que se relacionan:

- Aportación de calor por conducción a través de paredes, techo y suelo.
- Aportación de calor a través de los servicios del interior.



- Aportación de calor a través de infiltraciones de aire.
- Aportación de calor disipado por el producto introducido.
- Aportación de calor disipado por la maquinaria (evaporadores)

Dado que para la realización de los cálculos de necesidades térmicas es necesario utilizar las dimensiones de la nave, se anexan planos, y las características de los cerramientos.

### **2.1.1. Cerramientos nave**

Para decidir el tipo de cerramiento con que se realizará la nave se han tenido en cuenta distintas consideraciones tales como:

- Mantener la temperatura interior requerida a un coste razonable, ajustando las pérdidas de calor por unidad de superficie, optimizando la inversión.
- Evitar una diferencia de dilatación sensible, entre una superficie aislada y la estructura adyacente.
- Evitar condensaciones sobre superficies.
- Cumplir la legislación, en concreto la NBE-CPI'96.

Además, el requerimiento del departamento de bomberos de la Generalitat de Catalunya es que el material de cerramiento de una nave de estas características en la localización en cuestión sea M-1.

Los paneles frigoríficos previstos para el cerramiento de la nave delimitan el espacio a tratar desde el punto de vista de la temperatura requerida en cada zona, y por sus cualidades aislantes minimizan las pérdidas térmicas que se producen inevitablemente. El grosor de los paneles utilizados viene determinados por el grado de aislamiento que deben ofrecer en función de la temperatura ambiente de cada zona.





El factor limitante en la elección de paneles frigoríficos entre los existentes en el mercado viene marcado por la clase de resistencia al fuego M-1; en ese marco la elección nos lleva a colocar paneles de las características descritas a continuación.

El conjunto de la nave se realizará con panel frigorífico, practicando una serie de separaciones para dividir la zona de frutas de la zona de pescado, en el interior de la nave se instalaran tres cámaras, una para fruta, otra para verduras y una tercera para pescado congelado.

Se ha escogido paneles de poliestireno expandido por que es el único tipo de panel clasificado como M1 en su comportamiento de reacción al fuego, condición imprescindible para la realización de la cámara.

Se adjuntan hojas de características en Anexo A (Anexos).

- Densidad: 10,89 Kg/m<sup>2</sup> (panel 100 mm)  
11,60 Kg/m<sup>2</sup> (panel 140 mm)  
12,69 Kg/m<sup>2</sup> (panel 200 mm)

- Conductividad térmica: 0,032 W/m<sup>2</sup>°K

Eliminado: 0,028 Kcal/mh°K

- Coeficiente de transmisión (K): 0,320 W/m<sup>2</sup>°K (panel 100 mm)  
0,228 W/m<sup>2</sup>°K (panel 140 mm)  
0,160 W/m<sup>2</sup>°K (panel 200 mm)

Para el conjunto de la nave se ha escogido el panel de 100 mm. (para trabajar a una temperatura aproximada de 10°), para la cámara de congelados el panel de 200 mm. (para trabajar a una temperatura aproximada de -20°), y para la zona de pescado y la cámara de conservación panel de 140 mm. (para trabajar a una temperatura aproximada de 4°).



Todos los paneles están recubiertos con chapa de acero galvanizado.

### 2.1.2. Calor por conducción

El cálculo de la aportación de calor por conducción a través de paredes, techo y suelo, mide el requerimiento asociado a la pérdida generada por la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior al flujo de transmisión de calor del exterior al interior a través de los cerramientos del recinto.

Para realizar este cálculo hace falta conocer las dimensiones de la nave, superficie de transmisión y las características de los cerramientos, es decir, la conductividad térmica del material del mismo, tanto de paredes como techo y suelo.

El local se ha dividido en distintas zonas según los requerimientos de temperatura asociados a los trabajos a realizar.

El flujo de calor a través de una superficie plana en régimen estacionario, se calcula como:

$$Q_c = \sum K \cdot S \cdot (T_{ex} - T_{in})$$

S: Superficie de aislante (m<sup>2</sup>).

T<sub>ex</sub>: Temperatura exterior (° K).

T<sub>in</sub>: Temperatura interior (° K).

K: Coeficiente global cerramiento (W/m<sup>2</sup> ° K).

Q<sub>c</sub>: Calor de conducción (W)

El coeficiente global de transmisión de calor (K), es el inverso de la resistencia térmica que ofrece la superficie, y se define de la siguiente forma:



$$K = \frac{1}{\frac{1}{hi} + \sum_{j=1}^N \frac{ej}{\lambda j} + \frac{1}{he}}$$

$hi$ : Coeficiente de convección del cerramiento interior en  $W/m^2 \text{ } ^\circ K$ .

$he$ : Coeficiente de convección del cerramiento exterior en  $W/m^2 \text{ } ^\circ K$ .

$e$ : Espesor del cerramiento en metros

$\lambda$ : Conductividad térmica de la capa  $j$  en  $W/m \text{ } ^\circ K$ .

Al utilizar un solo panel como cerramiento el coeficiente global se puede tomar como:

$$K = \lambda / e$$

Para el cálculo se toma las condiciones mas desfavorables, o sea temperatura exterior de  $31 \text{ } ^\circ C$ , y para el cálculo del consumo día suponemos que este diferencial es para las 24 horas.

En el anexo de cálculos 1 se adjuntan todos los cálculos desglosados.

La siguiente tabla resumen recoge los requerimientos caloríficos por conducción a través de paredes, suelo y techo de las distintas zonas que configuran la nave.

**POTENCIA CALORÍFICA REQUERIDA POR TRANSMISIÓN DE CALOR**

Zonas	Transmisión Qc (kJ/día)
Almacén fruta	861.387
Almacén pescado	360.761
Cámara fruta	79.913
Cámara verduras	102.343
Recepción frutas	120.415
Expedición frutas	810.421
Recepción pescado	85.569
Cámara congelados	92.192
	<b>2.513.001</b>



### 2.1.3. Calor por servicios interiores

Este concepto incluye una serie de pérdidas de diversa índole, de difícil cálculo y que engloban los distintos servicios que se desarrollan en el interior de la cámara tales como:

- Carga térmica debida al personal.
- Circulación de carretillas.
- Alumbrado
- Otras

Se evalúan las pérdidas por servicios como un porcentaje de las aportaciones requeridas en el apartado anterior. Como la carga derivada asociada al trabajo del personal variará en función de que se trate de una zona de trabajo o almacenamiento supondremos un 25% en zonas de mucho movimiento y del 15% en las cámaras. En el anexo de cálculos 2 se adjuntan todos los cálculos desglosados.

La siguiente tabla resumen presenta los requerimientos caloríficos por servicios interiores de las distintas zonas que configuran la nave.

#### **POTENCIA CALORÍFICA REQUERIDA**

<b>Zonas</b>	<b>Transmisión Qc (kJ/día)</b>	<b>Servicios interiores Qs (kJ/día)</b>
Almacén fruta	861.387	215.347
Almacén pescado	360.761	90.190
Cámara fruta	79.913	11.987
Cámara verduras	102.343	15.351
Recepción frutas	120.415	30.104
Expedición frutas	810.421	202.605
Recepción pescado	85.569	21.392
Cámara congelados	92.192	13.829
		<b>600.805</b>



#### 2.1.4. Calor por infiltraciones de aire

El tráfico de mercancías en el especial proceso planteado genera entradas de aire a distinta temperatura y humedad asociadas a la apertura de puertas de cámaras o de muelles para la expedición o recepción de mercancías. Obviamente y a consecuencia de estas infiltraciones de aire se genera una nueva aportación de calor a contrarrestar mediante el sistema frigorífico.

La cantidad de energía necesaria por este concepto dependerá de las condiciones del aire exterior y las condiciones del aire interior a renovar (temperatura y humedad relativa). Por tanto, en este cálculo intervienen la diferencia entálpica entre el aire exterior y el aire interior a la cámara, la densidad del aire y el número de renovaciones de aire establecidas.

La expresión utilizada para su cálculo es:

$$Q_h = [V \times N \times (H_{ext} - H_{int})] \div v$$

Para el cálculo de este concepto se tiene en cuenta las diferentes condiciones del aire introducido, que se encuentra a distinta temperatura y humedad, aplicando la siguiente fórmula:

- $V$  : Volumen interior cámara en m<sup>3</sup>.
- $N$  : Renovaciones de aire diarias consideradas.
- $H_{ext}$  : Entalpía del aire exterior en Kj/Kg.
- $H_{int}$  : Entalpía del aire interior en Kj/Kg.
- $v$  : Volumen específico del aire ambiente exterior en m<sup>3</sup>/Kg



En las zonas en las que existen muelles de carga y descarga, se hará una hipótesis de 8 renovaciones de aire mientras que en zonas internas supondremos 3 renovaciones (pese a no estar abiertas al exterior y la no existencia de corrientes de aire, su contacto con las zonas de muelles o expedición hacen necesario ser prudentes). En las cámaras y considerando su utilización planteamos una única renovación por día.

En el anexo de cálculos C (Anexos de Cálculo) se adjuntan todos los cálculos desglosados.

La siguiente tabla resumen indica los requerimientos caloríficos por infiltraciones de aire de las distintas zonas que configuran la nave.

**POTENCIA CALORÍFICA REQUERIDA**

<b>Zonas</b>	<b>Infiltraciones Qh (kJ/día)</b>
Almacén fruta	1.065.810
Almacén pescado	427.759
Cámara fruta	36.229
Cámara verduras	36.229
Recepción frutas	1.284.293
Expedición frutas	2.105.884
Recepción pescado	170.672
Cámara congelados	11.173
	<b>5.138.049</b>

**2.1.5. Calor por disipación por el producto interior**

El producto introducido en la nave llega a unas condiciones distintas a las requeridas en el interior, por lo que se debe bajar la temperatura de la mercancía a la requerida en un tiempo razonable.



Para el cálculo de la energía necesaria se ha tomado como base, las tablas de admisión de producto de la cadena de supermercados de referencia (se adjunta tabla donde se especifican los kilos de cada producto introducido en la nave)

Para el cálculo de este concepto se utilizará la fórmula siguiente:

$$Q_p = m \times C_e \times (T_{en} - T_{in})$$

- $m$  : Masa del producto introducido diariamente (Kg)
- $C_e$  : Calor específico del producto introducido (kJ/kg ° K)
- $T_{en}$  : Temperatura de entrada del producto (° K )
- $T_{in}$  : Temperatura interior cámara (° K )

Se realizan las siguientes hipótesis:

Las frutas y verduras entran a la zona de recepción a una temperatura media de 22 ° C. Este es el caso más desfavorable (en muchos casos la mercancía ha sido transportada desde origen en camiones conveniente refrigerados pero el dimensionamiento de los equipos requiere ser restrictivo). El producto llega a la zona de recepción, donde se controlan los albaranes y entra al almacén en una media hora. Una vez el producto almacenado, debe estabilizarse a 10° C.

En el caso del pescado suponemos que el producto entra a 10 ° C, ya que proviene directamente del mercado central donde se haya refrigerado convenientemente y en un proceso mucho más corto y debe bajarse la temperatura a 4 ° C.

En anexo B (Anexos) se adjuntan tablas del calor específico de frutas y verduras.



### **Cálculo necesidades térmicas por disipación del producto zona almacén frutas**

En esta zona, la de mayor volumetría, suponemos que en una hora recibimos todo el producto a una temperatura de 22° C y que en una hora debemos estabilizarlo a 10 ° C.

- $m$  : Masa de cada producto entrado diariamente.  
 $C_e$  : Calor específico de cada producto (kJ/kg ° C)  
 $T_{en}$  : 22 ° C  
 $T_{in}$  : 10 ° C

Para realizar el cálculo se han realizado unas tablas donde se detalla el calor específico de cada producto, los kilos de producto mensual y diario, carga térmica en kJ al mes y diaria con un decremento de temperatura de 12° C, correspondiente a la hipótesis de temperaturas realizada.

Una vez realizados los cálculos el mes más desfavorable es el mes de julio donde se obtiene:

$$- Q_p = 9.799.916 \text{ kJ/día.}$$

Y que se toma como base de cálculo (en los anexos correspondientes) se adjuntan hojas de cálculo de todo un año.

Además, se prevé un aumento de la circulación de productos de un 15% en los dos siguientes años sucesivamente a modo de previsión de incremento de actividad, con lo que los requerimientos a considerar serán:

$$9.799.916 \cdot 1,15 \cdot 1,15 = \mathbf{12.960.389 \text{ kJ/día}}$$





En el anexo D (Anexos de Calculo) se adjuntan las tablas de cada mes de la zona de almacén de frutas y en el Anexo E (Anexos de Cálculo) se adjuntan todos los cálculos.

### **Cálculo necesidades térmicas por disipación del producto en la zona de recepción de frutas**

La zona de recepción de fruta, debido a las características del trabajo en la misma, es una zona de paso de producto, sin estancia del mismo. En este caso el producto nos entra a 22 ° C e inmediatamente, una vez firmado el albarán, se introduce a la nave. Para darle un valor a este requerimiento decidimos darle como valor lo que costaría modificar un grado la temperatura al producto recibido, independientemente de que supongamos que la temperatura de entrada en la zona de preparación es la misma.

En el anexo de cálculos E se adjunta tabla de la zona recepción de frutas, donde se ha supuesto una diferencia de temperatura de 1 °C, independientemente de los requerimientos finales del producto y considerando la entrada del mismo a 22° C.

Una vez realizados los cálculos, el mes más desfavorable es el mes de julio por los volúmenes de producto asociados. Los resultados se presentan en el anexo E (Anexos de Cálculo).

La siguiente tabla resumen recoge los requerimientos caloríficos por disipación del producto de las distintas zonas que configuran la nave.

#### **POTENCIA CALORÍFICA REQUERIDA**

<b>Zonas</b>	<b>Producto Qp (kJ/día)</b>
Almacén fruta	12.960.389
Almacén pescado	115.382
Cámara fruta	3.056.000
Cámara verduras	3.248.000
Recepción frutas	816.66.



**POTENCIA CALORÍFICA REQUERIDA**

<b>Zonas</b>	<b>Producto Qp (kJ/día)</b>
Expedición frutas	6.480.195
Recepción pescado	115.382
Cámara congelados	101.750
	<b>26.893.758</b>

**2.1.6. Calor por respiración del producto**

Durante la conservación de las mercancías, éstas desprenden gases como el etileno y CO<sub>2</sub> entre otros, que a su vez tiene una influencia negativa y suponen un aumento de la temperatura ambiente, que debe ser compensada mediante la aportación de frío del sistema. Evidentemente la capacidad de respiración del producto depende de la temperatura a que se encuentre.

Todo el producto recibido permanece en el almacén 4 horas, en las 4 horas siguientes el 50% permanece en el almacén y el resto en la zona de expedición hasta que sale hacia las tiendas. El resto del producto (50%) permanece toda la noche en la nave hasta las 6.30 que es expedido.

Así, a modo de resumen, el 50% de frutas y verduras permanecen en la nave 9 horas, una en zona de recepción, 4 horas en almacén y 4 horas en expedición. El otro 50% de frutas y verduras permanece en la nave 19 horas y media, una en recepción, 8 horas en almacén en espera, 4 horas en almacén clasificándose y 6 horas y media en expedición hasta las 6.30 horas de la mañana que sale para las tiendas.

Para el cálculo de esta potencia se ha tomado como base, las tablas de admisión de producto de la cadena de supermercados (se adjunta tabla donde se especifican los kilos de cada producto introducido en la nave en un periodo)



Sólo generan calor los productos que impliquen respiración, es decir, en el caso que nos ocupa, la fruta y verdura, dado que el pescado no genera respiración alguna.

En el Anexo G (Anexos de Calculo) se adjuntan todos los cálculos desglosados.

La siguiente tabla resumen recoge los requerimientos caloríficos por respiración del producto de las distintas zonas que configuran la nave.

**POTENCIA**                      **CALORÍFICA**  
**REQUERIDA**

<b>Zonas</b>	<b>Respiración (kJ/día)</b>	<b>Qr</b>
Almacén fruta	1.361.008	
Almacén pescado		-
Cámara fruta	144.210	
Cámara verduras	313.500	
Recepción frutas		-
Expedición frutas	247.456	
Recepción pescado		-
Cámara congelados		-
	<b>2.066.174</b>	

**2.1.7. Calor por acción de los ventiladores**

Para realizar una buena propagación del aire frío por todo el recinto se utilizan ventiladores, que generan unas pérdidas derivadas del contacto del aire en movimiento con las paredes y con la propia mercancía.



Para el cálculo de este requerimiento, realizamos la hipótesis que el mismo es del 25% de la suma de todos los requerimientos anteriores, lo que se recoge en la siguiente tabla resumen.

### **POTENCIA CALORÍFICA REQUERIDA**

<b>Zonas</b>	<b>Suma parcial de todos los requerimientos</b>	<b>Ventiladores Qv (kJ/día)</b>
Almacén fruta	16.463.941	<b>4.115.985</b>
Almacén pescado	994.092	<b>248.523</b>
Cámara fruta	3.328.339	<b>832.085</b>
Cámara verduras	3.715.423	<b>928.856</b>
Expedición frutas	9.846.561	<b>2.461.640</b>
Recepción pescado	393.015	<b>98.254</b>
Cámara congelados	218.015	<b>54.736</b>
		<b>9.302.947</b>

#### **2.1.8. Resumen necesidades frigoríficas**

La siguiente tabla resumen recoge los requerimientos frigoríficos por zona y conceptos, donde podemos ver que la zona de almacenamiento y expedición de frutas y verduras (por los volúmenes de mercancía y superficie destinadas) es la principal requeridora de energía frigorífica y que el principal concepto es el enfriar las frutas y verduras a la temperatura deseada.



**POTENCIA CALORÍFICA REQUERIDA**

Zonas	Transmisión Qc (kJ/día)	Servicios interiores Qs (kJ/día)	Infiltraciones Qh (kJ/día)	Producto Qp (kJ/día)	Respiración Qr (kJ/día)	Ventiladores Qv (kJ/día)	Qtot (kJ/día)
Almacén fruta	861,387	215,347	1,065,810	12,960,389	1,361,008	4,115,985	<b>20,579,926</b>
Almacén pescado	360,761	90,190	427,759	115,382	-	248,523	<b>1,242,615</b>
Cámara fruta	79,913	11,987	36,229	3,056,000	144,210	832,085	<b>4,160,424</b>
Cámara verduras	102,343	15,351	36,229	3,248,000	313,500	928,856	<b>4,644,279</b>
Recepción frutas	120,415	30,104	1,284,293	816,660	-	562,868	<b>2,814,340</b>
Expedición frutas	810,421	202,605	2,105,884	6,480,195	247,456	2,461,640	<b>12,308,202</b>
Recepción pescado	85,569	21,392	170,672	115,382	-	98,254	<b>491,269</b>
Cámara congelados	92,192	13,829	11,173	101,750	-	54,736	<b>273,680</b>
	2,513,001	600,805	5,138,049	26,893,758	2,066,174	9,302,947	<b>46,514,734</b>

**Potencia Total =**

**2.2. INSTALACIÓN FRIGORÍFICA****2.2.1. Descripción de la instalación**

La instalación que debe suministrar frío a nuestra nave con una potencia de enfriamiento según los requerimientos expuestos esta compuesta por distintos elementos. Se compone de compresores, evaporadores, condensadores, válvulas de regulación y las necesarias tuberías de ínter conexionado.

El funcionamiento general de la instalación frigorífica es el que se describe seguidamente de forma simplificada.

La premisa de funcionamiento es que un refrigerante al ser llevado a ebullición toma calor del medio ambiente, por lo que si evaporamos un fluido en el interior de una cámara, este absorberá calor de la propia cámara, aunque este fría, reduciendo su temperatura. Por ello, el elemento a ubicar en el interior de la cámara es el denominado evaporador, en el que un fluido evapora absorbiendo calor del medio en que se encuentra.



Para forzar la ebullición del fluido a baja temperatura debe reducirse la presión en la entrada del evaporador situado dentro de la cámara. Esto se consigue situando una válvula de regulación en dicha entrada. La función de esta válvula es laminar y pulverizar el fluido a evaporar, dejando pasar exactamente la cantidad de líquido necesaria.

**Eliminado:** bajar su presión, por lo que deberá

La válvula obliga al fluido a entrar en el evaporador en la cantidad conveniente, la justa para que evapore a la temperatura requerida en el interior de la cámara (si entrase menos líquido la temperatura de evaporación bajaría y si entrase más líquido la temperatura subiría).

Después de pasar por el evaporador, el gas es aspirado por un elemento denominado compresor, que a través de la línea de aspiración toma el refrigerante en estado gaseoso a baja temperatura e incrementa su presión, para que pase al condensador.

El condensador es el elemento que comunicado por la línea de descarga con el compresor le llega el refrigerante en estado gaseoso a presión y temperatura altas. En este elemento, el refrigerante pasa de gas a líquido, cediendo su calor al agua para poderlo licuar.

De esta forma queda completado el circuito, volviendo a incorporarse el refrigerante líquido a través de la válvula de regulación en el evaporador.

A continuación detallaremos el cálculo de cada uno de estos elementos que componen la planta frigorífica.



### 2.2.2. COMPRESORES.

En nuestro caso, dispondremos de una bancada con tres compresores de 90 CV para dar servicio a la zona a mantener a 10 °C, un compresor de 40 CV para dar servicio a la zona a mantener a 4 °C y dos compresores de 40 CV para la zona a 0 °C.

De esta forma, al disponer tres compresores de 90 CV y tres de 40 CV, en caso de avería o requerimientos de parada por trabajos de mantenimiento y mediante la realización de un by-pass entre compresores se podrá mantener la planta en servicio permanente.

Como ya se ha comentado, el compresor es la parte del sistema encargada de aspirar los vapores del fluido refrigerante, comprimirlo y descargarlo al condensador.

Teniendo en cuenta que disponemos de tres rangos de temperaturas claramente determinados, temperaturas positivas (almacén de frutas y verduras y zona de pescado), temperatura a cero grados (cámara de fruta y cámara de verduras) y temperatura negativa (cámara de congelados de pescado) se decide realizar una planta para el conjunto de la nave, dejando aparte la cámara de congelados. De esta forma la planta dispondrá de dos circuitos: un circuito para temperaturas positivas (o 0°C) y otro para temperaturas negativas.

Para el circuito a temperaturas positivas en el que existen tres rangos de temperatura (0° C, 4° C y 10° C) realizaremos una aspiración común para dar servicio a las tres zonas, evaporando a -7° C para las cámaras que deben estar a 0 °C que corresponde a cámara de frutas y cámara de verduras, evaporando a -2 °C para la zona de pescado que debe estar a 4° C y evaporando a 1° C para las zonas de expedición, almacenamiento y recepción de frutas y verduras, que deben estar a 10 °C.

Para conocer los requerimientos de compresor de cada zona determinaremos según las horas de trabajo la potencia necesaria. A continuación se detalla tabla de los



requerimientos necesarios según la zona a que el compresor da servicio según la temperatura requerida.

Según lo expuesto, cada zona según el rango de temperatura requerida de servicio requiere una temperatura de evaporación:

- para la zona que debe estar a  $10^{\circ}\text{C}$  la temperatura de evaporación será de  $1^{\circ}\text{C}$
- para la zona que debe estar a  $4^{\circ}\text{C}$  la temperatura de evaporación deberá ser de  $-2^{\circ}\text{C}$
- para la zona que debe estar a  $0^{\circ}\text{C}$  la temperatura de evaporación será de  $-7^{\circ}\text{C}$
- para la cámara para congelados de pescado, que funcionará con compresor independiente y que debe estar a  $-20^{\circ}\text{C}$ , la temperatura de evaporación será de  $-29^{\circ}\text{C}$ .

Para el cálculo del compresor, se ha utilizado el programa de BITZER, marca contrastada y escogida para la ejecución del proyecto. Se adjuntan hojas de cálculo en el Anexo D (Anexos).

Se escogen compresores de tornillo semi-herméticos dado que son los que se ajustan a nuestras necesidades.

Como otros parámetros para el cálculo del compresor se ha tenido en cuenta una pérdida de  $2^{\circ}\text{C}$  en la evaporación debido a las conducciones, un subenfriamiento del líquido de  $2^{\circ}\text{C}$  y un recalentamiento de  $10^{\circ}\text{C}$ . Asimismo, al condensar con agua de pozo la temperatura de condensación se considera de  $30^{\circ}\text{C}$ .

La central de compresores para temperaturas positivas estará compuesta por tres compresores de tornillo semi-herméticos de 90 CV y tres compresores semi-herméticos de 40 CV





El circuito a temperaturas negativas será independiente, con un compresor y condensador por aire, totalmente independiente al sistema utilizado anteriormente.

Estará formada por un compresor semi-hermético alternativo y su condensación se realizará por aire con un condensador helicoidal. El compresor escogido será un Bitzer modelo 4T-8.2Y con una potencia nominal de 7,5 CV y un volumen de desplazamiento de 39,36 m<sup>3</sup>/h, la temperatura de evaporación es de -30 °C y condensando a 45 °C. La potencia frigorífica que se obtiene es de 6,96 kW.

La siguiente tabla muestra los requerimientos de los compresores en función de la zona de servicio.

**Requerimientos para los compresores según zona de servicio**

	Zona a 10° C	Zona a 4° C	Zona a 0° C	Zona a -20° C
<b>Requerimiento</b>	619,8 kW	96,3 kW	152,8 kW	4,75 kW
<b>Temperatura evaporación</b>	0° C	-2° C	-7° C	-30° C
<b>Perdidas consideradas</b>	2° C	1,5° C	2° C	2° C
<b>Compresor escogido</b>	3 x HSK 7471-90	1 x HSK 5363-40	2 x HSK 5363-40	1x4T-8.2Y
<b>Potencia suministrada</b>	3 x 221 = 663 kW	100 kW	2 x 77,5 = 155 kW	6,96 kW

Se adjuntan hojas de cálculo y características de los compresores según programa de BITZER en Anexo I (Anexo de Cálculo).



Como aspecto a considerar es la agrupación de los evaporadores de una misma zona en líneas de aspiración separadas hasta los compresores y la realización de una descarga común, tras los compresores, para unificar todo el refrigerante comprimido en estado gaseoso y enviarlo al condensador común, es decir, se producirá una descarga común y una absorción por separado.

Por último, en el montaje de la central se tendrán previstas una serie de by-pass para poder sustituir compresores con posibles fallos y mantener la planta en servicio mediante la sustitución de las cargas de trabajo de unos en otros.

### **2.2.3. EVAPORADORES.**

El evaporador es el órgano productor de frío de la instalación frigorífica y se ubica en el interior de las salas o al lado de las zonas a refrigerar. El evaporador es esencialmente un intercambiador de calor; su función es la de absorber el calor de la zona a refrigerar, transmitiéndola al refrigerante, consiguiendo la reducción de temperatura necesaria para compensar los incrementos de temperatura inherentes a los condicionantes del sistema.

En el interior del evaporador se fuerza al refrigerante a entrar en ebullición, tras su paso por la válvula de regulación; el refrigerante para hervir absorbe el calor que existe en el medio, o sea, en este caso, de la cámara a refrigerar.

Para la elección del evaporador se han tenido en cuenta que la velocidad de difusión sea la correcta para no perjudicar al producto ni a los trabajadores y que permita la realización de una difusión del frío que alcance por igual todas las zonas a refrigerar.

Una vez analizados los distintos tipos de evaporadores que existen en el mercado nos hemos decantado por evaporadores para enfriamiento forzado de aire.



Estos evaporadores dan un resultado muy satisfactorio que cubre las necesidades planteadas. Algunas de sus características son:

- Forma compacta y reducida.
- Facilidad de instalación.
- Obtención de un buen grado de uniformidad de temperatura debido a la buena difusión del aire.
- Regulación del grado de humedad relativa.
- Fácil mantenimiento.

Este tipo de evaporadores cuentan con unos ventiladores que son los encargados de la difusión del aire y controlados a través del termostato.

Para la difusión del aire en la nave se han escogido evaporadores de plafón para las zonas de trabajo y del tipo cúbico para las cámaras.

Para el cálculo de los evaporadores se han tenido en cuenta las necesidades de absorción de cada evaporador. El número de evaporadores de cada zona se determina de forma que se disponga de una buena difusión del aire frío y se asegure una temperatura homogénea.

Se escogen evaporadores que trabajen a baja velocidad, dado que en todas las zonas excepto en las cámaras, existe personal manipulando el producto; de esta forma se evitan corrientes de aire molestas para el trabajador y que incrementan la percepción de frío.

Hemos determinado el evaporador siguiendo las tablas de selección del catalogo y comprobando que la superficie de intercambio térmico es la requerida.



Para la determinación de la superficie de intercambio de calor se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$Q = K \cdot S \cdot \Delta tm$$

$Q$  : Requerimientos frigoríficos del evaporador.

$S$  : Superficie de intercambio térmico.

$\Delta tm$  : Diferencia media logarítmica entre el refrigerante y el medio a enfriar.

$K$  : Coeficiente de transmisión de calor.

Según la aplicación a que se destine el evaporador se debe determinar la separación entre aletas:

Para salas es recomendable separaciones de aletas de: 4,5 mm.

Para cámaras es recomendable separaciones de aletas de: 4,5 / ~~9,0~~ mm.

Para congelados es recomendable separaciones de aletas de: 6,5 / ~~13~~ mm.

Eliminado: 7

Eliminado: 10

Las temperaturas de evaporación ya se han relacionado en el apartado de cálculo de los compresores y para el cálculo de la superficie de intercambio y en función de la fórmula planteada la superficie de intercambio necesaria sería de:

$$S = \frac{Q}{K\Delta tm} = \frac{Q}{K\Delta tm}$$

En Anexo H (Anexos de Cálculo) se adjuntan todos los cálculos desglosados por cada zona.

Se presenta a continuación tabla resumen de los evaporadores escogidos para cada zona y su justificación se encuentra en el Anexo J (Anexos de Cálculo).



Zona	Potencia requerida (kW)	Numero evap.	Modelo evaporador	Tevapor./DT (°C)	Potencia suministrada (kW)
Almacén fruta	357,3	6	IDE-53A 04	0,8 / 9,2	357,69
Almacén pescado	69,0	2	IDE-53A 04	-1,5 / 5,5	69,16
Cámara fruta	72,2	1	ICE-54B 06	-7,3 / 7,3	72,73
Cámara verdura	80,6	1	ICE-54B 06	-8,1 / 8,1	80,71
Recepción frutas	48,80	1	IDE-53A 04	2 / 8	51,84
Expedición frutas	213,7	4	IDE-53A 04	1,7 / 8,3	215,12
Recepción pescado	27,3	2	IDE-52B 04	-2,1 / 6,1	27,31
Cámara congelados	4,75	1	CTE-84L 8	-29 / 9,0	4,82
					879,38

Atendiendo al diseño de la instalación y agrupando los requerimientos por rangos de temperatura de cada zona obtenemos unos requerimientos por zonas de temperatura de:

	Zona a 10° C	Zona a 4° C	Zona a 0° C	Zona a -20° C
Requerimiento Zona	619,80 kW	96,3 kW	152,8 kW	4,75 kW
Requerimiento evaporadores	624,65 kW	96,46 kW	153,44 kW	4,82 kW



Por lo tanto, de los cuatro circuitos los tres que se encuentran a temperaturas positivas dispondrán de una aspiración común y evaporarán a las temperaturas requeridas.

En Anexo J (Anexos de Cálculo) se adjuntan los cálculos con el programa de ECO.

A continuación se procede a relacionar la identificación de los evaporadores según marca y modelos escogidos para realizar la implantación según la tabla relacionada anteriormente.

IDE: Evaporador de plafón.

ICE: Evaporador cúbico.

Primer número:      Diámetro del ventilador.

4: 450 mm.

5: 560 mm.

6: 630 mm.

Segundo número:    Número de ventiladores.

Letra:                Número de filas

A: 6 filas

B: 8 filas

C: 10 filas

D: 12 filas

Último número:    Paso de aleta

04: paso de aleta 4,5 mm

06: paso de aleta 6,0 mm

07: paso de aleta 7,0 mm

10: paso de aleta 10,0 mm



## 2.2.4. CONDENSADORES

Como ya se ha descrito, la misión del condensador es la de licuar los vapores de refrigerante que llegan a alta presión procedentes del compresor. Para llevar a cabo esta acción es necesario poner en contacto el refrigerante en estado gaseoso con un medio mas frío, ya sea agua o aire, a través de una superficie metálica, para que, siguiendo el principio de transmisión de calor se realice la condensación del mismo.

La cesión de calor por parte del gas se realiza en tres fases.

- a) Enfriamiento de los vapores desde la temperatura del vapor sobrecalentado hasta la temperatura de condensación.
- b) Cesión de calor latente de condensación a temperatura constante; este proceso es el mas lento de los tres, dado que para que la cesión se realice es necesario un salto de temperatura importante entre el fluido y el medio de condensación. Es el proceso en que el gas se va licuando.
- c) Enfriamiento del líquido desde su temperatura de condensación hasta la temperatura deseada de subenfriamiento.

En el momento de escoger el condensador adecuado a nuestras necesidades se deben tener en cuenta distintas consideraciones.

- Amplia admisión de gas en el aparato.
- Rápida evacuación del líquido al depósito de líquido.
- Sentido inverso en la marcha del fluido a condensar y el medio de condensación, aire o agua (contracorriente).
- Gran velocidad de paso del medio condensador, aire o agua.
- Buen coeficiente de transmisión.



Evidentemente, el dato más importante a la hora de escoger el condensador es el coeficiente de transmisión. El Coeficiente de Transmisión (K) expresa la cantidad de calor sustraído al fluido por cada grado centígrado de diferencia entre éste y el medio condensador y por cada metro cuadrado de superficie durante una hora.

La forma del condensador, la naturaleza del metal empleado, la rugosidad de la superficie de transmisión y la naturaleza del fluido, entre otros factores, determinan el coeficiente de transmisión, que debe ser deducido en cada tipo de condensador experimentalmente.

En nuestro caso, y debido a la zona donde se ubicará la instalación, cerca del mar, nos decidimos por utilizar un condensador de titanio, resistente a la corrosión salina.

Para la mejora del rendimiento de la central se ha escogido como medio condensador el agua. El agua nos permite condensar a temperaturas mas bajas mejorando sustancialmente el rendimiento de la planta. Debido a la situación de la instalación, encima del acuífero del Llobregat, se da la posibilidad de realizar la condensación mediante agua de pozo.

El agua de pozo tiene la gran ventaja que todo el año se encuentra a una temperatura relativamente baja y el gasto de agua es prácticamente nulo.

El sistema utilizado para condensar con agua de pozo es la de coger la cantidad necesaria para realizar el intercambio de calor para después tirar el agua a otro pozo aguas arriba, de forma que lo único que se provoca es la recirculación del agua del acuífero.

Este sistema no representa ningún gasto de agua, ya que esta se extrae del acuífero a una cierta temperatura y es devuelta al mismo a una temperatura ligeramente superior. Se ha conseguido autorización de la Agencia Catalana del Agua para los caudales necesarios





que se calcularán a posteriori y para el diferencial de temperaturas entre captación y emisión necesaria.

Para el cálculo del condensador se utilizan las fórmulas de intercambio de calor. Una vez se conoce la energía que se debe transferir del gas refrigerante, se puede deducir la superficie de intercambio necesaria.

$$Q = K \cdot S \cdot \Delta t$$

$Q$ : Cantidad de calor que atraviesa la pared del intercambiador por hora.

$K$ : Coeficiente de transmisión de calor del intercambiador, cantidad de calor que atraviesa la pared por cada m<sup>2</sup> de superficie, por cada grado de diferencia de temperatura y por hora.

$S$ : Superficie de intercambio térmico.

$\Delta t$ : Diferencia de temperatura a ambos lados de la pared.

Para la aplicación de la fórmula la diferencia de temperatura del agua en el interior del intercambiador va variando mientras la temperatura del refrigerante no varía al encontrarse éste a temperatura de condensación, utilizándose toda la energía para el cambio de estado.

Por lo tanto el  $\Delta t$  se debe realizar como una media logarítmica.

$$\Delta t = \frac{(tc - te) - (tc - ts)}{\ln \frac{tc - te}{tc - ts}}$$

$tc$ : Temperatura de condensación.

$te$ : Temperatura de entrada del agua.



$t_s$  : Temperatura de salida del agua.

En nuestro caso:

La cantidad de calor ( $Q$ ) que debe disipar el condensador es el calor absorbido por el sistema y el calor de compresión del compresor, que es aproximadamente equivalente al consumo del compresor.

En este cálculo no se contempla las necesidades de la cámara negativa dado que se considera un sistema autónomo y funcionará con un condensador independiente

**Requerimiento calorífico condensador**

	Zona a 10° C	Zona a 4° C	Zona a 0° C
<b>Requerimiento sistema</b>	<b>663,0 kW</b>	<b>100,0 kW</b>	<b>155,0 kW</b>
<b>Calor absorbido compresor</b>	<b>148,8 kW</b>	<b>23,5 kW</b>	<b>47,4 kW</b>
<b>Disipaciones consideradas</b>	<b>811,8 kW</b>	<b>123,5 kW</b>	<b>202,4 kW</b>

El requerimiento total para el cálculo del condensador de agua es de:

$$811,8 + 123,5 + 202,4 = 1.137,7 \text{ kW}$$

$$Q = 1.137,7 \text{ kW}$$



La temperatura de condensación es de 30° C y suponemos que la temperatura del agua a la entrada del condensador es de 20° C.

Para el sistema que queremos utilizar, agua de pozo, está permitido aumentar en cinco grados la temperatura del agua que cogemos del subsuelo.

$$t_c = 303 \text{ }^\circ \text{K}$$

$$t_e = 293 \text{ }^\circ \text{K}$$

$$t_s = 298 \text{ }^\circ \text{K}$$

Para realizar los cálculos supondremos un coeficiente de transmisión del condensador escogido de la compañía Alfa-Laval:

$$K = 1929 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} = 2,243 \text{ kW/m}^2 \cdot ^\circ \text{C}$$

Por lo tanto necesitaremos un condensador con una superficie de intercambio de:

$$\Delta t = \frac{(303 - 293) - (303 - 298)}{\ln \frac{303 - 293}{303 - 298}} = 7,21$$

$$S = \frac{Q}{K \cdot \Delta t} = \frac{1137,7 \text{ kW}}{2,243 \text{ kW/m}^2 \cdot ^\circ \text{C} \cdot 7,21 \text{ }^\circ \text{C}} = 70,34 \text{ m}^2$$

Para saber la cantidad de agua necesaria para la realización del intercambio de calor y debido que el agua experimenta una elevación en su temperatura, es decir, pasa de una temperatura  $t_e$  a una  $t_s$ , y como el agua debe de ser capaz de absorber toda la cantidad de calor a disipar, esto implica:

$$Q = G \cdot C_e \cdot (t_s - t_e)$$



$G$ : Cantidad de agua en m<sup>3</sup>/h

$C_e$ : Calor específico del agua.

Aplicando la formula en nuestro caso obtenemos:

$$G = \frac{1137,7kW}{\frac{1}{860}kW \cdot h / ^\circ C l 5^\circ C} = 195.684l / h = 195,684m^3 / h$$

El caudal de agua necesario para poder absorber el calor es de 195,7 m<sup>3</sup>/h.

El cálculo del condensador se ha realizado con el programa de la casa Alfa-Laval y se puede comprobar que se ajusta a los cálculos anteriormente realizados. Se adjunta hoja de cálculos en el Anexo K (Anexos de Cálculo).

Para el circuito a temperatura negativa se utilizará como medio para disipar el calor el aire; para esto se ha escogido un condensador helicoidal.

La condensación del fluido refrigerante R-404 se realizará por aire mediante un condensador dotado de una batería de tubos de cobre y aletas de aluminio. El paso del aire a través de la batería se consigue mediante dos ventiladores trifásicos helicoidales provocando el enfriamiento de los gases de descarga hasta su condensación a la presión de saturación correspondiente.

El condensador escogido es el modelo MD de PECOMARK con una capacidad de disipación de 20,5 kW.

Las características de los condensadores están descritas en el Anexo E (Anexos).



### **2.2.5. REFRIGERANTE**

El refrigerante es el medio escogido para utilizarlo como transporte de calor desde un punto a otro, actúa absorbiendo calor en el interior de las diferentes cámaras y cediendo calor en el condensador, pasando de estado líquido a estado gaseoso. Absorbe calor a bajas temperaturas y presiones y lo cede a temperatura y presión más elevadas.

El refrigerante escogido para nuestra planta es el R-404, uno de los fluidos más utilizados para las instalaciones de estas características.

Este refrigerante está clasificado por el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas en el grupo primero como refrigerante de alta seguridad.

En Anexo F (Anexos) se adjuntan tablas de características y circuito de frío del R-404A.

### **2.2.6. TUBERÍAS.**

La tubería frigorífica es el elemento por el que circula el refrigerante, conectando los distintos elementos que componen la planta. El refrigerante puede circular por la tubería en distintos estados: gaseoso o líquido; además, el fluido refrigerante puede circular por la tubería bajo dos regímenes diferentes: régimen laminar o régimen turbulento.

La característica que define que un fluido circule en régimen laminar es el movimiento paralelo de sus partículas, por lo que ofrece una resistencia a su circulación por rozamiento menor que en estado turbulento.

El parámetro bajo el cual clasificamos la circulación del fluido es el número de Reynolds, magnitud adimensional. En el caso que en una tubería el número de Reynolds sea inferior a 2.300, el flujo se considera laminar, y si es superior a 4.000, el flujo se considera turbulento; en la zona intermedia estamos en un flujo de transición.



$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}$$

Re : Número de Reynolds

$v$  : Velocidad media en m/s

$D$  : Diámetro interior de la tubería en m

$\rho$  : Densidad del fluido en Kg/m<sup>3</sup>

$\mu$  : Viscosidad en Kg/m·s

El dimensionado de la tubería depende de la caída de presión que el sistema requiera superar. La caída de presión tiene relación directa con la fricción de la tubería y todos los accesorios, codos, obstáculos que el fluido se encuentra en el paso por la tubería. La fricción de la tubería depende del régimen de circulación, de su número de Reynolds y de la rugosidad de la misma.

Lo más conveniente para la planta es disponer de la mínima caída de presión en tuberías, pero esto no debe significar disponer de las conducciones de gran diámetro.

Para el dimensionado de los conductos se puede utilizar diagramas o un programa informático, en anexo de cálculo nº 11 se adjunta los cálculos realizados con un programa informático y en anexo V se adjuntan tablas de características de tuberías y refrigerantes.

### **Retorno aceite**

En toda instalación de refrigeración hay que asegurar el retorno de aceite al compresor, por lo que en las tuberías donde el refrigerante es vapor (admisión y descarga) se debe imponer una determinada velocidad que asegure que el propio vapor arrastrará el aceite hasta el compresor.



Las velocidades mínimas más adecuadas del refrigerante para que pueda arrastrar al aceite son de:

- Tuberías horizontales o descendentes: 3,5 m/s.
- Tuberías ascendentes: 6,5 m/s.

En las tuberías de líquido no se tiene en cuenta estas velocidades, dado que el aceite ya es arrastrado por el fluido. En el dimensionado se tiene en cuenta el retorno del aceite, el coste de la tubería y del aislante.

### **Características de las tuberías**

Para disminuir al máximo la pérdida de carga en el conjunto, lo más conveniente es reducir las distancias entre los distintos elementos que componen la planta: compresores, evaporadores, condensadores y recipientes.

Las tuberías de aspiración (unen evaporador con compresor y llevan refrigerante en estado gaseoso) tienen que estar aisladas para prevenir la condensación de la humedad ambiente y reducir las ganancias de calor.

Las tuberías de líquido (unen condensador con evaporador) no hacen falta aislarlas, si no es por otros requerimientos externos.

La tubería de descarga (une compresor con condensador) no se debe aislar, ya que es mejor que el gas comprimido pierda calor.

En la instalación de las tuberías se deben minimizar al máximo la transmisión de vibraciones y pulsaciones; éstos están generados por el compresor y transmitidas a la red de tuberías pueden ocasionar problemas. Para amortiguar dicho problema se deben



instalar en la tubería silenciadores y antivibratorios flexibles en la unión con el compresor.

El sistema de sustentación debe ser robusto pero permitir un desplazamiento libre; es conveniente intercalar un material blando y aislante entre tubería y soporte.

Una metodología para evitar resonancias debidas a las pulsaciones de presión o turbulencias es intercalar un separador de aceite o separadores de líquido en la línea de aspiración (la principal función de estos últimos es prevenir golpes de líquido en el compresor).

Las turbulencias pueden provenir de una velocidad alta en las tuberías como consecuencia de un diámetro insuficiente por lo que debe tenerse en cuenta en el dimensionamiento.

### **Línea de líquido**

Esta es la tubería que comunica el condensador con el evaporador; en ella, el refrigerante circula en estado líquido, previo a su evaporación a la entrada del evaporador.

En esta línea el problema del aceite es mínimo, ya que se encuentra mezclado con el refrigerante y su trasiego es fácil de realizar, no existiendo riesgo de depósitos de aceite en el condensador o recipiente.

Para el dimensionado de esta línea se debe de tener en cuenta que no se produzcan vapores y que las válvulas y accesorios se dimensionen para la pérdida de carga adecuadamente.





El refrigerante debe permanecer líquido en todo su recorrido; esto será así si el refrigerante se encuentra por debajo de la temperatura de saturación a la presión que se trabaje en esa zona.

Para asegurar que en todo el tramo el refrigerante estará en estado líquido, debemos provocar un subenfriamiento, de forma que un pequeño incremento de la temperatura o pérdida de presión no produzca vapor dado que la aparición de vapor incrementa la pérdida de carga, reduce la capacidad de líquido en la línea, llega menos líquido a la válvula de expansión y pueden aparecer ruidos.

La siguiente tabla presenta el dimensionamiento calculado para las líneas de líquido.

<b>EVAPORADORES</b>	<b>1xevap.</b>	<b>2xevap.</b>	<b>3xevap.</b>	<b>4xevap</b>
IDE-53A d=8,3	<b>3/4"</b>	<b>1 3/8"</b>	-	-
IDE-53A d=9,2	<b>3/4"</b>	<b>1 3/8"</b>	<b>1 5/8"</b>	<b>2 1/8"</b>
IDE-53A d=5,5	<b>3/4"</b>	<b>1 1/8"</b>	<b>1 5/8"</b>	-
ICE-54A d=7,3	<b>1 1/8"</b>	<b>2 1/8"</b>	-	-
ICE-54A d=8,1	<b>1 1/8"</b>	<b>2 1/8"</b>	-	-

### **Línea de aspiración**

Esta es la tubería que comunica el evaporador con el compresor; en ella, el refrigerante circula en estado gaseoso previo a la entrada al compresor. El dimensionado de esta línea es más delicado y trae consigo más problemas.

La línea se debe dimensionar para que el gas arrastre consigo el aceite y evitar que éste se acumule en el evaporador, por lo que el aceite se debe dirigirse al compresor. Además, no se pueden formar gotas de líquido en esta línea, dado que las mismas al incidir con el pistón del compresor podrían dañarlo. Toda la línea se debe instalar de forma que exista pendiente de bajada hacia el compresor para beneficiar el retorno del aceite al compresor.

La siguiente tabla presenta el dimensionamiento calculado para las líneas de aspiración.



<b>EVAPORADORES</b>	<b>1xevap.</b>	<b>2xevap.</b>	<b>3xevap.</b>	<b>4xevap</b>
IDE-53A d=8,3	<b>1 3/8"</b>	<b>2 5/8"</b>	-	-
IDE-53A d=9,2	<b>1 3/8"</b>	<b>2 5/8"</b>	<b>3"</b>	<b>3 5/8"</b>
IDE-53A d=5,5	<b>1 5/8"</b>	<b>2 5/8"</b>	<b>3 5/8"</b>	-
ICE-54A d=7,3	<b>2 5/8"</b>	<b>3 1/8"</b>	-	-
ICE-54A d=8,1	<b>2 5/8"</b>	<b>3 1/8"</b>	-	-

### **Línea de descarga**

Esta es la tubería que comunica el compresor con el condensador; en ella el refrigerante circula en estado gaseoso a una presión elevada. Esta línea no presenta muchos problemas y se debe dimensionar para una pérdida de presión adecuada y que soporte las presiones de diseño.

Se adjuntan hojas de características de las tuberías en el Anexo G (Anexos), el dimensionado de cada tubería se justifica en Anexo M (Anexos de Cálculo).

### **2.2.7. ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y AUXILIARES**

Los elementos anteriormente descritos son los principales de una planta frigorífica pero para adaptarlos a las necesidades cambiantes y según los requerimientos en cada momento en materia de efectividad y seguridad, deben añadirse otros.

La potencia requerida en cada momento depende de múltiples factores:

- Climáticos.
- Requerimientos de cargas.
- Carga de los almacenes o su vaciado.



La planta deberá dotarse de los elementos adecuados para su control según la potencia demandada y de los elementos de protección y seguridad indispensables para un funcionamiento prolongado.

En anexo VIII de características de elementos de seguridad y auxiliares se adjuntan las características de los elementos a continuación relacionados.

### **Presostato**

Es un elemento que activa un contacto eléctrico en función de la presión a que está sometido. Se instalan diferentes presostatos: de baja, de alta y de aceite.

- Los presostatos de baja son los que controlan las presiones bajas del sistema.
- Los presostatos de alta son los que controlan las presiones altas del sistema.
- El presostato diferencial de aceite es el que controla la presión de la bomba de aceite del compresor para poder mantener los niveles de lubricación en el mismo.

La marca escogida para la instalación del presostato es Danfoss, y se escoge según el rango de presión, como presenta la siguiente tabla.

<b>Regulación (Bar)</b>	<b>Diferencial (Bar)</b>	<b>Modelo</b>
8 a 32	<b>4 a 10</b>	<b>KP-7W</b>
8 a 42	<b>4 a 10</b>	<b>KP-6W</b>
-0,2 a 7,5	<b>0,7 a 4</b>	<b>KP-15</b>



## Termostato

Es un elemento que activa un contacto eléctrico en función de una temperatura determinada; sirve para controlar las temperaturas en distintos puntos de la instalación y dar las señales de control necesarias. Se instalan diferentes termostatos: de ambiente, de control y de desescarche.

- El termostato de ambiente controla la temperatura del medio a enfriar.
- El termostato de control se utiliza para detectar valores anormales en temperaturas en la tubería de descarga, de aspiración o para controlar un posible recalentamiento.

La marca escogida para la instalación del termostato es Danfoss y se escoge según el rango de temperatura, como presenta la siguiente tabla.

<b>Escala Regulación (° C)</b>	<b>Modelo</b>
-30 a +15	<b>KP-61</b>
-50 a -10	<b>KP-63</b>
-5 a +35	<b>KP-69</b>

## Válvulas

Es un elemento que permite el paso del fluido según los valores tarados. Se instalan distintas válvulas: solenoides, de expansión, de retención o modulantes.

- Una válvula solenoide es la que permite el paso o interrumpe el paso de refrigerante accionada por un presostato o termostato.



- La válvula de expansión termostática es aquella destinada a reducir la presión de alta hasta la de trabajo del evaporador y alimentar al evaporador con el refrigerante necesario; se instala en la línea de líquido a la entrada del evaporador.
- La válvula de retención es aquella que deja pasar la circulación del refrigerante en una única dirección.
- La válvula modulante es aquella que deja pasar la cantidad de refrigerante necesario en función de un control por presión, temperatura o todo o nada.

Las válvulas para la instalación son de la marca Danfoss y en función de su capacidad y se escogen las de la siguiente tabla según el diagrama presentado en el plano.

0°C	-10°C	-25°C	-35°C	Conexión	Modelo
0.6	<b>0.6</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>3/8-1/2"</b>	<b>AKV 10-1</b>
1.1	<b>1.0</b>	<b>0.8</b>	<b>0.8</b>	<b>3/8-1/2"</b>	<b>AKV 10-2</b>
1.7	<b>1.7</b>	<b>1.3</b>	<b>1.2</b>	<b>3/8-1/2"</b>	<b>AKV 10-3</b>
84.2	<b>83.7</b>	<b>65.2</b>	<b>58.8</b>	<b>1 3/8-1 3/8"</b>	<b>AKV 20-1</b>
135	<b>134</b>	<b>105</b>	<b>94</b>	<b>1 3/8-1 3/8"</b>	<b>AKV 20-2</b>
210	<b>209</b>	<b>163</b>	<b>147</b>	<b>1 5/8-1 5/8"</b>	<b>AKV 20-3</b>
337	<b>334</b>	<b>261</b>	<b>235</b>	<b>2 1/8-2 1/8"</b>	<b>AKV 20-4</b>
530	<b>527</b>	<b>411</b>	<b>371</b>	<b>2 1/8-2 1/8"</b>	<b>AKV 20-5</b>

Para las válvulas solenoides, la marca escogida es Danfoss y asimismo los modelos elegidos según su capacidad.

Capacidad en kW	Modelo
10,2	<b>EVR 6</b>
32,9	<b>EVR 15</b>
63,4	<b>EVR 20</b>



## Elementos de regulación

Asimismo se instala un sistema de by-pass para poder desviar parte de los gases de compresión a la aspiración para mantener la capacidad del compresor constante.

Los compresores utilizados en la planta son del tipo de tornillo, que funcionan por el deslizamiento de un tornillo sin fin accionado hidráulicamente, y se gobiernan por un presostato de baja o un termostato que regula su desplazamiento.

La válvula instalada en la aspiración (entrada del gas al compresor) limita la cantidad de gas que puede llegar al compresor, de forma que protege al motor eléctrico ante posibles sobrecargas excesivas producidas en el arranque.

Para regular la presión de condensación se modificará el caudal de recirculación de agua a través del condensador, mediante una válvula de paso de agua en función de la presión. Al tener distintas líneas de aspiración según la temperatura a que queremos mantener una zona, regularemos la presión de aspiración a través de una válvula de paso.

Para la regulación de presión evaporador, la marca escogida es Danfoss y se escoge según su capacidad.

capacitat	Modelo	Conexión
3600	<b>KVP-12</b>	½ “
7700	<b>KVP-28</b>	1 1/8”
7700	<b>KVP-35</b>	1 3/8”

Para la regulación de presión aspiración, la marca escogida es Danfoss y se escoge según su capacidad.



<b>capacitat</b>	<b>Modelo</b>	<b>Conexión</b>
6300	<b>KVL-12</b>	<b>1/2 "</b>
14200	<b>KVL-28</b>	<b>1 1/8"</b>
14200	<b>KVL-35</b>	<b>1 3/8"</b>

Para la regulación de presión condensación, la marca escogida es Danfoss y se escoge según su capacidad.

<b>capacitat</b>	<b>Modelo</b>	<b>Conexión</b>
20500	<b>KVR-12</b>	<b>1/2 "</b>
52300	<b>KVR-28</b>	<b>1 1/8"</b>
52300	<b>KVR-35</b>	<b>1 3/8"</b>

### Sistema de desescarche

El desescarche es muy importante para mantener en condiciones los evaporadores, al ser éstos la parte más fría de la instalación y dado que entre sus placas se puede depositar hielo, impidiendo una correcta transferencia de calor entre el aire y el refrigerante (deben mantenerse en todo momento las placas de intercambio libres de hielo). Pueden utilizarse distintos sistemas de desescarche según el medio en que se encuentre el evaporador.

Para las zonas a temperatura positiva, a 4 ° C, utilizaremos el desescarche por aire; en él, se mantendrán los ventiladores del evaporador en marcha pero se interrumpirá el paso del fluido frigorífico a baja temperatura, de forma que el propio aire de la cámara provoque el deshielo. Este desescarche se controlará por tiempo.

En las cámaras a temperaturas negativas, el desescarche se realizará a través de una resistencia eléctrica, que cada cierto tiempo se activará provocando una subida de la temperatura del evaporador, eliminando cualquier trozo de hielo. Esta forma de controlar la formación de hielo se controlará mediante un termostato o por tiempo.



## Sistema de regulación

A través de válvulas controlaremos el paso de refrigerante al evaporador, instalando válvulas termostáticas, que según la temperatura, permitirán más paso de fluido o menos, controlando así la temperatura del interior de la cámara. Con este sistema de control se facilita la adaptación de la planta a los cambios que pueda requerir la instalación en función de su uso.

El conjunto de la planta se puede controlar a través de un sistema integrado de control y regulación.

A través de sondas de temperatura y transductores de presión colocados en unos puntos determinados, se podrán controlar los parámetros de interés frigorífico, así como su manipulación y cambio desde el centro de control.

## Separador de aceite

Para el correcto funcionamiento de los compresores es necesario la utilización de aceite que lubrifique las partes mecánicas del mismo; en nuestro caso, en el que hemos utilizado compresores de tornillo, la lubricación es aún más importante para poder asegurar un buen funcionamiento y durabilidad al compresor.

Una parte del aceite utilizado en el interior del compresor pasa a las conducciones de descarga y debe ser recuperado antes que se dirija al condensador y evaporadores, por lo que se deberá instalar un separador de aceite. Otra medida importante para la recuperación del aceite es que las conducciones de descarga tengan pendiente hacia la sala de máquinas, de forma que, el aceite, por gravedad, vuelva al compresor.

Controlando el nivel de aceite conseguimos mantener el cárter del compresor en el requerido, aumentando el rendimiento de la instalación y evitando la circulación de

Eliminado: cárter

Insertado: cárter

Eliminado: carter





aceite por el circuito. El separador de aceite se instalará en el tubo de descarga, a la salida del compresor.

**Con formato:** Color de fuente: Negro

**Eliminado:** ¶

El refrigerante a la descarga del compresor contiene aceite en forma de neblina; éste es introducido en el separador de aceite, circulando por un espacio de diámetro superior al tubo de descarga, con lo que la velocidad del refrigerante disminuye, provocando que las gotas de aceite decanen y algunas choquen con un deflector y se escurran al fondo del separador. Cuando hay suficiente aceite en la base del separador, se abre una válvula de flotador, enviando el aceite nuevamente al cárter del compresor.

**Eliminado:** en estado gaseoso comprimido

**Eliminado:** tubo

**Eliminado:** con aceite

**Eliminado:** ¶

**Eliminado:** cárter

**Con formato:** Color de fuente: Negro

La elección del separador ha venido marcada por la previa elección del compresor. El separador de aceite para la instalación es de la marca BITZER modelo OA-9011 de un volumen de 0,228 m<sup>3</sup> y una capacidad de aceite de 0,04 m<sup>3</sup>. En el circuito de separación de aceite se añade un intercambiador de placas para mantener el aceite a la temperatura idónea para su viscosidad y otras características. El modelo escogido es un B 35x30 de la casa SWEP en el cual nos permite un salto térmico de 5 °K. y tiene una superficie de intercambio de 2,6 m<sup>2</sup>.

**Eliminado:** escogido

Además, se colocará una válvula solenoide de aceite que se activará para permitir el paso de aceite a cada compresor, para su correcta lubricación, y también se colocará una válvula solenoide en el colector que se abra para dar paso al aceite al compresor garantizando el retorno del mismo acumulado en el colector de aspiración.

Por último, para mantener el aceite a la temperatura correcta se instalará una resistencia calefactora en el recipiente.



## **Depósito de líquido**

Es el recipiente que almacena el líquido refrigerante. Se monta junto al condensador, permitiendo que el refrigerante en estado líquido se acumule en él. Se utiliza para acumular todo el refrigerante en operaciones de mantenimiento o largas paradas del sistema. El depósito debe ser capaz de acumular todo el refrigerante que circula por el sistema.

El modelo escogido, según la capacidad que debe tener, es de 1,3 m<sup>3</sup>, dispone de un detector de nivel, una válvula de compensación y las correspondientes válvulas de cierre de entrada y salida.

## **Separadores de líquido**

Son unos elementos a colocar en la entrada del compresor cuya finalidad es evitar la penetración en el mismo de líquido procedente del evaporador, dado que la entrada de cualquier gota de líquido puede ser muy perjudicial para los mecanismos internos del compresor acelerando su deterioro.

## **Deshidratadores**

Los deshidratadores se colocan en la línea de líquido antes de la válvula de expansión y permiten eliminar el agua que pueda haber en un circuito. El agua es muy perjudicial en un sistema de compresión de vapor, puesto que puede congelarse, bloqueando las válvulas además de deteriorar diferentes componentes del compresor

La marca escogida es CASTEL y se escoge según el tipo de conexión.



<b>Conexión</b>	<b>Modelo</b>
3 1/8"	<b>4423/25A</b>

### **Visores de líquido**

Los visores de líquido son de ayuda para la carga del sistema de refrigerante. Consisten en una conexión corta y transparente que permite ver el flujo de refrigerante, facilitando la detección visual de burbujas de vapor o el nivel de carga.

La marca escogida es CASTEL y se escoge según el tipo de conexión.

<b>Conexión</b>	<b>Modelo</b>
3/8"	<b>3740/3</b>
7/8"	<b>3740/7</b>
1 1/8"	<b>3740/9</b>

### **Uniones flexibles**

Son los elementos que se colocan en las uniones entre los elementos móviles del sistema y las tuberías, de forma que se evite la propagación de vibraciones al sistema; se suelen colocar en los compresores.

### **Válvula de seguridad**

Las válvulas de seguridad se utilizan para liberar de presión una parte del sistema; se colocan en la parte de alta presión del mismo, es decir, en la salida del compresor y se comunica el otro extremo de la válvula con el lado de baja presión. Cuando existe una sobrepresión se abre la válvula comunicando el lado de alta y baja presión para equilibrar el sistema.



La marca escogida es CASTEL y se escoge según capacidad.

<b>Capacidad descarga Kg/h aire</b>	<b>Conexión</b>	<b>Modelo</b>
897	<b>1/2-5/8"</b>	<b>3060/45C</b>
5754	<b>1-1 1/4"</b>	<b>3060/88C</b>

### **Aislamientos**

Con el fin de evitar los consumos energéticos superfluos, los aparatos, equipos y conducciones que contengan fluidos a temperaturas inferiores a la ambiente o superiores a los 40° C dispondrán de una aislamiento para reducir las pérdidas de energía.

Instalaremos aislamiento en todas las tuberías de aspiración, de gas caliente y sus elementos, por medio de espuma autoextinguible de celda cerrada con acabado exterior liso, de espesor creciente tipo H en el circuito para temperaturas positivas y del tipo M para servicios negativos.

### **2.2.8. CIRCUITO DE CONDENSACIÓN**

La condensación del circuito refrigerante R-404 se llevará a cabo, como se ha expuesto, utilizando agua. Al estar ubicados encima del acuífero del Llobregat, muy cerca del mar, a pocos metros de profundidad encontramos agua suficiente para ser captada y devuelta al mismo acuífero.

Por lo tanto, a través de dos pozos y con bombas de aspiración, cogeremos el agua del subsuelo a una temperatura que se ha estimado de unos 30 ° como máximo en verano. Esta agua será el medio que utilizaremos para realizar el intercambio de calor con el refrigerante a través del condensador.



El condensador se ha calculado con un salto térmico de 5 grados, con lo que el agua devuelta al subsuelo estará como máximo a 35 °C..

Como ya se ha calculado anteriormente, la cantidad de agua necesaria para la realización del intercambio de calor, el caudal de agua necesario para poder absorber el calor es de 195,7 m<sup>3</sup>/h.

En la zona donde se pretende colocar la nave, en Mercabarna, estudios geotécnicos realizados detectan que a una profundidad de entre 4,00 y 4,50 metros se encuentra el nivel de agua. Debido a las características del subsuelo consideramos que se deben realizar un par de pozos de extracción de agua; de la misma forma se realizarán dos pozos para devolver el agua al subsuelo, una vez realizado el intercambio.

Los pozos de admisión de agua expulsada, de la nave se situarán aguas arriba de los pozos de extracción, de forma que la propia agua recalentada pueda ser de nuevo absorbida por los pozos de extracción una vez que el agua recalentada haya realizado el intercambio en el subsuelo.

Eliminado: expulsadas

Eliminado: nueva ¶

Justo por encima de los pozos de extracción, situados bajo la nave, se colocarán un par de bombas de aspiración; cada pozo dispondrá de una bomba, existiendo una tercera de reserva. Por lo tanto se escogerán dos bombas de extracción con una capacidad de 100 m<sup>3</sup>/h y una tercera de reserva.

Eliminado: ¶

El cálculo de las bombas se a realizado con un programa de cálculo de la empresa SEDICAL, marca especializada en la elaboración de bombas de estas características. Las bombas escogidas son del modelo SDM 100/290-7.5 K de Sedical, en Anexo L (Anexos de Cálculo). Las características de las bombas escogidas se detallan en Anexo J (Anexos).

La recirculación de las tuberías de agua, desde el pozo hasta los dos condensadores se realizará a través de tubos de un acero adecuado a las características de la instalación.

Eliminado: hierro.



Las tuberías de aspiración de cada bomba serán de 6", la tubería de aspiración de las dos bombas en conjunto será de 8".

Las tuberías de abocamiento de agua a cada pozo serán de 6"; se adjunta gráfica de cálculo en el Anexo L (Anexos de Cálculo).

### 2.2.9. AHORRO ENERGÉTICO

Además de los del propio diseño de la nave (paneles) y de la propia instalación frigorífica (utilizando la condensación por agua de pozo), existen distintos aspectos tecnológicos que inciden en la eficacia energética de la planta y que deben ser tenidos en cuenta en la realización del proyecto.

Una *ubicación de la sala de máquinas* lo mas cerca posible de los puntos de demanda de frío minimiza los tramos de conductos, pérdidas de carga por fricción, pérdidas de rendimiento, etc. La situación de la sala de máquinas viene muy ligada al tipo de construcción escogido en la ejecución de la nave.

Eliminado: ¶

En la configuración de la planta se ha colocado la sala de frío en el interior de la nave y un cuarto de bombas en planta baja por encima de los pozos de captación de agua.

Se ha colocado la sala de máquinas de frío encima de la zona de expedición, al ser una zona donde se acumulan los "roll containers" para los camiones de reparto a las tiendas y ser los mismos bajos y no acumulables en altura., Así, en el resto de la nave cabe la posibilidad de ubicar mercancías a mas de una altura.

De esta forma se colocan los puntos de generación de frío lo más cerca posible de los puntos de demanda.



La *situación de los servicios de frío* es importante para la correcta distribución del aire tratado y su propagación con la máxima eficacia, cubriendo los puntos de entrada de aire caliente de la forma más eficaz posible. Con este criterio se han ubicado los distintos evaporadores.

Para *minimizar las infiltraciones en el recinto* de aire no tratado se deben de tomar las medidas necesarias para evitarlas. Cada muelle se dotará de un abrigo que impedirá la entrada de aire caliente a la nave; este abrigo encajará la parte trasera del camión con la puerta del muelle.

Cada muelle se dotará de una alarma temporizada *para evitar que se dejen abiertas las puertas*, de forma que sólo estarán abiertas en el momento en que el camión este realizando las operaciones de carga y descarga.

Para gestionar la central y todos los elementos que componen la planta se utilizará un *sistema de gestión por ordenador* que nos permitirá ajustar distintos parámetros hasta encontrar la combinación más interesante en función de los requerimientos puntuales de trabajo de la instalación y a gestionar por los propios usuarios.

Por otro lado, se ha planteado a la compañía la necesidad de ajustar los trabajos de mayor requerimiento energético (p.e. entrada de mercancía) a los momentos en que las tarifas eléctricas sean más ajustadas, avanzando de ser necesarios algunos de los procesos.

**Eliminado:** Además, con el programa escogido (Digitec-2000) se aprovechan las tarifas eléctricas más interesantes con la finalidad de buscar la máxima eficiencia.

Un sistema de este tipo necesita estar siempre en las condiciones óptimas, requiriendo un *trabajo de mantenimiento preventivo*, de forma que se evite la pérdida de rendimiento por suciedad, por paradas inesperadas, o evitar la infiltración de aire exterior por puertas o abrigos en mal estado, etc.

**Eliminado:** ¶



## **2.3. REGULACIÓN, CONTROL Y SEGURIDAD**

### **2.3.1. Sistema utilizado**

Cada elemento de la planta frigorífica dispone de unas sondas y válvulas de regulación y control; a continuación se detalla el sistema escogido para realizar el control de distintos elementos.

### **2.3.2. Compresores**

La regulación de capacidad de los compresores se realizará mediante lectura de una sonda de presión que actúa sobre el paro-marcha de los compresores y sus solenoides de capacidad correspondientes, para gestionar esta información se utilizará un microprocesador INTEL modelo CCF-12-COM.

Con la gestión del microprocesador se hará que la capacidad de los compresores se vaya activando o desactivando, rotativa y alternativamente dependiendo de la demanda frigorífica de los servicios. Se controlarán una serie de parámetros de cada compresor para poder controlar su seguridad.

- Interruptor de flujo aceite: En caso de no llegar flujo de aceite al compresor se dará señal al microprocesador de paro del compresor correspondiente, con indicación de fallo en un panel sinóptico.
  
- Módulo análisis acometida: En caso de fallo de una fase eléctrica o cambio de fase se dará señal al microprocesador de paro del compresor correspondiente, con indicación de fallo en un panel sinóptico.





- Termómetro en tubería descarga: En caso de temperatura de descarga elevada se dará señal al microprocesador de paro del compresor correspondiente, con indicación de fallo en un panel sinóptico.
- Presostato de alta / baja situado en tubería de descarga y aspiración: Si la presión de descarga supera los 24,3 bar y la de aspiración disminuye por debajo de los 4,5 bar se dará señal al microprocesador de paro del compresor correspondiente, con indicación de fallo en un panel sinóptico.

También se dispondrá de un sistema de seguridad generalizado del conjunto de la central de compresores.

- Presostato de alta presión situado en tubería de descarga general: Es un sistema de doble seguridad, si los presostatos parciales de alta no han actuado, en caso de superar un valor predeterminado se dará señal al microprocesador para parar todos los compresores, con indicación de fallo en un panel sinóptico.
- Presostato de baja presión situado en tubería de admisión general: Es un sistema de doble seguridad, si los presostatos parciales de baja no han actuado, en caso de no alcanzar un valor predeterminado se dará señal al microprocesador para parar todos los compresores, con indicación de fallo en un panel sinóptico.
- Temperatura máxima aceite: A través de una sonda situada en el colector de aceite, al superar una temperatura predeterminada se dará señal al microprocesador para parar todos los compresores, con indicación de fallo en un panel sinóptico.
- Temperatura mínima aceite: A través de una sonda situada en el colector de aceite, al superar una temperatura predeterminada se dará señal al



- microprocesador para parar todos los compresores, con indicación de fallo en un panel sinóptico.
- Nivel mínimo de aceite: Con un detector de nivel situado en el separador acumulador de aceite, se dará señal al microprocesador para parar todos los compresores, con indicación de fallo en un panel sinóptico, en caso de que el nivel sea inferior a un valor determinado.
  - Nivel mínimo de refrigerante: Con un detector de nivel situado en el recipiente de líquido se dará señal al microprocesador para parar todos los compresores, con indicación de fallo en un panel sinóptico, en caso de que el nivel sea inferior a un valor determinado.

El microprocesador escogido para el control y regulación de la central frigorífica es el modelo CCF-12 de Ineltel, que mediante unos presostatos actúa sobre el paro – marcha de los compresores.

### **2.3.3. Separador – acumulador de aceite**

El separador y acumulador de aceite tiene como misión el minimizar la migración del aceite hacia la instalación evitando la bajada de rendimiento del sistema; almacenándolo se garantiza un nivel mínimo de aceite en todo momento para su posterior inyección en cada compresor. Con ello se asegura una correcta y constante dosificación de aceite a

los compresores, asegurando la lubricación, sellado hidráulico y refrigeración de los compresores.

- Sonda de temperatura: A través de sondas de temperatura se controlarán la temperatura máxima y mínima del aceite de cada circuito a compresor, se



- dará señal al microprocesador para parar todos los compresores, con indicación de fallo en un panel sinóptico.
- Nivel mínimo aceite: A través de una boya interna mecánica se dará señal de nivel bajo de aceite dando un tiempo para su reparación, si al cabo de un rato prudencial la señal persiste se dará señal al microprocesador para parar todos los compresores.

#### **2.3.4. Intercambiador de placas para el enfriamiento de aceite**

Se instalará un intercambiador de placas para enfriar el aceite y mantenerlo a la temperatura requerida utilizando el agua de los pozos.

En caso que la temperatura del aceite es correcta el solenoide de by-pass, situada en la tubería de aceite previa al intercambiador, está conectado y hace que el aceite no pase a través del intercambiador y el solenoide de entrada de agua, situada en la tubería de agua, previa al intercambiador no deja pasar agua.

En caso que la temperatura del aceite sea elevada el solenoide de by-pass, situada en la tubería de aceite previa al intercambiador, está desconectado y hace que el aceite pase a través del intercambiador y el solenoide de entrada de agua, situada en la tubería de agua, previa al intercambiador deja pasar agua, para su enfriamiento.

#### **2.3.5. Circuito de condensación**

El fluido utilizado para realizar la condensación del refrigerante es el agua de pozo; el condensador dispone de entrada de refrigerante y de entrada de agua, realizando el intercambio de calor entre los dos fluidos.



El refrigerante circulará por los dos intercambiadores conectados en paralelo de modo continuado siempre que algún compresor esté en funcionamiento. El paso del agua a través de los intercambiadores se consigue mediante dos bombas más una de reserva, que captan el agua de los pozos de aspiración y la devuelven a los pozos de desguace. Se controlará el nivel de agua de los pozos a través de una boya mecánica; en caso de nivel por debajo de la tubería de captación para el accionamiento de las bombas, dará señal a un panel sinóptico.

En caso de no funcionamiento de una bomba de extracción de agua, un disyuntor en el cuadro eléctrico da señal de activación de la bomba de reserva e informa en la correspondiente señal del panel sinóptico.

El accionamiento de las bombas se realiza a través de sonda de presión situada en el circuito de alta presión del refrigerante, actuando sobre el paro – marcha de las bombas.

### **2.3.6. Evaporadores**

Cada evaporador incorpora una válvula de expansión termostática con compensador de presión externo, una válvula de corte en la tubería de aspiración, una válvula de corte en la tubería de líquido, una válvula solenoide.

Controlando la temperatura interior de cada recinto y a través de un microprocesador se actuará sobre el paro – marcha de la electroválvula de cada evaporador.

En caso de necesidad de desescarche se dará señal de cerrar el paso de refrigerante pero no se dará orden de paro al ventilador, utilizando el paso de aire por el intercambiador para desescarchar como ya se ha expuesto.



Para el control de todos los elementos descritos anteriormente se utilizarán reguladores electrónicos digitales de la casa OSAKA, en Anexo K (Anexos) se adjuntan características de los distintos elementos.

Como ya se ha indicado, a través de un programa informático se realizará una gestión integral de todo el sistema. El programa informático permite controlar, modificar y regular todos los parámetros de regulación y control, anteriormente descritos. El programa escogido es el Digitec 2000 de la casa Sermanin. Facilitará señales de avería de todos los elementos controlados y variaciones de los parámetros de consigna a través de señales de emergencia vía móvil, señal visual o acústica.



### 3. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El estudio de impacto ambiental de la instalación frigorífica objeto del trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de la construcción de la propia nave. Por ello, en este punto detallaremos los aspectos más importantes de dicho estudio en relación con el proyecto.

Con formato: Justificado

En primer lugar, debe resaltarse que la compañía que encarga el trabajo, hace del respeto por el medio ambiente y relación con su entorno uno de los valores a transmitir en su comunicación a consumidor. En este orden de cosas, la empresa pretende que en todos sus procesos este aspecto sea tenido en consideración y tenga gran importancia (a modo de ejemplo, debe mencionarse la recogida de más de 3000 toneladas año de cartón o la utilización exclusiva de biodiesel en el transporte de mercancías).

Con formato: Justificado

En consonancia con esta filosofía deben resaltarse dos objetivos en el proyecto concreto: en primer lugar, la búsqueda de mecanismos que permitan obtener un ahorro energético y, en segundo lugar, el empleo de refrigerantes respetuosos con el medio ambiente.

**Eliminado:** ¶  
En este orden de cosas, la compañía desarrolla diferentes proyectos e iniciativas en relación con su entorno social y el medio ambiente con vistas a fortalecer su posicionamiento competitivo en una sociedad cada vez más preocupado por estos factores. ¶  
¶  
Los trabajos más significativos de la compañía en lo relacionado con la protección del medio ambiente son: la recogida selectiva de residuos con vistas a su reciclaje (se recogen unas 3000 toneladas de cartón de los establecimientos de la compañía con esta finalidad), la utilización de biodiesel como combustible a utilizar por la flota de casi cien camiones de la compañía (en el marco de un acuerdo al amparo del Departament de Medi Ambient de la Generalitat) o las pruebas de refrigeración mediante CO2 en nuevos establecimientos. ¶

En el apartado 2.2.9, se han apuntado los temas más importantes relacionados con la búsqueda de ahorro energético:

- Ubicación de la sala de máquinas disminuyendo las pérdidas al reducir la longitud de conductos.
- Situación de servicios de frío buscando las mínimas pérdidas y la máxima eficiencia
- Construcción de “abrigos” de protección en los muelles y de temporizadores de cierre en las puertas con vistas a minimizar las infiltraciones de aire a alta temperatura.
- Sistema de gestión informático con vistas a maximizar el rendimiento de la instalación

Con formato: Justificado

Con formato: Justificado



- Programación de los trabajos de mantenimiento preventivo

Sin duda alguna, además del propio diseño de la instalación con vistas a mejorar su eficiencia energética (que se ha ido exponiendo en la propia memoria), merece mención específica la condensación del gas utilizando agua de pozo.

Con formato: Justificado

Las alternativas habrían sido la condensación por aire o por agua en una torre de refrigeración: El agua de pozo nos permite condensar en el caso más desfavorable a 30 °C (en caso de utilizar aire se habría producido la condensación a 45°C-50°C)

Con formato: Justificado

El utilizar agua de pozo y reenviarla al propio acuífero nos permite eliminar el consumo de agua efectivo y el condensar a temperatura mas baja y equilibrada en el transcurso del año, nos permite ajustar los consumos (condensar por aire, con rangos de temperaturas muy dispares entre verano e invierno obliga a aumentar el dimensionado del condensador)

Con formato: Justificado

El ahorro de energía asociado se ha estimado en un 1,5% por cada grado que se reduce la temperatura de condensación, lo que supondría un 20 % de reducción del consumo energético en el proceso en cuanto a la potencia absorbida e idéntico aumento de la potencia frigorífica.

En referencia al refrigerante utilizado, está previsto el R-404, producto que no daña el medio ambiente en caso de fuga.

Con formato: Justificado

El R-404A es un fluorocarbono sin cloro con átomos de hidrógeno sin potencial destructor del ozono, un HFC. Los nuevos refrigerantes HFC tenderán a sustituir a los CFC y HCFC, según sugiere el Protocolo de Montreal con vistas a proteger el medio ambiente.

Con formato: Justificado

Los HCFC y los HFC son esenciales para la retirada progresiva de CFC. Los análisis de uso en el mercado indican que los CFC están siendo reemplazados por productos



fluoroquímicos alternativos en cantidades mucho menores. Los HCFC y los HFC se están usando en una proporción de sólo 20 a 25% del consumo de CFC anterior.

Los HFC no tienen potencial alguno de reducción del ozono y tienen un menor potencial de calentamiento global que los CFC. Por ello, los HFC mantienen el mismo alto nivel de seguridad de uso que los CFC con un impacto medioambiental significativamente menor.





## 4. RELACIÓN DE MATERIALES Y PRESUPUESTO

### 4.1 FRÍO INDUSTRIAL

#### CIRCUITO FRIGORÍFICO

##### UD Central Frigorífica

Suministro e instalación de central frigorífica de tornillo semi hermetica para R-404A compuesta por:

- Bancada robusta tratada contra corrosión para albergar los siguientes elementos.
- 6 compresores de tornillo BITZER 3xHSK 5363-40 y 3xHSK 7471-90 con aspiración independiente y descarga común.
- Presostato de Alta/Baja para cada compresor.
- Colector general de descarga.
- Doble colector de aspiración independiente según temperatura de evaporación.
- Presostato y Manómetro A. General.
- Separador de aceites completo con todos sus elementos de BITZER.
- Enfriadora de aceite por agua de pozo y las conexiones correspondientes.
- Válvula presurizadora de la presión de aceite.
- Válvula de retención general.
- Válvula de aceite por compresor, válvula de retención general de aceite, válvula de retención de aceite, válvula de presión de aceite, válvula de tres vías mezcladora de aceite, etc...
- Sistema retorno aceite por compresor.
- Recipiente de líquido completo.
- Filtro, visor y válvula de líquido.
- Válvulas y filtros de aspiración.



- Retorno vía válvula solenoide de aceite y líquido por cada compresor.
- Manómetro de baja general.
- Sondas de alta y baja presión.
- Aislamiento colector aspiración.
- Alarma nivel de refrigerante en recipiente.
- Válvulas de seguridad y todos los accesorios necesarios para el perfecto funcionamiento e instalación de la central, antivibradores, etc. Incluso p.p. de abrazaderas, uniones flexibles, codos, tes, sifones, conectores, etc.. Totalmente instalada, comprobada y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación y esquema de principio y preparada para una gestión integral des de un PC.

1,00 92.820 92.820

#### **UD Unidad Condensadora Congelados**

Suministro e instalación de unidad condensadora baja temperatura marca Bitzer compresor 4T-8,2Y para gas refrigerante R-404A de 135,7 cm<sup>3</sup>.

Compuesta por bancada, condensador de aire, recipiente de líquido, válvula de seguridad, compresor con válvulas y todos los accesorios necesarios para el perfecto funcionamiento e instalación de la central, antivibradores adecuados al peso y características de la central, Válvulas de expansión termostática con un M.O.P de -15 °C y válvula de regulación de presión que no permita presiones superiores a-15°C.

Totalmente instalada, comprobada y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación y preparada para la gestión integral des de un PC.

1,00 6.228 6.228



**UD Intercambiador De Calor De Placas**

Suministro e instalación de intercambiador de calor de placas ALFA LAVAL modelo MK15-BWFDR102 PL Titanium semisoldado.

Para fluido del lado caliente R404A y del lado frío agua con una capacidad total de 1140 kW, con una área de intercambio de 70,40 m<sup>2</sup> de titanio con unas dimensiones totales de 1515/650/1486 mm (largo/ancho/alto) y un peso en vacío de 1387 kg.

Y todos los accesorios necesarios para el perfecto funcionamiento e instalación se incluye bancada para la sustentación en el suelo del intercambiador con sus elementos antivibratorios.

Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

2,00 18.123 36.246

**UD Depósito De Líquido**

Suministro e instalación de depósito de líquido R404A de las dimensiones necesarias para el conjunto de la instalación, totalmente colocado, tarado y en funcionamiento.

1,00 3.918 3.918

**ML Tubo De Cobre 3/4"**

Suministro e instalación de tubo de cobre de 3/4" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizados y apto para fluido R-404A cumpliendo con norma UNE 37.153/83 y



ASTM B88/B289. Se incluyen accesorios de montaje, y partes proporcionales de codos, curvas, manguitos, tes, sifones, tapones, conectores, soldaduras, abrazaderas protegidas con caucho, aislamientos de tubería con coquilla de material sintético de celda cerrada de tipo H en servicios positivos (25 mm) y tipo M en servicios negativos (40mm), uniones flexibles en acero inoxidable en aspiración, descarga y líquido de compresores, etc.

Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

120,00          6          720

**ML          Tubo de Cobre 1 1/8"**

Suministro e instalación de tubo de cobre de 1 1/8" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizados y apto para fluido R-404A cumpliendo con norma UNE 37.153/83 y ASTM B88/B289. Se incluyen accesorios de montaje, y partes proporcionales de codos, curvas, manguitos, tes, sifones, tapones, conectores, soldaduras, abrazaderas protegidas con caucho, aislamientos de tubería con coquilla de material sintético de celda cerrada de tipo H en servicios positivos (25 mm) y tipo M en servicios negativos (40mm) uniones flexibles en acero inoxidable en aspiración, descarga y líquido de compresores, etc.

Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

95,00          15          1.425



**ML Tubo de Cobre 1 3/8"**

Suministro e instalación de tubo de cobre de 1 3/8" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizados y apto para fluido R-404A cumpliendo con norma UNE 37.153/83 y ASTM B88/B289. Se incluyen accesorios de montaje, y partes proporcionales de codos, curvas, manguitos, tes, sifones, tapones, conectores, soldaduras, abrazaderas protegidas con caucho, aislamientos de tubería con coquilla de material sintético de celda cerrada de tipo H en servicios positivos (25 mm) y tipo M en servicios negativos (40mm), uniones flexibles en acero inoxidable en aspiración, descarga y líquido de compresores, etc.

Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

625,00 18 11.250

**ML Tubo de Cobre 2 1/8"**

Suministro e instalación de tubo de cobre de 2 1/8" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizados y apto para fluido R-404A cumpliendo con norma UNE 37.153/83 y ASTM B88/B289. Se incluyen accesorios de montaje, y partes proporcionales de codos, curvas, manguitos, tes, sifones, tapones, conectores, soldaduras, abrazaderas protegidas con caucho, aislamientos de tubería con coquilla de material sintético de celda cerrada de tipo H en servicios positivos (25 mm) y tipo M en servicios negativos (40mm), uniones flexibles en acero inoxidable en aspiración, descarga y líquido de compresores, etc.



Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

595,00 21 12.495

**ML Tubo de Cobre 2 5/8"**

Suministro e instalación de tubo de cobre de 2 5/8" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizados y apto para fluido R-404A cumpliendo con norma UNE 37.153/83 y ASTM B88/B289. Se incluyen accesorios de montaje, y partes proporcionales de codos, curvas, manguitos, tes, sifones, tapones, conectores, soldaduras, abrazaderas protegidas con caucho, aislamientos de tubería con coquilla de material sintético de celda cerrada de tipo H en servicios positivos (25 mm) y tipo M en servicios negativos (40mm), uniones flexibles en acero inoxidable en aspiración, descarga y líquido de compresores, etc.

Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

230,00 27 6.210

**ML Tubo de Cobre 1 "**

Suministro e instalación de tubo de cobre de 1" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizados y apto para fluido R-404A cumpliendo con norma UNE 37.153/83 y ASTM B88/B289. Se incluyen accesorios de montaje, y partes proporcionales de codos, curvas, manguitos, tes, sifones, tapones, conectores, soldaduras, abrazaderas protegidas con caucho, aislamientos de tubería con coquilla de material sintético de celda cerrada de tipo H en servicios positivos (25 mm) y tipo M en servicios negativos (40mm), uniones flexibles en acero inoxidable en aspiración, descarga y líquido de compresores, etc.



Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

270,00 11 2.970

**ML Tubo de Cobre 7/8"**

Suministro e instalación de tubo de cobre de 7/8" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizados y apto para fluido R-404A cumpliendo con norma UNE 37.153/83 y ASTM B88/B289. Se incluyen accesorios de montaje, y partes proporcionales de codos, curvas, manguitos, tes, sifones, tapones, conectores, soldaduras, abrazaderas protegidas con caucho, aislamientos de tubería con coquilla de material sintético de celda cerrada de tipo H en servicios positivos (25 mm) y tipo M en servicios negativos (40mm), uniones flexibles en acero inoxidable en aspiración, descarga y líquido de compresores, etc.

Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

120,00 8 960

**ML Tubo de Cobre 5/8"**

Suministro e instalación de tubo de cobre de 5/8" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizados y apto para fluido R-404A cumpliendo con norma UNE 37.153/83 y ASTM B88/B289. Se incluyen accesorios de montaje, y partes proporcionales de codos, curvas, manguitos, tes, sifones, tapones, conectores, soldaduras, abrazaderas protegidas con caucho, aislamientos de tubería con coquilla de material sintético de celda cerrada de tipo H en servicios positivos (25 mm) y tipo M en servicios negativos (40mm), uniones flexibles en acero inoxidable en aspiración, descarga y líquido de compresores.



Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

55,00 4 220

**ML Tubo de Cobre 1/2"**

Suministro e instalación de tubo de cobre de 1/2" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizados y apto para fluido R-404A cumpliendo con norma UNE 37.153/83 y ASTM B88/B289. Se incluyen accesorios de montaje, y partes proporcionales de codos, curvas, manguitos, tes, sifones, tapones, conectores, soldaduras, abrazaderas protegidas con caucho, aislamientos de tubería con coquilla de material sintético de celda cerrada de tipo H en servicios positivos (25 mm) y tipo M en servicios negativos (40mm), uniones flexibles en acero inoxidable en aspiración, descarga y líquido de compresores, etc.

Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

120,00 3 360

**ML Tubo de Cobre 3"**

Suministro e instalación de tubo de cobre de 3" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizados y apto para fluido R-404A cumpliendo con norma UNE 37.153/83 y ASTM B88/B289. Se incluyen accesorios de montaje, y partes proporcionales de codos, curvas, manguitos, tes, sifones, tapones, conectores, soldaduras, abrazaderas protegidas con caucho, aislamientos de tubería con coquilla de material sintético de celda cerrada de tipo H en servicios positivos (25 mm) y tipo M en servicios negativos (40mm), uniones flexibles en acero inoxidable en aspiración, descarga y líquido de compresores.





Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

240,00 32 7.680

**ML Tubo de Cobre 3 1/8"**

Suministro e instalación de tubo de cobre de 3 1/8" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizados y apto para fluido R-404A cumpliendo con norma UNE 37.153/83 y ASTM B88/B289. Se incluyen accesorios de montaje, y partes proporcionales de codos, curvas, manguitos, tes, sifones, tapones, conectores, soldaduras, abrazaderas protegidas con caucho, aislamientos de tubería con coquilla de material sintético de celda cerrada de tipo H en servicios positivos (25 mm) y tipo M en servicios negativos (40mm), uniones flexibles en acero inoxidable en aspiración, descarga y líquido de compresores, etc.

Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

545,00 41 22.345

**ML Tubo de Cobre 3 5/8"**

Suministro e instalación de tubo de cobre de 3 5/8" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizados y apto para fluido R-404A cumpliendo con norma UNE 37.153/83 y ASTM B88/B289. Se incluyen accesorios de montaje, y partes proporcionales de codos, curvas, manguitos, tes, sifones, tapones, conectores, soldaduras, abrazaderas protegidas con caucho, aislamientos de tubería con coquilla de material sintético de celda cerrada de tipo H en servicios positivos (25 mm) y tipo M en servicios negativos (40mm), uniones flexibles en acero inoxidable en aspiración, descarga y líquido de compresores.



Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

430,00 45 19.350

**UD Valvuleria y accesorios**

Suministro e instalación de válvulas de paso, válvulas solenoides, válvulas de retención, válvulas de paso angular, visores, etc. Para el montaje del conjunto del circuito de refrigerante según esquema de principio.

Totalmente instalado, conexionado y en funcionamiento.

1,00 27.425 27.425

**UD Evaporador Cúbico Techo ICE-54B**

Suministro e instalación de evaporador cúbico industrial mod. ICE-54B marca ECO con una separación de aletas de 8 mm con tubo de cobre y aletas de aluminio y descarche por gases calientes.

Compuesto por 6 ventiladores y un caudal de ventilación de 50680 m3/h con una superficie de batería de 297 m2. Para instalar en cámara de conservación de fruta o verdura. Las cámaras de fruta y verdura irán equipados con un sistema de regulación de temperatura de la cámara según necesidades, se incluye válvula de expansión termostática con equilibrado externo (TES 12 orificio 04 de DANFOSS o similar) válvula para el descarche por gases calientes y relé temporizador. Se incluye sistema para la gestión integral des de un PC, sistema de sustentación, totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento.

2,00 2.975



**UD Sistema Control Temp. Cámara**

Suministro e instalación de sistema de regulación de temperatura de las cámaras de fruta o verdura según necesidades del producto a almacenar con termómetro en la propia cámara y preparado para el control integral de la instalación.

2,00 870 1.740

**UD Evaporador Techo Industrial IDE-53<sup>a</sup>**

Suministro e instalación de evaporador de techo industrial mod. IDE-53A marca ECO con una separación de aletas de 5,4 mm con tubo de cobre y aletas de aluminio sin descarche. Compuesto por 6 ventiladores y un caudal de ventilación de 49200 m<sup>3</sup>/h con una superficie de batería de 389,5 m<sup>2</sup>.

Para instalar en nave de fruta y verdura o pescadería.

Se incluye válvula de expansión termostática con equilibrado externo (TES 12 orificio 04 de DANFOSS o similar). Se incluye sistema para la gestión integral des de un PC, sistema de sustentación.

Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento.

13,00 4.748 61.724

**UD Evaporador Techo Industrial IDE-53B**

Suministro e instalación de evaporador de techo industrial mod. IDE-52B marca ECO con una separación de aletas de 5,4 mm con tubo de cobre y aletas de aluminio sin descarche. Compuesto por 5 ventiladores y un caudal de ventilación de 41000 m<sup>3</sup>/h con



una superficie de batería de 324,6 m<sup>2</sup>.

Para instalar en zona de recepción.

Se incluye válvula de expansión termostática con equilibrado externo (TES 12 orificio 04 de DANFOSS o similar). Se incluye sistema para la gestión integral des de un PC sistema de sustentación, totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento.

1,00 3.576 3.576

**UD Evaporador Cúbico CTE-8428**

Suministro e instalación de evaporador de techo industrial mod. CTE-8428 marca ECO con una separación de aletas de 8 mm con tubo de cobre y aletas de aluminio con descarche por resistencia eléctrica. Compuesto por 4 ventiladores y un caudal de ventilación de 21200 m<sup>3</sup>/h con una superficie de batería de 128,5 m<sup>2</sup>. Para instalar en zona pescado congelado, a una temperatura de evaporación de -29°C y una temperatura de la zona de -20°C.

Se incluye válvula de expansión termostática con equilibrado externo (TES 12 orificio 04 de DANFOSS o similar), válvula para el control del descarche por gases calientes y relé temporizador.

Se incluye sistema para la gestión integral des de un PC sistema de sustentación,

Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento.

1,00 2.550 2.550

**UD Filtro Deshidratador**

Suministro e instalación de filtro deshidratador a cartuchos recargables dimensionado



según necesidades de la planta frigorífica, totalmente instalado y en funcionamiento.

1,00 1.713 1.713

**UD Colectores**

Suministro e instalación de colectores de hierro de 5" para la descarga de refrigerante a los condensadores, colector de hierro de 3" para el de líquido, colector de hierro de 3" para la distribución de líquido después del depósito.

Totalmente conectados, instalados pintados y forrados con coquilla de material sintético de celda cerrada. Se incluyen injertos, sistema de sujeción etc.

1,00 2.644 2.644

**UD Sistema De Gestión Integral**

Suministro e instalación de sistema de gestión integral de la instalación frigorífica por ordenador DIGITEC-2000.

Compuesto por registro+control para más de 6 equipos, módulo de alarma, módulo de tarifa eléctrica y módulo sinóptico.

Los cuadros eléctricos, los equipos deberán estar preparados para la gestión integral.

El ordenador destinado al control se le deberá cargar el programa y prepararlo para la gestión.

Se registrarán distintos parámetros como temperatura, presión..., visualización de parámetros, alarma, gestión energética triple tarifa, existirá una alarma acústica para detectar cualquier fallo en la planta.



En la gestión deberá controlarse bombas, torre de refrigeración, etc.

Totalmente instalado y en funcionamiento.

1,00 9.650 9.650

**UD Subcuadro Eléctrico Frío**

Suministro e instalación de subcuadro de frío industrial metálico de superficie (preparado para la realización de gestión integral por ordenador), para la alimentación de toda la instalación frigorífica de todos los elementos. Con materiales de primera calidad Merlin Guerin, con bornas marcadas, señalización interior del cuadro, cumpliendo con normativas vigentes.

Totalmente colocado, embornado y en funcionamiento.

1,00 30.650 30.650

**UD Refrigerador Aceite**

Suministro e instalación de sistema de refrigeración del aceite por agua depozo, se incluyen partes proporcional de tubo de cobre para la conducción de aceite y p.p. de tubo de hierro para la conducción de agua de refrigeración de dimensiones necesarias según características de la planta frigorífica.

Totalmente instalado y en funcionamiento.

1,00 2.450 2.450

**UD Puesta En Marcha**

Puesta en marcha de toda la instalación de frío industrial, y de la gestión integral,



incluido regulación, tarado, pruebas de estanqueidad, etc., según normativas aplicables.

Se deberá dar instrucciones de uso y manejo de las instalaciones y gestión del programa de control de la instalación.

1,00 4.825 4.825

**UD Accesorios Cámara Congelados**

Suministro e instalación de los accesorios de la cámara de congelados tales como el hacha reglamentaria de bombero, equipo de emergencia en cámara frigorífica con dispositivo de alarma óptico y acústico como medida de seguridad contra riesgos de percances en el interior, bloqueo de puertas, accidentes, etc, totalmente instalado y en funcionamiento.

1,00 1.015 1.015

**UD Instalación Eléctrica**

Suministro e instalación de línea de alimentación eléctrica de secciones adecuadas según servicios a realizar de todos los elementos que componen la planta frigorífica, central de frío, evaporadores, bombas de refrigeración, bombas de recirculación y reposición, etc... des de el cuadro eléctrico de frío grupo y cuadro de frío red.

Las líneas bajo tubo de protección de PVC reforzado al no transcurrir por la bandeja y bajo tubo rígido en partes vistas, incluso p.p. de elementos de sujeción, cajas de derivaciones y conexionado.

Se incluye p.p. de canaleta des de la sala de maquinas a todos los puntos de la planta frigorífica, la salida de cables de la bandeja se realizará con caja de derivación y siempre bajo tubo coarrugado o rígido.



Totalmente instalado y todo conexionado y funcionando.

1,00 40.870 40.870

**UD Desagües**

Suministro y colocación de desagües de todas las unidades evaporadoras en PVC de dimensiones según planos a desagüe más cercano, totalmente instalados y conectados a desagües generales.

1,00 1.520 1.520

**UD Refrigerante R-404<sup>a</sup>**

Suministro de refrigerante R-404a para el llenado del circuito frigorífico y de la unidad autónoma de congelados.

Totalmente lleno y realizadas las pruebas.

1,00 24.050 24.050

**TOTAL CIRCUITO FRIGORIFICO ..... 447.549**





## 4.2 CIRCUITO AGUA

### Ud Pozo Admisión Agua

Realización de pozo para la captación de agua destinada a la refrigeración del sistema para un caudal de captación de 100 m<sup>3</sup>/h. teniendo en cuenta que se realiza en un acuífero saturado de agua por la baja utilización de los recursos hídricos y la cercanía del delta del Llobregat y de la líneas de agua del mar.

2,00 11.350 22.700

### UD POZO Evacuación AGUA

Realización de pozo para la evacuación de agua destinada a la refrigeración del sistema para un caudal de evacuación máximo de 100 m<sup>3</sup>/h. los pozos de evacuación se realizarán aguas arriba de los de captación.

2,00 11.350 22.700

### UD Tratamiento De Agua

Suministro e instalación de tratamiento de agua de recirculación.

Compuesto por cuadro estanco para intemperie, con pilotos exteriores de aviso, tapa transparente y pie, (se deberá colocar pilotos de aviso junto al cuadro de control del frío en oficina), conjunto de dosificación automática con purga, bomba dosificadora, valvula antirretorno en la inyección del reactivo, contador de emisión de impulsos, conjunto de purga.

Cuadro de control para el mantenimiento de las condiciones sanitarias del agua compuesto por una bomba dosificadora, etc.



Incluido productos para los distintos tratamientos (antialgas, corrosión, calcificación y legionela) y asesoramiento al encargado de mantenimiento del funcionamiento y posterior control.

Totalmente colocado y en funcionamiento.

1,00 6.223 6.223

#### **UD Bombas Recirculación**

Suministro e instalación de dos bombas que funcionarán en paralelo según demanda para la recirculación del agua de los pozos mod. SDM 100/290-7,5K marca SEDICAL en bancada, para un caudal de 100 m<sup>3</sup>/h C/U y una altura manométrica de 20 m. a 1460 rpm., las dos bombas en paralelo y una tercera de emergencia deberán entrar alternativamente en funcionamiento.

Dispondrán de un sistema automático de alternancia y sistema de by-pass en caso de sustitución o fallo de bomba, todo ello preparado para la gestión integral de la planta.

Totalmente instalado y en funcionamiento.

3,00 3.225 9.675

#### **UD Colectores**

Suministro e instalación de colectores de hierro de 10" para la aspiración de los pozos, un colector de hierro de 10" para la evacuación del agua a los pozos de evacuación, dos colectores de hierro de 10" para la descarga y aspiración de las bombas de recirculación y dos colectores de hierro de 10" para la entrada y salida del agua a los intercambiadores de calor.

Totalmente conectados, instalados pintados y forrados con coquilla de material sintético



de celda cerrada.

Se incluyen injertos, sistema de sujeción etc.

1,00 1.832 1.832

**ML Tubería De Hierro 8"**

Suministro e instalación de tubo de hierro de diámetro 8" con todos los elementos necesarios para su montaje, incluido la parte proporcional de codos, injertos, uniones y soportación.

Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

50,00 52 2.600

**UD Tubería De Hierro 6"**

Suministro e instalación de tubo de hierro de diámetro 6" con todos los elementos necesarios para su montaje, incluido la parte proporcional de codos, injertos, uniones y soportación.

Totalmente instalado, comprobado y en funcionamiento según normas y reglamentos de aplicación.

20,00 46 920

**UD Accesorios Y Valvulería**

Suministro e instalación de válvulas de corte y accesorios para el montaje del conjunto de la instalación del circuito de agua según esquema de principio.



Totalmente instalado, conexionado y en funcionamiento.

1,00 2.680 2.680

**TOTALCIRCUITO AGUA ..... 69.330**

### **4.3 HONORARIOS PROFESIONALES**

#### **Honorarios Proyecto**

Honorarios para la realización del proyecto de ejecución formado por planos, mediciones, memoria y control de calidad.

1,00 3.950 3.950

#### **Honorarios Ejecución**

Honorarios para la dirección facultativa, control de la ejecución de la instalación de frío industrial proyectada y control calidades.

1,00 2.450 2.450

**TOTAL HONORARIOS PROFESIONALES..... 6.400**

**TOTAL FRIO INDUSTRIAL ..... 523.279**



## 5. REGLAMENTACIÓN

Adjuntamos relación de reglamentación que se ha tenido en cuenta al realizar el proyecto:

- Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas aprobado por el Real Decreto 3099/1977 de 8 de septiembre (Industria y Energía), B.O.E. de 6 de diciembre de 1977. Y sus modificaciones, Orden 24-1-78 (B.O.E. 27-2-78), Orden 4-4-79 (B.O.E. 10-5-79) Modificando MI-IF-007 y MI-IF-014, Orden 30-9-80 (B.O.E. 18-10-80) Modificando MI-IF-013 y MI-IF-014, Real Decreto 754/1981 (B.O.E. 28-4-81) Modificando art. 28, 29 y 30, Orden 21-7-83 (B.O.E. 29-7-83) Modificando MI-IF-004 y MI-IF-016, Orden 19-11-87 (B.O.E. 5-12-87) Modificando MI-IF-005, Orden 4-11-92 (B.O.E. 17-11-92) Modificando MI-IF-005, Orden 23-11-94 (B.O.E. 2-12-94) Modificando MI-IF-002, MI-IF-004, MI-IF-009 y MI-IF-010, Orden 24-4-96 (B.O.E. 10-5-96) Modificando MI-IF-002, MI-IF-004, MI-IF-008, MI-IF-009 y MI-IF-010, Orden 26-2-97 (B.O.E. 10-3-97), Rectificando la orden 24-4-96.
- Reglamento de Aparatos a Presión aprobado por el Real Decreto 1244/1979 de 4 de abril de 1979 (B.O.E. 128, 29-5-1979) y su modificación Real Decreto 769/1999 del 7 de mayo de 1999.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones técnicas complementarios (ITC) BT01 a BT51, aprobado por Real Decreto n- 842/2002 de 2 de agosto de 2002. Reglamento e Instrucciones técnicas Complementarias publicados en el BOE nº 224 de 18 de septiembre de 2002.
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica, según Decreto de 12 de marzo de 1984, B.O.E. de 28 de mayo



de 1984 e Instrucciones Complementarias según Real Decreto 724/1979 de 2 de febrero, B.O.E. de 7 de abril de 1979.

- Normas de la Empresa Suministradora de energía eléctrica sobre la construcción y montaje de acometidas, líneas repartidoras, instalaciones de contadores y derivaciones individuales, señalando en ellas las condiciones técnicas de carácter concreto que sean precisas para conseguir mayor homogeneidad en las redes de distribución y las instalaciones de los abonados (REBT).
- Real Decreto 2177/1996 de 4 de octubre de la “NBE-CPI/96”, Norma Básica de la Edificación que establece las condiciones de protección contra incendios en los edificios.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Normas sanitarias de comercialización de productos pesqueros (R.D. 1437/1992).
- Reglamentación Técnico-Sanitarias sobre “Condiciones Generales de Almacenamiento Frigorífico” (R.D. 168/1985).
- Norma básica NBE-CA-88, sobre condiciones acústicas en los edificios R.D.2115/82.
- Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, aprobado por Decreto 2414/1961 y posterior modificación o adaptación según Decreto 840/1966.



- Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo según Decreto 432/1971 de 11 de marzo y Orden de 9 de marzo de 1971 por la cual se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo Real Decreto 486/1997 de 14 de abril.
- Normas UNE de obligado cumplimiento publicadas por el Instituto de Racionalización y Normalización (IRANOR) Ordenes MINER 30-9-80 (B.O.E. 17-10-80); 5-6-82 (B.O.E. 12-6-82); 11-7-83 (B.O.E. 22-7-83); 5-4-84 (B.O.E. 40-6-84).



## 6. CONCLUSIONES

El trabajo ha permitido definir concretamente los elementos que componen la instalación frigorífica que dará servicio a la compañía según los requisitos planteados.

No tiene sentido en este punto recalcar nuevamente los cálculos de requerimientos efectuados, ni las metodologías aplicadas para la definición de los elementos que ya se ha hecho en la propia memoria.

Los elementos concretos que compondrán la instalación están pertinentemente descritos en el cuerpo del documento y no parece pertinente relacionarlos nuevamente aquí.

La recomendación efectuada al cliente en relación a la utilización del agua de pozo como refrigerante en la condensación es el principal elemento caracterizador del trabajo dado que ha permitido generar importantes ahorros, además de fortalecer la imagen de la compañía en lo relacionado con la sensibilidad medio ambiental y su repercusión mediática.

La instalación en cuestión será la mayor de sus características en el recinto de Mercabarna además de la única de utilizar esta metodología lo que la constituye en un modelo a seguir en su entorno. Dado que los elementos que la permiten son comunes para todas las compañías e instalaciones ubicadas en dicho recinto, sería interesante efectuar una acción de sensibilización por este tema con la autoridad competente con vistas a potenciar esta vía alternativa en la línea de sostenibilidad que las empresas deben asumir en el futuro.





## 7. AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a José María Nacenta la paciencia mostrada durante el desarrollo de este trabajo.

A Jordi Codina y Jordi Cañas, todo lo que me han explicado y su colaboración desinteresada.

Con formato: Justificado

A Mercedes Muñoz, por su soporte ofimático.



## 8. BIBLIOGRAFIA

- Nuevo curso de ingeniería del frío.  
Colegio oficial de ingenieros agrónomos de Murcia.  
Ed. A. Madrid Vicente, Ediciones.
- Principios de Refrigeración. Dossat, R. J.  
Compañía Editorial Continental.
- Fluidos frigorígenos. Curso de frigo-conservación. Lamua, M.  
Col·legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya.
- Diseño de Instalaciones Frigoríficas para la Industria Agroalimentaria. Lopez, A.  
Associació d'Enginyers Agrònoms de Catalunya.
- Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.  
Ministerio de Industria y Energía.
- Vademecon de Frigorista. Morsel, M.  
Editorial Acribia, Zaragoza.
- Instalaciones frigoríficas. Torrella, E.  
Universitat Politècnica de Valencia.

## SOFTWARE

- Solkane Refrigerants de Solvay para diagramas del refrigerante.
- Coils&Coolers de Eco para dimensionado de evaporadores.
- Programas de refrigeración de la UPC.
- Software de Bitzer para dimensionado de compresores.
- Genetron para el dimensionado de tuberías.
- Alfa-laval para dimensionado del condensador.
- Dimensionado de bombas de Sedicat.

