



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

TECNOLOGÍAS MARINAS

Energía y propulsión



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**“INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN
PETROQUÍMICO”**

TRABAJO FIN DE GRADO

TFG/GTM/E-22-15

JULIO – 2015

AUTOR: DAVID MANUEL NOVO ROJO

DIRECTOR: JAVIER ROMERO GÓMEZ



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



TRABAJO FIN DE GRADO

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

631G02410 – TRABAJO FIN DE GRADO

D. JAVIER ROMERO GÓMEZ, en calidad de tutor principal, autorizo al alumno D. DAVID MANUEL NOVO ROJO, con DNI nº 79.338.553-F a la presentación del presente Trabajo de Fin de Grado titulado:

“INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO”

CONVOCATORIA: JULIO – 2015

Fdo. El Tutor

Fdo. El alumno

Javier Romero Gómez

David Manuel Novo Rojo



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



“INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO”

ÍNDICE GENERAL



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

FECHA: **JULIO 2015**

AUTOR: David Novo Rojo

Fdo:

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| 1. Memoria..... | 1 |
| 2. Anexo I – Dimensionamiento de las cámaras..... | 26 |
| 3. Anexo II – Selección del refrigerante..... | 63 |
| 4. Anexo III – Dimensionamiento de líneas..... | 105 |
| 5. Anexo IV – Selección de los componentes mecánicos..... | 132 |
| 6. Anexo V – Selección de componentes eléctricos..... | 191 |
| 7. Anexo VI – Planos..... | 224 |
| 8. Anexo VII – Pliego de condiciones..... | 229 |
| 9. Anexo VIII – Mediciones y presupuesto..... | 251 |



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



“INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO”

MEMORIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

FECHA: **JULIO 2015**

AUTOR: David Novo Rojo

Fdo:

ÍNDICE MEMORIA

| | |
|---|----|
| 1. Objeto..... | 4 |
| 2. Alcance..... | 4 |
| 3. Antecedentes..... | 4 |
| 4. Características principales..... | 4 |
| 5. Instalación a desarrollar..... | 5 |
| 5.1. Introducción..... | 5 |
| 5.2. Cámaras frigoríficas..... | 5 |
| 5.2.1. Dimensiones..... | 5 |
| 5.2.2. Datos de diseño..... | 6 |
| 5.2.3. Aislamiento..... | 7 |
| 5.2.4. Espesor de aislamiento..... | 7 |
| 5.2.5. Barreras antivapor..... | 8 |
| 5.3. Tuberías..... | 8 |
| 5.4. Medidas de seguridad..... | 10 |
| 5.5. Elementos adicionales..... | 10 |
| 5.5.1. Puertas..... | 10 |
| 5.5.2. Válvulas antipresión..... | 11 |
| 5.5.3. Indumentaria de trabajo..... | 11 |
| 5.6. Sistema de compresión mecánica..... | 11 |
| 5.7. Instalación eléctrica..... | 12 |
| 5.8. Funcionamiento de la planta..... | 13 |
| 5.8.1. Introducción..... | 13 |
| 5.8.2. Válvulas solenoide..... | 13 |
| 5.8.3. Presostato de regulación de capacidad..... | 13 |
| 5.8.4. Presostato de baja..... | 13 |
| 5.9. Modificaciones del ciclo..... | 14 |
| 5.10. Refrigerantes..... | 14 |
| 5.10.1. Normativa sobre refrigerantes..... | 14 |
| 5.10.2. Propiedades R-410A..... | 15 |

| | |
|--|----|
| 6. Bibliografía..... | 18 |
| 7. Software utilizado. | 20 |
| 8. Definiciones, unidades y abreviaturas. | 20 |
| 8.1. Definiciones. | 20 |
| 8.2. Unidades..... | 23 |
| 8.3. Abreviaturas..... | 24 |

1. OBJETO.

Este proyecto tiene por objeto el estudio, diseño, cálculo y desarrollo de una gambuza para la conservación de los alimentos de un buque petroquímico.

En el presente proyecto se define:

- El ciclo frigorífico a adoptar.
- Las tuberías y componentes de dicha instalación.
- Los planos de la instalación y esquemas.
- El análisis de las medidas adoptadas y sus rendimientos en función de otras posibles opciones.
- El presupuesto de dicha instalación.

2. ALCANCE.

Quedan dentro del alcance del presente proyecto el diseño, cálculo y definición de los diferentes elementos que componen la instalación frigorífica de las gambuzas, así como se analizan las medidas tomadas en función de los parámetros característicos del ciclo frigorífico para unas condiciones dadas. Este abarca desde el análisis de las necesidades térmicas de la instalación, pasando por el diseño y selección de equipos, la normativa aplicable, hasta el presupuesto de la realización de la obra.

3. ANTECEDENTES.

La instalación a tratar se realizará sobre un buque petroquímico, cuyo propósito es el transporte de hidrocarburos pesados o productos químicos como bien su nombre indica.

4. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

A continuación citamos algunas de las características que conocemos de dicho buque:

- Eslora: 182,4 m.

- Eslora entre perpendiculares: 168,8 m.
- Manga de trazado: 25,30 m.
- Puntal de trazado: 18 m.
- Calado de verano: 11,23 m.
- Velocidad: 13,5 m.
- Tanques de carga: 36697 m³.
- Tanques de lastre: 13809 m³.
- Tanques de fuel oil: 1440 m³.
- Tanques de diesel oil: 142 m³.
- Tanques de agua dulce: 400 m³.
- Tanques de aceite lubricante: 106 m³.

5. INSTALACIÓN A DESARROLLAR.

5.1. Introducción.

Los sistemas de refrigeración se usan para mantener una región del espacio a una temperatura inferior que la de sus alrededores.

Esto se consigue utilizando un fluido llamado refrigerante, que transportará el calor que deseamos retirar de esa región, a otra zona donde lo cederá.

5.2. Cámaras frigoríficas.

En el presente proyecto se realizan cuatro cámaras:

- Dos de conservación.
- Dos de congelación.

Citamos las características de estas en los siguientes puntos.

5.2.1. Dimensiones.

| Cámara | Ancho (m) | Largo (m) | Altura (m) | Volumen (m3) |
|------------|-----------|-----------|------------|--------------|
| Carnes | 2,70 | 2,80 | 2,65 | 20 |
| Pescado | 2,70 | 2,80 | 2,65 | 20 |
| Vegetales | 3,39 | 3,90 | 2,65 | 35 |
| Antecámara | 2,03 | 3,90 | 2,65 | 21 |

Tabla 5.2.1.1. Dimensiones de las cámaras.

Para el almacenamiento de las materias primarias se utilizarán cajas Auer Packing apilables (ver Anexo I, 1).

Para el dimensionamiento se ha tenido en cuenta la Reglamentación Técnico Sanitaria sobre las condiciones generales de almacenamiento frigorífico de alimentos y productos alimentarios (RD 168/1985 6 febrero).

Todos los cálculos referentes a la estiba o densidad de almacenamiento de productos se pueden ver en el Anexo I.

La planta estará situada en estribor, en la cubierta superior (ver planos).

5.2.2. Datos de diseño.

Las cuatro cámaras a realizar en la instalación, cuentan con las siguientes temperaturas de régimen:

| Cámara | Temperatura |
|------------|-------------|
| Carnes | -25 °C |
| Pescados | -25 °C |
| Antecámara | 2 °C |
| Vegetales | 2 °C |

Tabla 5.2.2.1. Temperatura de diseño de las cámaras.

Estas contarán con las siguientes características:

- Las cámaras de congelación contarán con válvulas de igualación de presión debido al desescarche.
- Las puertas serán de tipo pivotantes.
- Se instalará un pulsador de “hombre encerrado” en cada cámara, a una altura de 400 mm sobre el suelo. Esta alarma será acústica y visual, y se

conectará al sistema de control de alarmas y en todos los repetidores del sistema de los que disponga el buque.

- Los elementos de visualización de temperatura de cada cámara se situarán encima de cada puerta.
- Las cámaras dispondrán de un hacha dentro.
- Serán estancas en su totalidad y todas las regiones entre paneles serán herméticas.
- Los paneles serán de material PUR recubiertos de una capa de acero inoxidable.

5.2.3. Aislamiento.

Las características constructivas de las cámaras frigoríficas influyen directamente en la capacidad de refrigeración.

Para evitar la entrada de calor a las cámaras desde sus espacios adyacentes, debemos aislarlos. Para esto usaremos paneles modulares de espuma de poliuretano (PUR), (Ver Anexo I, 2).

Los principales factores a considerar en las cámaras son:

- Eficacia del aislamiento térmico.
- Existencia de barreras de vapor apropiadas.
- Infiltraciones de aire a niveles mínimos.

5.2.4. Espesor de aislamiento.

El cálculo del espesor que debe tener la capa de material aislante tiene una alta importancia. Así, si la cámara se aísla deficientemente será necesario invertir en mejores equipos frigoríficos y aumentarán los gastos energéticos. Por el contrario si se aísla en exceso el coste del aislamiento aumentará. Para calcular el espesor adecuado de aislante realizamos los cálculos necesarios en el programa EES, los cuales se detallan en el Anexo I, 2.2.

5.2.5. Barreras antivapor.

Un aspecto a tener en cuenta en el aislamiento de las cámaras es la capacidad de que el aislante no deje entrar vapor de agua, pudiendo provocar este una posible condensación.

Por tanto debe colocarse en la parte exterior de la cámara pantallas (de betún asfáltico) que impidan el paso del vapor. En particular, la norma **UNE 100171:1989 IN**, señala que “los materiales aislantes instalados sobre equipos y conducciones en cuyo interior esté un fluido a temperatura inferior a 15 °C llevarán siempre una barrera antivapor sobre la cara exterior del aislamiento”. Dicha norma también indica que “la eficiencia de la barrera antivapor se reduce fuertemente cuando existen discontinuidades como, por ejemplo, juntas de sello deficiente, falta de solape, insuficiente espesor de material de la barrera o expansión térmica no compensada”.

5.3. Tuberías.

Dado que las condiciones de funcionamiento pueden llegar a ser críticas, el cálculo de las tuberías debe realizarse convenientemente teniendo en cuenta las respectivas pérdidas de carga y las velocidades del refrigerante en las distintas partes del circuito. Para ello nos ayudamos de los valores estipulados por el catálogo “Termoven” en el cual nos indican estos valores (Anexo III).

| Línea | Velocidad mínima | Velocidad recomendada | Velocidad máxima | Pérd. Presión | Perd. T ^a máxima |
|------------|------------------|-----------------------|------------------|---------------|-----------------------------|
| Aspiración | 3 m/s | 12 m/s | 20 m/s | 0,2 bar | 2 K |
| Líquido | 0,5 m/s | 1 m/s | 2 m/s | 0,2 bar | 1 K |
| Descarga | 3 m/s | 15 m/s | 25 m/s | 0,5 bar | 1,5 K |

Tabla 5.3.1. Especificaciones para el cálculo de las tuberías.

Con la ayuda del software de refrigeración Coolselector procedemos a calcular los diámetros de tubería más recomendados para la instalación, todos los cálculos referentes a este apartado los podemos observar en su respectivo Anexo (Anexo III, 6).

Todas las tuberías serán de cobre soldado y se regirán bajo el estándar ANSI (American National Standards Institute).

Según los criterios citados, dispondremos de unos diferentes espesores de tubería ya sea de rollo o barra.

| Tubo en rollos | | |
|----------------|---------------------|---------------|
| Diámetro | Espesor en pulgadas | Espesor en mm |
| 1/8" | 0,030 | 0,79 |
| 3/16" | 0,030 | 0,79 |
| 1/4" | 0,030 | 0,79 |
| 5/16" | 0,032 | 0,81 |
| 3/8" | 0,032 | 0,81 |
| 1/2" | 0,032 | 0,81 |
| 5/8" | 0,035 | 0,89 |
| 3/4" | 0,035 | 0,89 |
| 7/8" | 0,045 | 1,14 |

Tabla 5.3.2. Espesores tubería de rollo.

| Tubo en barras | | |
|----------------|---------------------|---------------|
| Diámetro | Espesor en pulgadas | Espesor en mm |
| 1/2" | 0,025 | 0,63 |
| 5/8" | 0,028 | 0,71 |
| 3/4" | 0,030 | 0,76 |
| 7/8" | 0,032 | 0,81 |
| 1 1/8" | 0,035 | 0,89 |
| 1 3/8" | 0,042 | 1,07 |
| 1 5/8" | 0,049 | 1,24 |
| 2 1/8" | 0,058 | 1,47 |

Tabla 5.3.3. Espesores tubería de barra.

Se utilizará preferiblemente tubería en rollo a no ser que el diámetro proyectado no esté disponible o el tramo de tubería sea muy largo.

5.4. Medidas de seguridad.

En las cámaras frigoríficas, en especial aquellas de temperatura negativa, deben tenerse en cuenta las medidas de seguridad prescritas por el Reglamento de Seguridad de Plantas e Instalaciones Frigoríficas, como son la existencia de alarmas luminosas y sonoras en el exterior que se accionan desde el interior, y la existencia de un hacha de bombero junto a la puerta. Asimismo conviene instalar alumbrado de emergencia sobre las puertas de las cámaras en previsión de accidentes.

En la protección contra incendios de las cámaras frigoríficas por encima de temperaturas negativas, se utilizarán los sistemas ordinarios de rociadores húmedos, pero en cámaras de temperaturas más bajas no pueden aplicarse dichos métodos sin modificaciones. Una de las modificaciones sería utilizar medios de tubería seca. Con este método las tuberías de contraincendios normalmente llenas de agua se hayan presurizadas con aire, que en caso de incendio y despresurización de las líneas contraincendios, dan paso al agua. Así se evita que los conductos llenos de agua puedan congelarse al estar esta parada.

5.5. Elementos adicionales.

5.5.1. Puertas.

Estas se encuentran sometidas a un frecuente uso, por lo que sus características constructivas y mecánicas deben cumplir las exigencias adecuadas.

Seleccionamos cuatro puertas de la marca Portiso, que están fabricadas mediante la unión de paneles sándwich, con chapa de acero inoxidable, y cuentan con imprimación epoxi. Tienen un aislamiento de 85 / 120 / 150 mm, a base de poliuretano inyectado, estanqueidad mediante burlete de caucho en perímetro de hoja, burlete de suelo con triple escobilla barredora y cerco perimetral de hoja en aluminio anodizado.



Figura 5.5.1.1. Puerta de las cámaras.

5.5.2. Válvulas antipresión.

Algunos aspectos relacionados con el funcionamiento y manejo de las cámaras frigoríficas como son: puesta en marcha de las cámaras, desescarche de evaporadores, entradas importantes de mercancía, introducción rápida de gases, pueden provocar sobrepresiones o depresiones en el interior de las cámaras.

Los daños por estos efectos pueden ser cuantiosos, por lo que debe preverse el equilibrado de presiones de manera automática entre el interior y exterior de las cámaras. Para esto se instalan elementos de equilibrado de presión en las cámaras de congelación.

Se seleccionan dos válvulas Sanmar CI1307, que se ubicarán en las paredes de las cámaras.

5.5.3. Indumentaria de trabajo.

Para trabajar en las cámaras de congelación es necesaria una ropa especial. Esta constará de guantes, gorro, chaqueta y pantalones realizados con un tejido aislante. Se exigirá que a la hora de adquirir la ropa estén presentes sus características técnicas, características de trabajo para las que son aptas, así como el marcado C.E.

5.6. Sistema de compresión mecánica.

Es el sistema más empleado en refrigeración y el escogido para nuestra instalación por ser el más adecuado tanto operacional como económicamente.

Este se compone de las siguientes etapas:

- Compresión del gas refrigerante (alta presión y temperatura, ver Anexo IV, 1.1.1.2.4).
- Condensación del fluido (cesión de calor, ver Anexo IV, 1.2).
- Expansión del fluido frigorígeno (mecanismo de expansión, Anexo IV, 1.7.1).
- Evaporación del refrigerante (absorción de calor, ver Anexo IV, 1.4).

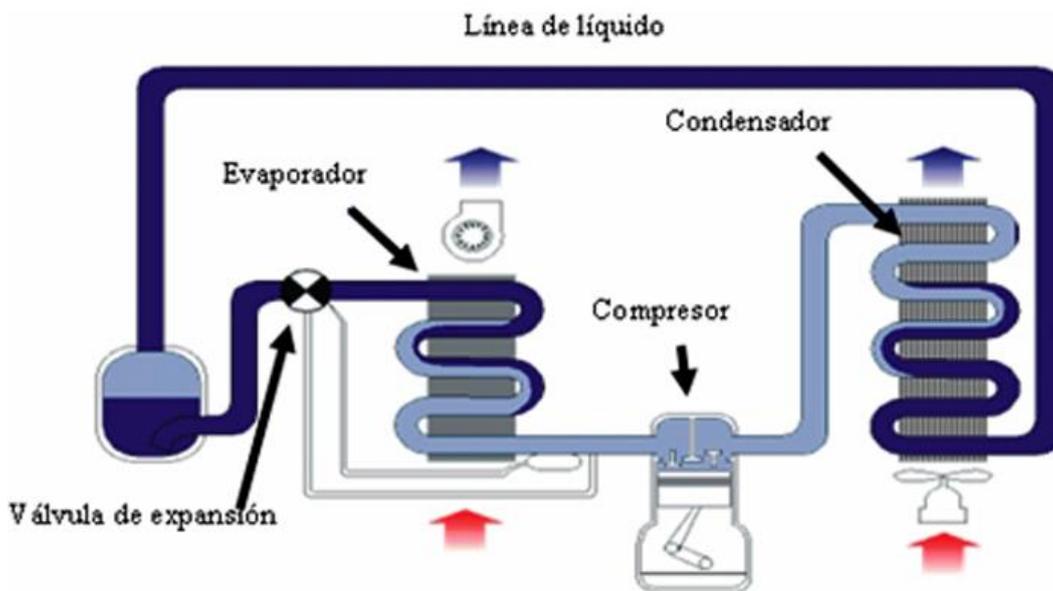


Figura 5.6.1. Ciclo de compresión simple.

5.7. Instalación eléctrica.

La instalación eléctrica de la instalación es totalmente operativa y automática, proporcionando un sistema fiable de gestión de las temperaturas de los productos. Toda ella está diseñada bajo las condiciones del REBT. Esta cuenta

con todos los mecanismos de seguridad pertinentes en dicha instalación (ver Anexo V y planos de distribución eléctrica).

5.8. Funcionamiento de la planta.

5.8.1. Introducción.

La planta contará con equipos por duplicado para mayor disponibilidad, ya sea por fallo o por labores de mantenimiento. Así contaremos con una planta con mayor disponibilidad y funcionalmente operativa. Los citados equipos que se hallen duplicados no podrán funcionar a la vez (uno en standby).

5.8.2. Válvulas solenoide.

Dado que las demandas térmicas de las diferentes cámaras no son iguales, así como tampoco lo son sus temperaturas de régimen, estas cuentan a la entrada de sus respectivos evaporadores con válvulas solenoide, las cuales están controladas mediante termostatos y cortan el flujo de refrigerante al evaporador correspondiente, sin afectar al funcionamiento de los evaporadores (ver Anexo IV, 1.10).

5.8.3. Presostato de regulación de capacidad.

A medida que las válvulas solenoides se vayan cerrando, la demanda frigorífica será menor, y la presión en el lado de baja de la instalación disminuirá. Para que el compresor pueda regular la capacidad frigorífica, este cuenta con un mecanismo mediante el cual al reducirse la presión esta es detectada por un presostato de regulación de capacidad, el cual cierra un contacto eléctrico, excitando una bobina que pulsa dos de los cilindros del compresor, haciendo que este trabaje solo a mitad de su capacidad (ver Anexo IV, 1.17.3).

5.8.4. Presostato de baja.

Si la demanda frigorífica es tan escasa que hace que la presión en el lado de baja sea muy pequeña, esta es detectada por el presostato de baja y corta la alimentación al compresor (ver Anexo IV, 1.17.1).

Una vez la temperatura en alguna de las cámaras aumente, el termostato de esta dará orden a la solenoide de abrir, dejando paso al fluido frigorígeno y aumentando consecuentemente la presión, lo que hará que el presostato de baja cierre el contacto eléctrico, dando acción al compresor de ponerse en marcha.

5.9. Modificaciones del ciclo.

Dado que queremos conseguir un efecto frigorífico elevado en los evaporadores, con una consiguiente correcta alimentación de la válvula de expansión y así también evitar que el compresor pueda aspirar líquido; situaremos un intercambiador entre la salida del condensador (subenfriamiento del líquido) y la aspiración del compresor (recalentamiento del gas), (ver Anexo IV, 1.15).

5.10. Refrigerantes.

Los refrigerantes o fluidos frigorígenos son utilizados en la transmisión de calor, absorbiendo calor a baja presión y temperatura y cediéndolo a una temperatura y presión mayor.

Un refrigerante apropiado para un sistema de refrigeración mecánica debe poseer ciertas características que lo hagan seguro y económico durante su uso. Además debe cumplir la reglamentación vigente.

Para nuestra instalación realizamos un estudio detallado de los parámetros característicos del ciclo, teniendo en cuenta las normativas y reglamentaciones que prohíben muchos de ellos. En el anexo correspondiente anexo (**Anexo II**, “Selección del refrigerante”), haremos un estudio de varios refrigerantes obteniendo como mejor resultado en todos los parámetros característicos del ciclo al R-410A, el cual escogeremos como fluido frigorígeno.

5.10.1. Normativa sobre refrigerantes.

Protocolo de Montreal.

Relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, es un tratado internacional para la regulación de dichos gases. El acuerdo fue negociado en 1987 y entró en vigor el 1 de enero de 1989. El documento ha sido revisado en varias ocasiones,

en 1990 (Londres), en 1991 (Nairobi), en 1992 (Copenhague), en 1993 (Bangkok), en 1995 (Viena), en 1997 (Montreal) y en 1999 (Beijing).

Normativa europea.

- 31 de Diciembre de 1995: Cese de la fabricación y consumo de cualquier tipo de CFC.
- 31 de Diciembre de 2014: Cese de la fabricación de cualquier tipo de HCFC.
- Normativa sobre gases fluorados modificada el 7/11/2012, por la cual se prohíbe la utilización de gases con un GWP mayor de 2500 a partir del 2020 (ver **Anexo II, 1.5.2**).

5.10.2. Propiedades R-410A.

Es un gas HFC que se compone de una mezcla de R-32 (50%) y R-125 (50%). Es una mezcla casi azeotrópica que presenta un bajo deslizamiento de temperatura (Glide) de 0,1 °C. No es inflamable, explosivo ni tóxico.

Tiene un ODP igual a cero y su GWP es de 2088.

Supera en un 30 % al R-22 en potencia de refrigeración y tiene mayor densidad, lo que reduce el tamaño de las instalaciones, componentes y es más eficiente energéticamente, 10 – 20% mayor. Presenta menor temperatura de descarga (ver Anexo II, 1.5).

| Propiedades físicas | Unidades | R-410A |
|------------------------------|-------------------|--------|
| Peso molecular | g/mol | 72,60 |
| Tª de ebullición a 1,013 bar | °C | -51,58 |
| Temperatura crítica | °C | 72,13 |
| Deslizamiento (Glide) | °C | 0,10 |
| Presión crítica | bar abs | 49,26 |
| Densidad crítica | kg/m ³ | 488,90 |

| | | |
|--|-------------------|--------------|
| Densidad de líquido (25 °C) | kg/m ³ | 1062 |
| Densidad de líquido (-25 °C) | kg/m ³ | 1273 |
| Densidad de vapor saturado (1,013 bar) | kg/m ³ | 4,12 |
| Presión de vapor (25 °C) | bar abs | 16,5 |
| Presión de vapor (-25 °C) | bar abs | 3,30 |
| Calor latente de vaporización (1,013 bar) | kJ/kg | 276 |
| Calor específico líquido (25 °C, 1,013 bar) | kJ/kg · K | 1,84 |
| Calor específica vapor (25°C, 1,013 bar) | kJ/kg · K | 0,83 |
| Conductibilidad térmica líquido (25 °C) | W/m · K | 0,088 |
| Conductibilidad térmica vapor (1,013 bar) | W/m · K | 0,013 |
| Solubilidad con el agua (25 °C) | ppm | Despreciable |
| Límite de inflamabilidad en aire a 1,013 bar | % vol | Ninguno |
| Toxicidad (AEL) | ppm | 1000 |
| ODP | - | 0 |
| GWP | - | 2088 |

Tabla 5.10.2.1. Propiedades del R-410A.

Lubricantes.

El R-410A es incompatible con los aceites minerales debido a que no se mezcla adecuadamente con ellos, el aceite mineral no tiene la capacidad de disolverse

uniformemente en el refrigerante ya sea en fase líquida o vapor, lo que dará lugar a una disminución del índice de aceite que regresa al compresor, provocando un fallo temprano.

Los aceites especificados para el R-410A son los aceites Poliésteres (POE), que al ser 15 veces más higroscópicos que los aceites minerales, requieren reducir al máximo su exposición al ambiente.

Los aceites POE nunca deben ser almacenados de una manera que estén expuestos al aire libre, y solo deben abrirse justo antes de su uso. Todos los sistemas deben estar cerrados hasta que cualquier componente de reemplazo esté listo para su instalación.

Cuando es necesario remover la humedad absorbida por los aceite POE, hay que usar un filtro deshidratador en la línea de líquido y se debe asegurar que el filtro es compatible para el R-410A. el contenido de humedad de los aceite POR no debe exceder las 100 ppm.

Medidas de seguridad.

Las características de toxicidad e inflamabilidad del R-410A son similares a las del R-22. No es tóxico ni inflamable bajo condiciones de operación normales.

No es inflamable a presiones y temperaturas atmosféricas, pero sí puede llegar a hacer combustión a presiones altas cuando está mezclado con aire. Nunca debe utilizarse aire para presurizar un sistema cargado con cualquier cantidad de R-410A para buscar fugas.

El vapor del R-410A es más pesado que el aire y lo desplaza si es liberado en un lugar confinado, provocando peligro de asfixia y pérdida de conciencia.

Se deben evitar fuentes de ignición cerca de vapores, ya que se pueden producir compuestos tóxicos. Los vapores liberados son muy fuertes causando irritación de la nariz y garganta. Se debe evitar bajo cualquier circunstancia cortar o soldar tuberías que contengan residuos de R-410A.

Por su rápida absorción de humedad puede quemar la piel. En caso de contacto con la piel se debe lavar la zona profundamente con abundante agua tibia por un período de 15 minutos.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- <http://www.saizmartinez.es/pdf/caracteristicas-aplicaciones.pdf>
- http://www.fripanel.com/cas/products/products_frigoloc.html
- http://www.auer-packaging.es/es/cajas-para-carne_55.html?gclid=Cj0KEQiA7tCjBRDuIMny5rfM0dkBEiQA7fcshauCIQqvS07glXbH8bNnyyPk-nQ4h0tk2O9egwZFWAEaAj7f8P8HAQ
- http://www.construmatica.com/construpedia/Coeficiente_de_Conductividad_T%C3%A9rmica
- RITE.
- Cálculo de la carga térmica de refrigeración (pdf Alfa Ingeniería).
- Apuntes técnicas frigoríficas, Javier Romero.
- Libro Juan Antonio Ramírez, ediciones CEAC.
- Características y propiedades refrigerantes (www.gas-servei.com).
- Normativa sobre gases refrigerantes (Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre los gases fluorados de efecto invernadero, Protocolo de Montreal).
- Cálculos y diagramas (Software EES).
- Caídas de presión en líneas de aspiración, descarga y líquido (catálogo termoven
<http://s344941351.mialojamiento.es/Catalogos/Sp/CalculoDisenoLineas.pdf>
)
- Caídas de presión, líneas y velocidades (catálogo termoven).

- Cálculos de tuberías y componentes (software Coolselector).
- Espesores de pared de tubería y diámetros (www.daunis-sa.es)
- Apuntes técnicas frigoríficas, Javier Romero.
- Selección de componentes (software Bitzer, Coolselector)
- Pérdidas de carga tuberías y coeficientes de singularidades (<http://www.miliarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/PerdidaCarga.asp>).
- Viscosidad dinámica del agua (www.vayasoftware.com).
- Velocidad agua de refrigeración (www.fluidos.eia.edu.co).
- Catálogo SACI.
- Selección de evaporadores (software K-Selector de Frimetal).
- Catálogo Carly.
- Catálogo Danfoss.
- Catálogo Eliwell (www.climate-eu.invensys.com).
- Varias consultas a www.forofrio.com
- Válvulas antipresión (<http://www.sanmartec.es/sec5/5-04%20VALVULA%20EQUILIBRADO%20PRESION%20pag.%2012.pdf>).
- Puertas cámaras frigoríficas (<https://www.interempresas.net/Alimentaria/Productos/Puertas-para-camaras-frigorificas.html#!Producto-Puerta-pivotante-industrial-Portiso-Puerta-pivotante-industrial-91222>).
- Selección de componentes (catálogo Schneider Electric, (<http://www.schneiderelectric.es/>)).
- Cálculo de potencias e intensidades (software EES).
- Cálculo del cableado (software TopMatic).

- Caídas de tensión (Según REBT).
- Normativa frigorífica y eléctrica.

7. SOFTWARE UTILIZADO.

- **EES (Engineering Equation Solver)**: La función básica de este programa es la resolución simultánea de sistemas de ecuaciones, así como también contiene valores de las propiedades de múltiples fluidos y realiza tablas paramétricas y gráficos.
- **Autocad 2012**: Desarrollo de planos y esquemas.
- **Coolselector**: Para la selección de componentes de la instalación, así como para el trazado de las líneas de refrigerante.
- **K-Selector**: Para la selección de los evaporadores.
- **Software de selección Bitzer**: Para la selección de varios componentes como compresor y condensador.
- **TopMatic**: Para el cálculo de la sección del cableado.
- **Menfis 8**: Para la realización de las mediciones y el presupuesto.

8. DEFINICIONES, UNIDADES Y ABREVIATURAS.

8.1. Definiciones.

Para realizar el cálculo térmico es necesario conocer ciertos conceptos básicos que nos permiten comprender el comportamiento de las variables involucradas en el proceso.

Coefficiente de eficiencia energética: Es la relación entre la capacidad calorífica y la potencia efectivamente absorbida por la unidad.

Empresa suministradora: Es aquella empresa legalmente capacitada para proveer energía y productos.

Instalador autorizado: Toda persona física acreditada mediante el correspondiente carnet profesional por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Componentes frigoríficos: Elementos que forman parte del sistema de refrigeración, por ejemplo, compresor, condensador, generador, depósito de líquido, evaporador, separador de partículas de líquido.

Compresor: Máquina que incrementa mecánicamente la presión de un vapor o gas.

Compresor semihermético: Combinación compuesta por un compresor y un motor eléctrico, ambos encerrados en una misma carcasa, con tapas desmontables para permitir el acceso, pero sin eje ni sello mecánicos externos, con el motor eléctrico funcionando en presencia de una mezcla de aceite y vapor de refrigerante.

Compresor hermético: Combinación compuesta por un compresor y un motor eléctrico, ambos encerrados en la misma carcasa, sin eje ni sello mecánico externos, con el motor eléctrico funcionando en presencia de una mezcla de aceite y vapor refrigerante.

Compresor abierto: Compresor con el eje de transmisión que atraviesa la carcasa estanca que contiene al refrigerante. En este tipo, motor y compresor van separados.

Evaporador: Intercambiador de calor en el cual el refrigerante líquido se vaporiza por absorción de calor procedente del medio a enfriar.

Evaporador de alta: La palabra “alta” hace referencia a la presión, esta indica el intercambiador de calor que está a una presión superior, y dado que presión y temperatura están relacionadas, a menos presión menor temperatura.

Evaporador de baja: Hace referencia al intercambiador de calor de menor presión y por tanto el de menor temperatura.

Condensador: Intercambiador de calor en el cual el refrigerante en fase vapor se licua por cesión de calor.

Refrigerante: Fluido utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema de refrigeración, absorbe calor a baja temperatura y presión, cediéndolo a temperatura y presión más elevadas. Este proceso tiene lugar, generalmente, con cambios de fase del fluido.

Filtro deshidratador: Dispositivo que contiene desecante y material filtrante para retener la humedad y otros contaminantes de un sistema de refrigeración.

Válvula solenoide o electroválvula: Es una válvula electromagnética, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto. Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte la energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

Válvula de expansión: Elemento que permite y regula el paso del refrigerante líquido desde un estado de presión más alto a otro inferior. Esta asegura el suministro regular de refrigerante al evaporador.

Dispositivo de seccionamiento: Elemento diseñado para abrir o cerrar el flujo de un fluido.

Dispositivo de alivio de presión (válvula de seguridad): Elemento diseñado para liberar o evacuar automáticamente el exceso de presión de un sistema frigorífico al exterior o a otro sector de presión más baja.

Carga de refrigerante: La especificada en la placa o etiquetado del equipo o en su defecto la máxima cantidad de refrigerante que admita el equipo para su correcto funcionamiento.

Presostato: Es un elemento que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

Gambuzas: Cámaras frigoríficas de los barcos mercantes.

Glide: Deslizamiento de temperatura que experimenta un refrigerante en el proceso de su evaporación si se mantiene a la misma presión. Es debido a la mezcla de gases que componen el refrigerante.

Sector de alta presión: Parte de un sistema de refrigeración que trabaja aproximadamente a la presión de condensación.

Sector de baja presión: Parte del sistema de refrigeración que trabaja aproximadamente a la presión de evaporación.

8.2. Unidades.

mm: Milímetro.

m: Metro.

m²: Metro cuadrado.

cm: Centímetro.

dm³: Decímetro cúbico, unidad de volumen.

K: Grado Kelvin.

°C: Grado centígrado.

in ("): Pulgada.

h: Hora.

s: Segundo.

Pa: Pascal, unidad de presión (N/m²).

kPa: Kilopascales (1000 Pascales).

C.V: Caballos de vapor.

V: Voltio.

A: Amperio.

Hz: Hercio.

psi: Libras por pulgadas cuadrada, unidad de presión del sistema anglosajón.

kW/h: Kilovatio por hora, unidad de consumo de potencia eléctrica.

N: Newton, unidad de peso.

m³: Metro cúbico.

kg: Kilogramo.

W: Vatios, unidad de potencia (kJ/s).

kW: Kilovatios (1000 Vatios).

J: Julio, unidad de potencia.

kJ: Kilojulios (1000 Julios).

8.3. Abreviaturas.

PUR: Espuma de Poliuretano.

ISO: International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).

EN: Norma Europea.

UNE: Una Norma Europea.

CE: Comunidad Europea.

CEE: Comunidad Económica Europea.

T^a: Temperatura.

Nº: Número.

r.pm: Revoluciones por minuto.

BOE: Boletín Oficial del Estado.

GWP: Global Warming Potential (Potencial de Calentamiento Global).

ODP: Ozone Depletion Potential (Potencial de Destrucción del Ozono).

AEL: Allowable Exposure Limit (Límite de Exposición Permisible).

RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios.

EES: Engineering Equation Solver.

TWA: Time Weighted Average (Promedio de Tiempo Ponderado).

PMS: Punto muerto superior.

PMI: Punto muerto inferior.

COP: Coeficiente de eficiencia energética.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



“INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO”

ANEXO I – DIMENSIONAMIENTO DE LAS CÁMARAS



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

FECHA: JULIO 2015

AUTOR: David Novo Rojo

Fdo:

ÍNDICE ANEXO I – DIMENSIONAMIENTO CÁMARAS

| | |
|--|----|
| 1. Dimensionamiento de las cámaras..... | 28 |
| 1.1. Cantidad de alimentos en las cámaras | 29 |
| 2. Aislamiento térmico de la instalación..... | 31 |
| 2.1. Introducción | 31 |
| 2.2. Espesores de aislamiento | 32 |
| 3. Anexo cálculo de la carga frigorífica..... | 42 |
| 3.1. Introducción | 42 |
| 3.2. Cálculo del balance térmico..... | 42 |
| 3.2.1. Pérdidas de calor a través de los cerramientos y calor generado | 42 |
| 3.2.2. Pérdidas por renovación de aire..... | 47 |
| 3.2.3. Calor desprendido por los motores de los ventiladores..... | 50 |
| 3.2.4. Calor aportado por las personas | 51 |
| 3.2.5. Pérdidas por iluminación | 53 |
| 3.2.6. Pérdidas por enfriamiento de la carga..... | 55 |
| 3.2.7. Refrigeración del embalaje..... | 57 |
| 3.2.8. Calor por respiración de alimentos | 58 |
| 3.2.9. Pérdidas de calor debidas a necesidades diversas..... | 60 |
| 3.2.10. Carga de refrigeración total | 61 |

1. DIMENSIONAMIENTO DE LAS CÁMARAS

El volumen de las cámaras y sus alturas, nos viene impuesto por la especificación quedándonos por definir otras dimensiones. Teniendo en cuenta el espacio disponible en el barco para las gambuzas, obtendremos unas dimensiones para las diferentes cámaras de:

| Cámara | Ancho (m) | Largo (m) | Altura (m) | Volumen (m ³) |
|------------|-----------|-----------|------------|---------------------------|
| Carnes | 2,70 | 2,80 | 2,65 | 20 |
| Pescado | 2,70 | 2,80 | 2,65 | 20 |
| Vegetales | 3,39 | 3,90 | 2,65 | 35 |
| Antecámara | 2,03 | 3,90 | 2,65 | 21 |

Tabla 1.1. Dimensiones cámaras

Vamos a proceder a calcular el tiempo de aprovisionamiento de cada cámara.

Para hacer estos cálculos debemos considerar que:

- La mercancía viene en cajas apilables de 600 mm x 400 mm x 200 mm, de la marca Auer Packing (0,048 m³), fig.1.1.



Figura 1.1. Cajas de envasado.

- Las cajas estarán separadas de las paredes interiores de la cámara al menos 150 mm y del techo 500 mm (para la buena circulación del aire impulsado por el ventilador del evaporador).
- A las cámaras se podrá acceder mediante transporte manual.

Tomamos un factor de almacenamiento de 300 kg/m^3 lo que supone un almacenamiento de 14,4 kg por caja.

El almacenamiento provisto en cada cámara será calculado mediante la fórmula:

$$M = \text{volumen} \cdot \text{densidad} \quad \text{Ec (1.1)}$$

1.1. Cantidad de alimentos en las cámaras

Según la fórmula anterior nos disponemos a calcular la cantidad de alimentos que podríamos tener en las cámaras

$M = 20 \cdot 300 = 6000\text{kg}$, este resultado lo multiplicamos por **0,20** que es un criterio práctico en el cual calculamos la cantidad de mercancía que puede entrar en el día más desfavorable; así obtenemos la siguiente tabla para las distintas cámaras:

| Cámara | Mercancía (kg) | Nº Cajas |
|------------|----------------|----------|
| Carne | 1200 | 84 |
| Pescado | 1200 | 84 |
| Vegetales | 2100 | 146 |
| Antecámara | 1260 | 88 |

Tabla 1.1.1. Cantidad de víveres y cajas

Con unas necesidades por persona/día de:

- Carnes: 160 gr.
- Pescados: 160 gr.
- Frutas: 550 gr.
- Verduras y hortalizas: 500 gr.
- Lácteos: 800 gr.

Estimamos un aprovisionamiento para una tripulación de 30 personas/día, con lo que obtenemos un consumo de víveres al día y así un período de abastecimiento (tabla 1.1.2).

| Tipos de víveres | Consumo diario por una tripulación de 30 personas (kg) | Período de aprovisionamiento (días) |
|------------------|--|-------------------------------------|
| Carnes | 4,8 | 250 |
| Pescados | 4,8 | 250 |
| Verduras | 15 | 140 |
| Frutas | 16,5 | 39 |
| Lácteos | 24 | 27 |

Tabla 1.1.2. Abastecimientos

Consideramos que mitad del producto de la antecámara es para frutas y mitad para lácteos.

2. AISLAMIENTO TÉRMICO DE LA INSTALACIÓN

2.1. Introducción

Para evitar la entrada de calor a las cámaras desde sus espacios adyacentes, debemos aislar estos. Para aislarlos intercalamos entre el interior de las cámaras y el ambiente exterior un material aislante que dependiendo de su espesor y características proporcionará un mayor o menor aislamiento.

Como aislante utilizaremos paneles modulares de espuma de poliuretano (PUR).

Se trata de un material sintético duroplástico, que se obtiene de la mezcla de dos componentes generados mediante procesos químicos a partir del petróleo y el azúcar: el Isocianato y el Polioli.

Este tiene una alta capacidad aislante debido a la baja conductividad térmica que posee el gas espumante de sus células cerradas, que puede situarse en $\lambda_{10}^{\circ}\text{C} = 0.022\text{W/m}\cdot\text{K}$, según la Norma UNE 92202, aunque este valor se eleva ligeramente con el paso del tiempo, hasta establecerse definitivamente en $\lambda_{10}^{\circ}\text{C} = 0.028\text{W/m}\cdot\text{K}$, a los 9 meses de acuerdo con UNE 92120-1, lo que supone un 25% de mejora con respecto a la media de los demás productos utilizados en aislamiento térmico.

El PUR presenta una gran resistencia frente a los efectos del paso del tiempo y tiene una larga vida útil, manteniéndose sin deteriorarse durante más de 50 años.

Demás propiedades del PUR:

- Densidad: 40 kg/m³.
- Coeficiente de conductividad térmica: 0,022 W/m · K .
- Resistencia a la compresión: 1,5 – 2,5 kg/cm² .

Para las cámaras seleccionaremos unos paneles de la marca FRIPANEL, modelo FRIGoLOC, el cual cuenta con un núcleo aislante de espuma rígida de poliuretano y un acabado normalizado de 0,5 mm de acero inoxidable. Con estos paneles se consiguen conjuntos altamente resistentes, solamente con los dispositivos de fijación o cierre situados en las juntas de los paneles. No existen varillas ni pernos

pasantes que produzcan perforaciones en las chapas, con lo cual eliminamos cualquier puente térmico (Figura 2.1.1).

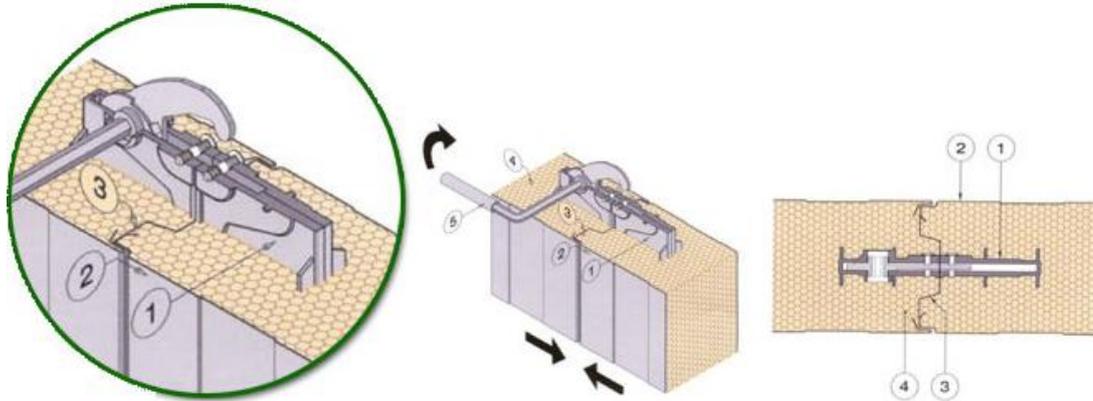


Figura 2.1.1. Unión paneles

El techo y el suelo estarán constituidos de paneles de PUR, del espesor que sea conveniente, dado que por dentro de la cámara no van a circular carretillas, solo personas para manipulación de la carga y esto no supone un peso excesivo para la resistencia a la compresión de estos paneles.

2.2. Espesores de aislamiento

La propiedad que caracteriza a los aislantes es el coeficiente de conductividad térmica (λ). Este expresa la cantidad o flujo de calor que pasa, por unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie de una muestra del material, de extensión infinita, caras planoparalelas y espesor unidad, cuando entre sus caras se establece una diferencia de temperaturas igual a la unidad, en condiciones estacionarias.

Para la selección del espesor de los paneles frigoríficos de cada cámara, utilizaremos la expresión:

$$e = \left[\frac{\Delta T}{q - \left(\frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}} \right)} \right] \cdot \lambda \quad \text{Ec (2.2.1)}$$

Esta viene del desarrollo de la unión de las siguientes expresiones:

$$Q = A \cdot K \cdot (T_e - T_i) \quad \text{Ec (2.2.2)}$$

$$q = K \cdot (T_e - T_i) \quad \text{Ec (2.2.3)}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_{\text{int}}} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_{\text{ext}}} \quad \text{Ec (2.2.4)}$$

En los cuales:

e = Espesor del aislante expresado en metros.

ΔT = Diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior de la cámara expresada en °C.

q = Es la máxima transmisión de calor permitida entre el exterior e interior de la cámara en W/m^2 . Según el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), para cámaras con productos conservados a una temperatura próxima a los 0 °C el valor de Q estará comprendido entre 7 y 8 W/m^2 y para productos conservados alrededor de -20°C será entre 6 y 9 W/m^2 . Para el cálculo en este caso de los valores consideramos 8 y 6 respectivamente.

λ = Coeficiente de conductividad térmica del poliuretano (0,022 $W/m \cdot K$).

h_{int} = Factor de convección superficial interior expresado en $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

h_{ext} = Factor de convección superficial exterior expresado en $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

T_i = Temperatura interior de la cámara en °C.

T_e = Temperatura exterior de la cámara en °C.

Los valores de los coeficientes de convección superficiales (h_{ext} , h_{int}), dependen de la posición del cerramiento y el sentido del flujo del calor (ver tabla 2.2.2).

| Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor | Situación del cerramiento | | | | | |
|--|--|----------------|-------------------------|---|----------------|-------------------------|
| | De separación con espacio exterior o local abierto | | | De separación con otro local, desván o cámara de aire | | |
| | $1/h_{int}$ | $1/h_{ext}$ | $1/h_{int} + 1/h_{ext}$ | $1/h_{int}$ | $1/h_{ext}$ | $1/h_{int} + 1/h_{ext}$ |
| Cerramiento verticales o con pendiente sobre la horizontal $> 60^\circ$ y flujo horizontal | 0,13 (0,11) | 0,07 (0,06) | 0,20 (0,17) | 0,13 (0,11) | 0,13 (0,11) | 0,26 (0,22) |
| Cerramiento horizontales o con pendiente sobre la horizontal $< 60^\circ$ y flujo ascendente | 0,11 (0,09) | 0,06 (0,05) | 0,17 (0,14) | 0,11 (0,09) | 0,11 (0,09) | 0,22 (0,18) |
| Cerramientos horizontales y flujo descendente | 0,20 (0,17) | 0,06 (0,05) | 0,26 (0,22) | 0,20 (0,17) | 0,20 (0,17) | 0,40 (0,34) |

Tabla 2.2.1. Coeficientes superficiales en $kcal/m^2 \cdot ^\circ C$ y $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

Para el cálculo del espesor, suponemos unas temperaturas de interior de las cámaras de:

| Cámara | Temperatura |
|---------------------|-------------|
| Cámara de carnes | -25 °C |
| Cámara de vegetales | 2 °C |
| Cámara de pescado | -25 °C |
| Antecámara | 2 °C |

Tabla 2.2.2. Temperaturas interiores.

Para las temperaturas exteriores de las cámaras de los espacios acondicionados suponemos 23 °C y para los espacios colindantes a espacios de máquinas así como para el suelo tomamos una temperatura ambiente de 45 °C.

Con la ayuda del programa EES realizaremos los cálculos correspondientes, los cuales representamos en la siguiente tabla:

| Datos | Resultados |
|----------|------------|
| Q1=6 | W/m^2 |
| Q2=8 | W/m^2 |
| Text1=23 | °C |

| | |
|-------------------------------|----------------------|
| Text2=45 | °C |
| Tint1=2 | °C |
| Tint2=-25 | °C |
| y=0,022 | W/m.°C |
| h1v=5,882 | W/m ² .°C |
| h2v=4,546 | W/m ² .°C |
| h1hasc=7,143 | W/m ² .°C |
| h2hasc=5,556 | W/m ² .°C |
| h1hdesc=4,546 | W/m ² .°C |
| h2hdesc=2,941 | W/m ² .°C |
| | |
| Cámara de vegetales | |
| Techo | |
| $e17=(At17/Q2-(1/h1hdesc))*y$ | e17=0,05291 m |
| At17=23-2 | At17=21 °C |
| | |
| Suelo | |
| $e18=(At18/Q2-(1/h1hasc))*y$ | e18=0,11520 m |
| At18=45-2 | At18=43 °C |
| | |
| Mamparo de proa | |
| $e1=(At1/Q2-(1/h1v))*y$ | e1=0,05401 m |
| At1=23-2 | At1=21 °C |
| | |
| Mamparo de popa | |
| $e2=(At2/Q2-(1/h2v))*y$ | e2=0,06941 m |
| At2=2-(-25) | At2=27 °C |
| | |
| Mamparo de estribor | |
| $e3=(At3/Q2-(1/h1v))*y$ | e3=0,05401 m |
| At3=At1 | At3=21 °C |
| | |
| Mamparo de babor | |
| $e4=(At4/Q2-(1/h1v))*y$ | e4=0,1145 m |
| At4=45-2 | At4=43 °C |
| | |
| Cámara pescados | |
| Techo | |
| $e21=(At21/Q1-(1/h1hdesc))*y$ | e21=0,1712 m |
| At21=23-(-25) | At21=48 °C |
| | |
| Suelo | |
| $e22=(At22/Q1-(1/h1hasc))*y$ | e22=0,2536 m |
| At22=45-(-25) | At22=70 °C |

| | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Mamparo de proa | |
| $e5=(At5/Q1-(1/h2v))^*y$ | $e5=0,09416 \text{ m}$ |
| $At5=At2$ | $At5=27 \text{ °C}$ |
| | |
| Mamparo de popa | |
| $e6=(At6/Q1-(1/h2v))^*y$ | $e6=-0,004839 \text{ m}$ |
| $At6=0$ | $At6=0 \text{ °C}$ |
| | |
| Mamparo de estribor | |
| $e7=(At7/Q1-(1/h2v))^*y$ | $e7=0,1712 \text{ m}$ |
| $At7=23-(-25)$ | $At7=48 \text{ °C}$ |
| | |
| Mamparo de babor | |
| $e8=(At8/Q1-(1/h1v))^*y$ | $e8=0,2529 \text{ m}$ |
| $At8=45-(-25)$ | $At8=70 \text{ °C}$ |
| | |
| Cámara de carnes | |
| Techo | |
| $e23=(At23/Q1-(1/h1hdesc))^*y$ | $e23=0,1712 \text{ m}$ |
| $At23=23-(-25)$ | $At23=48 \text{ °C}$ |
| | |
| Suelo | |
| $e24=(At24/Q1-(1/h1hasc))^*y$ | $e24=0,2536 \text{ m}$ |
| $At24=45-(-25)$ | $At24=70 \text{ °C}$ |
| | |
| Mamparo de popa | |
| $e9=(At9/Q1-(1/h2v))^*y$ | $e9=0,09416 \text{ m}$ |
| $At9=At2$ | $At9=27 \text{ °C}$ |
| | |
| Mamparo de proa | |
| $e10=(At10/Q1-(1/h2v))^*y$ | $e10=-0,004839 \text{ m}$ |
| $At10=0$ | $At10=0 \text{ °C}$ |
| | |
| Mamparo de estribor | |
| $e11=(At11/Q1-(1/h2v))^*y$ | $e11=0,1712 \text{ m}$ |
| $At11=23-(-25)$ | $At11=48 \text{ °C}$ |
| | |
| Mamparo de babor | |
| $e12=(At12/Q1-(1/h1v))^*y$ | $e12=0,2523 \text{ m}$ |
| $At12=45-(-25)$ | $At12=70 \text{ °C}$ |
| | |
| Antecámara | |
| Techo | |

| | |
|--|----------------------------|
| $e_{19}=(At_{19}/Q_2-(1/h_{1hdesc}))^*y$ | $e_{19}=0,05291 \text{ m}$ |
| At ₁₉ =23-2 | At ₁₉ =21 °C |
| | |
| Suelo | |
| $e_{20}=(At_{20}/Q_2-(1/h_{1hasc}))^*y$ | $e_{20}=0,1152 \text{ m}$ |
| At ₂₀ =45-2 | At ₂₀ =43 °C |
| | |
| Mamparo de popa | |
| $e_{13}=(At_{13}/Q_2-(1/h_{1v}))^*y$ | $e_{13}=0,05401 \text{ m}$ |
| At ₁₃ =23-2 | At ₁₃ =21 °C |
| | |
| Mamparo de proa | |
| $e_{14}=(At_{14}/Q_2-(1/h_{2v}))^*y$ | $e_{14}=0,06941 \text{ m}$ |
| At ₁₄ =2-(-25) | At ₁₄ =27 °C |
| | |
| Mamparo de estribor | |
| $e_{15}=(At_{15}/Q_2-(1/h_{1v}))^*y$ | $e_{15}=0,05401 \text{ m}$ |
| At ₁₅ =At ₁ | At ₁₅ =21 °C |
| | |
| Mamparo de babor | |
| $e_{16}=(At_{16}/Q_2-(1/h_{1v}))^*y$ | $e_{16}=0,1145 \text{ m}$ |
| At ₁₆ =45-2 | At ₁₆ =43 °C |

Tabla 2.2.3. Espesores de aislante.

Con los valores de espesor de aislante obtenidos, seleccionamos del catálogo de Fripanel S.A, el modelo FRIGoLOC y el espesor adecuado.

| Cámara | Mamparo de proa (mm) | Mamparo de popa (mm) | Mamparo de babor (mm) | Mamparo de estribor (mm) | Techo (mm) | Suelo (mm) |
|------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|------------|------------|
| Vegetales | 60 | 80 | 125 | 60 | 60 | 125 |
| Pescado | 100 | 60 | 200 | 175 | 175 | 200 |
| Carne | 60 | 100 | 200 | 175 | 175 | 200 |
| Antecámara | 80 | 60 | 125 | 60 | 60 | 125 |

Tabla 2.2.4. Espesores comerciales de los paneles aislantes.

Para conocer el coeficiente global de transmisión de calor, debemos hallarlo a partir de la siguiente fórmula con los espesores comerciales de aislante escogidos para cada mamparo.

La definición del coeficiente global de transmisión de calor es la cantidad de calor que atraviesa la unidad de superficie en la unidad de tiempo, cuando se establece entre las caras paralelas del cerramiento una diferencia de temperatura de un grado.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_{int}} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_{ext}}} \quad \text{Ec (2.2.5)}$$

Donde:

e = Espesor del aislante en m.

λ = Coeficiente de conductividad térmica del poliuretano (0,022 W/m · K).

h_{int} = Coeficiente convectivo superficial interior (W/m²·°C).

h_{ext} = Coeficiente convectivo superficial exterior (W/m²·°C).

Con el programa EES calculamos los diferentes valores de K para los mamparos. Estos nos servirán para la determinación del balance térmico de las gambuzas.

| Datos | Resultados |
|----------------------------|------------------------|
| $h1v=5,882$ | $W/m^2 \cdot ^\circ C$ |
| $h2v=4,546$ | $W/m^2 \cdot ^\circ C$ |
| $h1hasc=7,143$ | $W/m^2 \cdot ^\circ C$ |
| $h1hdesc=4,546$ | $W/m^2 \cdot ^\circ C$ |
| $y=0,022$ | $W/m \cdot ^\circ C$ |
| | |
| Cámara de vegetales | |
| Techo | |
| $K17=1/(1/h1hdesc+E17/y)$ | $K17=0,3393 W/m.K$ |
| $E17=0,060$ | |
| | |
| Suelo | |
| $K18=1/(1/h1hasc+E18/y)$ | $K18=0,1718 W/m.K$ |
| $E18=0,125$ | |
| | |
| Mamparo de proa | |
| $K1=1/(1/h1v+E1/y)$ | $K1=0,3452 W/m.K$ |
| $E1=0,06$ | |
| | |
| Mamparo de popa | |
| $K2=1/(1/h2v+E2/y)$ | $K2=0,2593 W/m.K$ |
| $E2=0,080$ | |
| | |
| Mamparo de estribor | |
| $K3=1/(1/h1v+E3/y)$ | $K3=0,3492 W/m.K$ |
| $E3=0,060$ | |
| | |
| Mamparo de babor | |
| $K4=1/(1/h1v+E4/y)$ | $K4=0,1709 W/m.K$ |
| $E4=0,125$ | |
| | |
| Cámara de pescados | |
| Techo | |
| $K21=1/(1/h1hdesc+E21/y)$ | $K21=0,1223 W/m.K$ |
| $E21=0,175$ | |
| | |
| Suelo | |
| $K22=1/(1/h1hasc+E22/y)$ | $K22=0,1083 W/m.K$ |
| $E22=0,200$ | |
| | |
| Mamparo de proa | |
| $K5=1/(1/h2v+E5/y)$ | $K5=0,2098 W/m.K$ |
| $E5=0,100$ | |

| | |
|---------------------------|----------------------------|
| | |
| Mamparo de popa | |
| $K6=1/(1/h2v+E6/y)$ | $K6=0,3393 \text{ W/m.K}$ |
| $E6=0,060$ | |
| | |
| Mamparo de estribor | |
| $K7=1/(1/h2v+E7/y)$ | $K7=0,1223 \text{ W/m.K}$ |
| $E7=0,175$ | |
| | |
| Mamparo de babor | |
| $K8=1/(1/h1v+E8/y)$ | $K8=0,1080 \text{ W/m.K}$ |
| $E8=0,200$ | |
| | |
| Cámara de carnes | |
| Techo | |
| $K23=1/(1/h1hdesc+E23/y)$ | $K23=0,1223 \text{ W/m.K}$ |
| $E23=0,175$ | |
| | |
| Suelo | |
| $K24=1/(1/h1hasc+E24/y)$ | $K24=0,1083 \text{ W/m.K}$ |
| $E24=0,200$ | |
| | |
| Mamparo de proa | |
| $K9=1/(1/h2v+E9/y)$ | $K9=0,3393 \text{ W/m.K}$ |
| $E9=0,060$ | |
| | |
| Mamparo de popa | |
| $K10=1/(1/h2v+E10/y)$ | $K10=0,2098 \text{ W/m.K}$ |
| $E10=0,100$ | |
| | |
| Mamparo de estribor | |
| $K11=1/(1/h2v+E11/y)$ | $K11=0,1223 \text{ W/m.K}$ |
| $E11=0,175$ | |
| | |
| Mamparo de babor | |
| $K12=1/(1/h1v+E12/y)$ | $K12=0,1080 \text{ W/m.K}$ |
| $E12=0,200$ | |
| | |
| Antecámara | |
| Techo | |
| $K19=1/(1/h1hdesc+E19/y)$ | $K19=0,3393 \text{ W/m.K}$ |
| $E19=0,060$ | |
| | |
| Suelo | |

| | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| $K_{20}=1/(1/h_1h_{asc}+E_{20}/y)$ | $K_{20}=0,1718 \text{ W/m.K}$ |
| $E_{20}=0,125$ | |
| | |
| Mamparo de proa | |
| $K_{13}=1/(1/h_2v+E_{13}/y)$ | $K_{13}=0,2593 \text{ W/m.K}$ |
| $E_{13}=0,080$ | |
| | |
| Mamparo de popa | |
| $K_{14}=1/(1/h_1v+E_{14}/y)$ | $K_{14}=0,3452 \text{ W/m.K}$ |
| $E_{14}=0,060$ | |
| | |
| Mamparo de estribor | |
| $K_{15}=1/(1/h_1v+E_{15}/y)$ | $K_{15}=0,3452 \text{ W/m.K}$ |
| $E_{15}=0,060$ | |
| | |
| Mamparo de babor | |
| $K_{16}=1/(1/h_1v+E_{16}/y)$ | $K_{16}=0,1709 \text{ W/m.K}$ |
| $E_{16}=0,125$ | |

Tabla 2.2.5. Valores de K.

Detallamos los valores de K en la siguiente tabla:

| Cámaras | Mamparo de proa (K) | Mamparo de popa (K) | Mamparo de estribor (K) | Mamparo de babor (K) | Techo (K) | Suelo (K) |
|------------|---------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|-----------|-----------|
| Vegetales | 0,3452 | 0,2593 | 0,3452 | 0,1709 | 0,3393 | 0,1718 |
| Pescados | 0,2098 | 0,3393 | 0,1223 | 0,1080 | 0,1223 | 0,1083 |
| Carnes | 0,3393 | 0,2098 | 0,1223 | 0,1080 | 0,1223 | 0,1083 |
| Antecámara | 0,2593 | 0,3452 | 0,3452 | 0,1709 | 0,3393 | 0,1718 |

Tabla 2.2.6. Tabla de valores de K.

3. ANEXO CÁLCULO DE LA CARGA FRIGORÍFICA

3.1. Introducción

La carga térmica de refrigeración es el calor que se debe extraer de la cámara, con el fin de que mantenga la temperatura de diseño en su interior. Este calor coincide con el calor que entra o que se genera dentro de la cámara frigorífica.

Son diversos los factores que intervienen en esta carga térmica, los cuales dividiremos en grupos distintos denominados partidas, algunos de estos factores son:

- Ubicación de la cámara.
- Tipo, estado, cantidad y temperatura del producto, a su entrada en la instalación.
- Renovación del aire.
- Calor específico del producto y de su embalaje.
- Tiempo de funcionamiento de la instalación.
- Entrada de personas.
- Calor desprendido por ventiladores, iluminación y desescarche.
- Calor por aperturas de puertas.

3.2. Cálculo del balance térmico

Los cálculos en cuanto a productos se refiere, se han realizado con las cámaras a su máxima capacidad.

Vamos a dividir como se ha indicado anteriormente las pérdidas caloríficas en dos grupos:

- Partidas destinadas a contrarrestar las entradas de calor y calor generado.
- Partidas destinadas al enfriamiento de mercancías.

3.2.1. Pérdidas de calor a través de los cerramientos y calor generado

La entrada de calor por paredes, techo y suelo de la cámara es inevitable, pero puede reducirse eficazmente con la disposición de material aislante en toda la superficie interior del espacio refrigerado.

El cálculo del valor de esta partida debe hacerse para cada superficie por separado, ya que las pérdidas de calor a través de ellas van a depender del valor de su coeficiente de conductividad térmica (K). Estas las analizamos una por una y cámara a cámara.

La tasa total de calor que entra en la cámara debido a los cerramientos, viene dada por a siguiente expresión:

$$Q = K \cdot S \cdot \Delta T \quad \text{Ec (3.2.1.1)}$$

Donde:

Q = Calor total que atraviesa la pared por unidad de tiempo, en W.

K = Coeficiente global de transmisión de calor, función de los materiales utilizados en la pared y de su espesor, en W/m*K.

S = Superficie de la pared correspondiente a cada valor de K.

ΔT = Diferencia de temperatura entre el interior y exterior de las cámaras en °C.

De esta manera y con los siguientes cálculos realizados en el EES, obtenemos los siguientes valores:

| Datos | Resultados |
|----------------------------|----------------|
| Cámara de vegetales | |
| Techo | |
| S1=3,39*3,90 | m ² |
| K1=0,3393 | W/m.K |
| AT1=23-2 | °C |
| Q1=S1*K1*AT1 | 94,2 W |
| | |
| Suelo | |
| S2=S1 | m ² |
| K2=0,1718 | W/m.K |
| AT2=45-2 | °C |
| Q2=S2*K2*AT2 | 97,67 W |
| | |

| | |
|--|----------------|
| Mamparo de proa | |
| S3=3,90*2,65 | m ² |
| K3=0,3452 | W/m.K |
| AT3=AT1 | °C |
| Q3=S3*K3*AT3 | 74,92 W |
| Mamparo de popa | |
| S4=S3 | m ² |
| K4=0,2593 | W/m.K |
| AT4=2-(-25) | °C |
| Q4=S4*K4*AT4 | 72,36 W |
| Mamparo de estribor | |
| S5=3,39*2,65 | m ² |
| K5=0,3492 | W/m.K |
| AT5=AT1 | °C |
| Q5=S5*K5*AT5 | 65,88 W |
| Mamparo de babor | |
| S6=S5 | m ² |
| K6=0,1709 | W/m.K |
| AT6=45-2 | °C |
| Q6=S6*K6*AT6 | 66,02 W |
| Calor total en la cámara de vegetales | |
| Q.tot.vegetales=Q1+Q2+Q3+Q4+Q5+Q6 | 471 W |
| Cámara de pescados | |
| Techo | |
| S7=2,70*2,80 | m ² |
| K7=0,1223 | W/m.K |
| AT7=23-(-25) | °C |
| Q7=S7*K7*AT7 | 44,38 W |
| Suelo | |
| S8=S7 | m ² |
| K8=0,1083 | W/m.K |
| AT8=45-(-25) | °C |
| Q8=S8*K8*AT8 | 57,31 W |
| Mamparo de proa | |
| S9=2,80*2,65 | m ² |
| K9=0,2098 | W/m.K |
| AT9=2-(-25) | °C |

| | |
|---|----------------|
| Q9=S9*K9*AT9 | 42,03 W |
| | |
| Mamparo de popa | |
| S10=S9 | m ² |
| K10=0,3393 | W/m.K |
| AT10=-25-(-25) | °C |
| Q10=S10*K10*AT10 | 0 W |
| | |
| Mamparo de estribor | |
| S11=2,70*2,65 | m ² |
| K11=0,1223 | W/m.K |
| AT11=23-(-25) | °C |
| Q11=S11*K11*AT11 | 42 W |
| | |
| Mamparo de babor | |
| S12=S11 | m ² |
| K12=0,1080 | W/m.K |
| AT12=45-(-25) | °C |
| Q12=S12*K12*AT12 | 54,09 W |
| | |
| Calor total en la cámara de pescados | |
| Q.tot.pescados=Q7+Q8+Q9+Q10+Q11+Q12 | 239,8 W |
| | |
| Cámara de carnes | |
| Techo | |
| S13=2,70*2,80 | m ² |
| K13=0,1223 | W/m.K |
| AT13=23-(-25) | °C |
| Q13=S13*K13*AT13 | 44,38 W |
| | |
| Suelo | |
| S14=S13 | m ² |
| K14=0,1083 | W/m.K |
| AT14=45-(-25) | °C |
| Q14=S14*K14*AT14 | 57,31 W |
| | |
| Mamparo de proa | |
| S15=2,80*2,65 | m ² |
| K15=0,3393 | W/m.K |
| AT15=-25-(-25) | °C |
| Q15=S15*K15*AT15 | 0 W |
| | |
| Mamparo de popa | |
| S16=S15 | m ² |

| | |
|---|----------------|
| K16=0,2098 | W/m.K |
| AT16=2-(-25) | °C |
| Q16=S16*K16*AT16 | 42,03 W |
| | |
| Mamparo de estribor | |
| S17=2,70*2,65 | m ² |
| K17=0,1223 | W/m.K |
| AT17=23-(-25) | °C |
| Q17=S17*K17*AT17 | 42 W |
| | |
| Mamparo de babor | |
| S18=S17 | m ² |
| K18=0,1080 | W/m.K |
| AT18=45-(-25) | °C |
| Q18=S18*K18*AT18 | 54,09 W |
| | |
| Calor total en la cámara de carnes | |
| Q.tot.carnes=Q13+Q14+Q15+Q16+Q17+Q18 | 239,8 W |
| | |
| Antecámara | |
| Techo | |
| S19=2,03*3,90 | m ² |
| K19=0,3393 | W/m.K |
| AT19=23-2 | °C |
| Q19=S19*K19*AT19 | 56,41 W |
| | |
| Suelo | |
| S20=S19 | m ² |
| K20=0,1718 | W/m.K |
| AT20=45-2 | °C |
| Q20=S20*K20*AT20 | 58,49 W |
| | |
| Mamparo de proa | |
| S21=3,90*2,65 | m ² |
| K21=0,2593 | W/m.K |
| AT21=2-(-25) | °C |
| Q21=S21*K21*AT21 | 72,36 W |
| | |
| Mamparo de popa | |
| S22=S21 | m ² |
| K22=0,3452 | W/m.K |
| AT22=23-2 | °C |
| Q22=S22*K22*AT22 | 74,92 W |
| | |

| | |
|--|----------------|
| Mamparo de estribor | |
| S23=2,03*2,65 | m ² |
| K23=0,3452 | W/m.K |
| AT23=23-2 | °C |
| Q23=S23*K23*AT23 | 39 W |
| Mamparo de babor | |
| S24=S23 | m ² |
| K24=0,1709 | W/m.K |
| AT24=45-2 | °C |
| Q24=S24*K24*AT24 | 39,53 W |
| Calor total en la antecámara | |
| Q.tot.antecámara=Q19+Q20+Q21+Q22+Q23+Q24 | 340,7 W |

Tabla 3.2.1.1. Pérdidas caloríficas por cámara.

A continuación mostramos una tabla resumen con el calor perdido a través de los mamparos y su total.

| Cámara | Techo (W) | Suelo (W) | Mamparo de proa (W) | Mamparo de popa (W) | Mamparo estribor (W) | Mamparo babor (W) | Qtotal (Q1) |
|------------|-----------|-----------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|-------------|
| Vegetales | 94,2 | 97,67 | 74,92 | 72,36 | 65,88 | 66,02 | 471 |
| Pescados | 44,38 | 57,31 | 0 | 42,03 | 42 | 54,09 | 239,8 |
| Carnes | 44,38 | 57,31 | 42,03 | 0 | 42 | 54,09 | 239,8 |
| Antecámara | 56,41 | 58,49 | 72,36 | 74,92 | 39 | 39,53 | 340,7 |

Tabla 3.2.1.2. Pérdidas totales por cámara.

Transmisión total de calor al día por los cerramientos

Con la suma del calor perdido a través de las cámaras, calculamos el calor a lo largo del día.

$$Q_1 = (471 + 239,8 + 239,8 + 340,7) \cdot \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \cdot \frac{1\text{kJ}}{1000\text{J}} \cdot \frac{24\text{h}}{1\text{día}} = 111568,32\text{kJ/día}$$

3.2.2. Pérdidas por renovación de aire

En el recinto refrigerado debe existir ventilación suficiente para sustituir periódicamente el aire viciado por aire fresco. Esta ventilación se realiza principalmente con el uso de las puertas de la cámara, pero de no ser suficiente con esto, se debe proceder a la utilización de sistemas de ventilación.

Para el cálculo de esta partida es necesario hacer una estimación de las condiciones de temperatura y humedad relativa del exterior, para poder calcular su entalpía, ya que la expresión que se aplica es:

$$Q_2 = V \cdot \Delta h \cdot n \quad \text{Ec (3.2.2.1)}$$

Donde:

Q_2 = Potencia de enfriamiento para el aire de renovación, en kJ/día.

n = Número de renovaciones de aire por día.

V = Volumen interior de la cámara, en m^3 .

Δh = Diferencia de entalpías entre el aire exterior e interior de la cámara en kJ/m^3 .

En la siguiente tabla podemos observar los valores de renovaciones normalmente utilizados para cámaras de temperaturas negativas y positivas, en función de su volumen.

| Volumen (m^3) | Renovaciones por día | | Volumen (m^3) | Renovaciones por día | |
|----------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|
| | $T_{menor} 0^{\circ}C$, | $T_{mayor} 0^{\circ}C$ | | $T_{menor} 0^{\circ}C$, | $T_{mayor} 0^{\circ}C$ |
| 2,5 | 52 | 70 | 100 | 6,8 | 9 |
| 3 | 47 | 63 | 150 | 5,4 | 7 |
| 4 | 40 | 53 | 200 | 4,6 | 6 |
| 5 | 35 | 47 | 250 | 4,1 | 5,3 |
| 7,5 | 28 | 38 | 300 | 3,7 | 4,8 |
| 10 | 24 | 32 | 400 | 3,1 | 4,1 |
| 15 | 19 | 26 | 500 | 2,8 | 3,6 |
| 20 | 16,5 | 22 | 600 | 2,5 | 3,2 |
| 25 | 14,5 | 19,5 | 800 | 2,1 | 2,8 |
| 30 | 13,0 | 17,5 | 1000 | 1,9 | 2,4 |
| 40 | 11,5 | 15,0 | 1500 | 1,5 | 1,95 |
| 50 | 10,0 | 13,0 | 2000 | 1,3 | 1,65 |

| | | | | | |
|----|-----|------|------|------|------|
| 60 | 9,0 | 12,0 | 2500 | 1,1 | 1,45 |
| 80 | 7,7 | 10,0 | 3000 | 1,05 | 1,05 |

Tabla 3.2.2.1. Tabla de renovaciones de aire diarias.

Las entalpías y densidades están calculadas con el programa EES. Tomamos unas humedades relativas en el interior de las cámaras de carne y pescado del 90%, mientras que en las verduras y frescos será del 85%, la humedad relativa del exterior será del 55%.

La temperatura exterior será la correspondiente a la climatización del buque, la cual hemos tomado como 23 °C.

Así obtendremos la siguiente tabla de valores:

| Datos | Resultados |
|---|------------------------|
| Text=23 | °C |
| Tint.vegetales=2 | °C |
| Tint.pescados=-25 | °C |
| Tint.carnes=-25 | °C |
| Tint.antecamara=2 | °C |
| Rint1=0,9 | °C |
| Rint2=0,85 | % |
| Rext=0,55 | % |
| Vvegetales=35 | m ³ |
| Vpescados=20 | m ³ |
| Vcarnes=Vpescados | m ³ |
| Vantecamara=21 | m ³ |
| P1=101,325 | kPa |
| hext=enthalpy(airh2o;P=P1;T=Text;R=Rext) | 47,66 kJ/kg |
| | |
| Cámara de vegetales | |
| hvegetales=enthalpy(airh2o;P=P1;T=Tint.vegetales;R=Rint2) | 11,29 kJ/kg |
| nvegetales= $(-5*2,5)/10+17,5$ | 16,25 Renovaciones/día |
| Qvegetales=nvegetales*Vvegetales*(hext-hvegetales) | 20683 kJ/día |
| | |
| Cámara de pescados | |
| hpescados=enthalpy(airh2o;P=P1;T=Tint.pescados;R=Rint1) | -24,28 kJ/kg |
| npescados=16,5 | 16,5 Renovaciones/día |
| Qpescados=npescados*Vpescados*(hext-hpescados) | 23740 kJ/día |
| | |
| Cámara de carnes | |
| hcarnes=enthalpy(airh2o;P=P1;T=Tint.carnes;R=Rint1) | -24,28 kJ/kg |

| | |
|---|------------------------|
| ncarnes=npescados | 16,5 Renovaciones/día |
| Qcarnes=ncarnes*Vcarnes*(hext-hcarnes) | 23740 kJ/día |
| Antecámara | |
| hantecamara=enthalpy(airh2o;P=P1;T=Tint.antecamara;R=Rint2) | 11,29 kJ/kg |
| nantecamara=(-(1*2,5)/5)+22 | 21,5 Renovaciones/ día |
| Qantecamara=nantecamara*Vantecamara*(hext-hantecamara) | 16419 kJ/día |

Tabla 3.2.2.2. Cálculos EES pérdidas por renovación de aire.

En la siguiente tabla resumimos el calor perdido por renovaciones de aire en cada cámara.

| Cámara | Pérdidas por cámara | Pérdidas totales por renovación Q2 |
|------------|---------------------|------------------------------------|
| Vegetales | 20683 kJ/día | 84582 kJ/día |
| Pescados | 23740 kJ/día | |
| Carnes | 23740 kJ/día | |
| Antecámara | 16419 kJ/día | |

Tabla 3.2.2.3. Calor por renovaciones.

3.2.3. Calor desprendido por los motores de los ventiladores

El calor que se desprende de los motores de los ventiladores será una partida más en nuestro balance térmico de las cámaras. Se estima que un 20% de la potencia de estos se transforma en calor, pero dado que en este apartado temprano del proyecto a un no conocemos la potencia de estos, debemos hacer una estimación sobre su potencia.

En la industria frigorífica se suelen suponer unos valores del calor aportado por los ventiladores entre 42 y 209 kJ/m³ · día. Nosotros vamos a utilizar un valor de 123 kJ/m³ · día.

Para calcular este calor utilizamos la siguiente expresión:

$$Q_3 = V \cdot Q_v \quad \text{Ec (3.2.3.1)}$$

Los cuales:

V = Volumen de la cámara, en m^3 .

Q_v = Calor estimado que desprenden los ventiladores ($123 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{día}$).

Los cálculos realizados en el EES se reflejan en la siguiente tabla:

| Datos | Resultados |
|--|----------------------------------|
| Vvegetales=35 | m^3 |
| Vpescados=20 | m^3 |
| Vcarnes=20 | m^3 |
| Vantecamara=21 | m^3 |
| Potestimada=123 | $\text{kJ/m}^3 \cdot \text{día}$ |
| | |
| Cámara de vegetales | |
| $Q_{\text{vegetales}} = V_{\text{vegetales}} \cdot \text{Potestimada}$ | 4305 kJ/día |
| | |
| Cámara de pescados | |
| $Q_{\text{pescados}} = V_{\text{pescados}} \cdot \text{Potestimada}$ | 2460 kJ/día |
| | |
| Cámara de carnes | |
| $Q_{\text{carnes}} = V_{\text{carnes}} \cdot \text{Potestimada}$ | 2460 kJ/día |
| | |
| Antecámara | |
| $Q_{\text{antecamara}} = V_{\text{antecamara}} \cdot \text{Potestimada}$ | 2583 kJ/día |
| | |
| Calor total por los motores de los evaporadores | |
| $Q_3 = Q_{\text{vegetales}} + Q_{\text{pescados}} + Q_{\text{carnes}} + Q_{\text{antecamara}}$ | 11808 kJ/día |

Tabla 3.2.3.1. Pérdidas por motores.

Con la suma de estos calores obtenemos:

$$Q_3 = 11808 \text{ kJ/día}$$

3.2.4. Calor aportado por las personas

Toda persona desprende calor, el cuál será una partida a sumar a la potencia de nuestra instalación. El calor suministrado por las personas dependerá del número de estas y del tiempo de permanencia en la cámara.

En la siguiente tabla se detalla el calor desprendido por persona según la temperatura de la cámara en la cual se halle.

| Carga debida a la ocupación | |
|---------------------------------|-------------------------|
| Temperatura de la cámara, en °C | Calor por persona en kW |
| 15 | 0,179 |
| 10 | 0,209 |
| 5 | 0,239 |
| 2 | 0,245 |
| 1 | 0,264 |
| 0 | 0,270 |
| -5 | 0,299 |
| -10 | 0,329 |
| -15 | 0,359 |
| -18 | 0,378 |
| -20 | 0,389 |
| -25 | 0,444 |

Tabla 3.2.4.1. Calores específicos por persona.

Con la ayuda de la siguiente expresión y suponiendo un número de personas de 2 y un tiempo de estancia dentro de ella de 45 minutos, hallaremos la calor desprendida:

$$Q_4 = N \cdot q \cdot t \quad \text{Ec (3.2.4.1)}$$

Donde:

N = Número de personas en la cámara (suponemos 2 por cámara).

q = Potencia calorífica desprendida por persona, en kW.

t = Tiempo de permanencia en la cámara, en s (suponemos un tiempo de permanencia de 45 minutos por cámara)

Los cálculos los realizamos en el EES y los detallamos en la siguiente tabla.

| Datos | Resultados |
|-------------|------------|
| Cp2=0,245 | kW |
| Cp25=0,444 | kW |
| N=2 | Personas |
| t=0,75*3600 | s |

| | |
|--|-------------|
| Cámara de vegetales | |
| $Q_{vegetales} = N \cdot C_p2 \cdot t$ | 1323 kJ/día |
| Cámara de pescados | |
| $Q_{pescados} = N \cdot C_p25 \cdot t$ | 2398 kJ/día |
| Cámara de carnes | |
| $Q_{carnes} = N \cdot C_p25 \cdot t$ | 2398 kJ/día |
| Antecámara | |
| $Q_{antecamara} = N \cdot C_p2 \cdot t$ | 1323 kJ/día |
| Calor total por personas | |
| $Q_4 = Q_{vegetales} + Q_{pescados} + Q_{carnes} + Q_{antecamara}$ | 7441 kJ/día |

Tabla 3.2.4.2. Pérdidas por cámara.

Con estos valores obtenemos un resultado de calor total desprendida por las personas en las cámaras de:

$$Q_4 = 7441 \text{ kJ/día}$$

3.2.5. Pérdidas por iluminación

Tomaremos como valor de potencia lumínica de 12 W/m^2 , y un tipo de luces no fluorescentes. Consideraremos que las luces se encienden el mismo tiempo que permanecen las personas en las cámaras el cual consideramos 45 minutos.

Para conocer esta partida usaremos la siguiente expresión:

$$Q_5 = f \cdot S \cdot P \cdot t \quad \text{Ec (3.2.5.1)}$$

Donde:

f = Factor de iluminación, 1 para luces no fluorescentes.

S = Superficie de la cámara a iluminar, en m^2 .

P = Potencia lumínica de las lámpara instaladas, en kW.

t = Tiempo de la iluminación funcionando, en s.

Detallamos los cálculos realizados en el EES en la siguiente tabla:

| Datos | Resultados |
|--|--------------|
| $P=0,012$ | kW |
| $S_{vegetales}=3,39*3,90$ | m^2 |
| $S_{pescados}=2,70*2,80$ | m^2 |
| $S_{carnes}=S_{pescados}$ | m^2 |
| $S_{antecamara}=2,03*3,90$ | m^2 |
| $f=1$ | |
| $t=0,75*3600$ | s |
| | |
| Cámara de vegetales | |
| $Q_{vegetales}=f*S_{vegetales}*P*t$ | 428,2 kJ/día |
| | |
| Cámara de pescados | |
| $Q_{pescados}=f*S_{pescados}*P*t$ | 244,9 kJ/día |
| | |
| Cámara de carnes | |
| $Q_{carnes}=f*S_{carnes}*P*t$ | 244,9 kJ/día |
| | |
| Antecámara | |
| $Q_{antecamara}=f*S_{antecamara}*P*t$ | 256,5 kJ/día |
| | |
| Calor total aportada por la iluminación | |
| $Q_5=Q_{vegetales}+Q_{pescados}+Q_{carnes}+Q_{antecamara}$ | 1175 kJ/día |

Tabla 3.2.5.1. Potencia calorífica iluminación.

De esta manera, al sumar el calor de la iluminación de todas las cámaras obtenemos el valor de la partida Q_5 .

$$Q_5 = 1175 \text{ kJ/día}$$

3.2.6. Pérdidas por enfriamiento de la carga

Esta partida contempla el enfriamiento del producto desde la temperatura de entrada hasta la temperatura final, dado que es necesario que los productos se lleven a su temperatura de almacenamiento. Para esto se debe conocer:

- Tiempo para enfriar – congelar el producto.
- Masa del producto a enfriar.
- Temperatura de entrada del producto y de régimen de la cámara.
- Propiedades de los productos (calor específico en sus diferentes etapas).
- Si necesita congelación.

En cuanto a los productos, estos pueden necesitar:

- Enfriamiento sin congelación de productos frescos.

$$Q = m \cdot C_{ep} \cdot (T_i - T_f) \quad \text{Ec (3.2.6.1)}$$

- Enfriamiento sin congelación de productos congelados.

$$Q = m \cdot C_{ed} \cdot (T_i - T_f) \quad \text{Ec (3.2.6.2)}$$

- Enfriamiento con congelación de productos frescos.

$$Q = m \cdot C_{ep} \cdot (T_i - T_{cong}) + m \cdot C_l + m \cdot C_{ed} \cdot (T_{cong} - T_f) \quad \text{Ec (3.2.6.3)}$$

En las cuales:

m = Cantidad diaria de mercancía introducida, en kg/día.

C_{ep} = Calor específico previo a la congelación, en kJ/kg.°C.

C_{ed} = Calor específico después de la congelación, en kJ/kg.°C.

T_i = Temperatura de entrada a la cámara, en °C.

T_f = Temperatura final de cámara, en °C.

T_{cong} = Temperatura de congelación del producto, en °C.

C_i = calor latente de congelación, en kJ/kg.

Los valores correspondientes a estas propiedades de los siguientes productos se especifican en la siguiente tabla:

| Producto | Tª Congelación (°C) | Cep (kJ/kg.°C) | Ced (kJ/kg.°C) | Cl (kJ/kg) |
|-----------|---------------------|----------------|----------------|------------|
| Vegetales | -2 | 2,93 | 1,67 | 234,30 |
| Pescados | 0 a 2 | 3,77 | 2,09 | 301,25 |
| Carnes | -2 | 3,35 | 1,88 | 255,23 |
| lácteos | 0 | 3,35 | 2,09 | 271,96 |

Tabla 3.2.6.1. Calores específicos, latentes y Tª congelación productos.

En los productos de las cámaras de pescado y de carnes, consideramos que estos ya llegan congelados a una temperatura de -20 °C, por lo que no será necesario su enfriamiento. En los de las cámaras de vegetales y antecámara estos llegan a una temperatura de 15 °C y será necesario llevarlos a la temperatura de las cámaras correspondientes.

Según estos valores y las fórmulas de las ecuaciones 6.2.6.1, 6.2.6.2 y 3.2.6.3, realizamos los cálculos correspondientes en el EES.

| Datos | Resultados |
|---|---------------|
| Cepv=2,93 | kJ/kg.°C |
| Cepa=3,35 | kJ/kg.°C |
| Cámara de vegetales | |
| mv=2100 | kg |
| Tev=15 | °C |
| Tcv=2 | °C |
| $Q_v = mv * Cepv * (Tev - Tcv)$ | 79989 kJ/día |
| Antecámara | |
| ma=1260 | kg |
| Tea=Tev | °C |
| Tca=Tcv | °C |
| $Q_a = ma * Cepa * (Tea - Tca)$ | 54873 kJ/día |
| Calor total por enfriamiento productos | |
| $Q_6 = Q_v + Q_a$ | 134862 kJ/día |

Tabla 3.2.6.2. Calor por enfriamiento productos.

Con esto obtenemos que la potencia frigorífica por enfriamiento de los productos debe de ser de:

$$Q_6 = 134862 \text{ kJ/día}$$

3.2.7. Refrigeración del embalaje

En esta partida se calcula el calor liberado por el embalaje y envases que almacenan el producto. Suponemos que el embalaje de los productos representa un 10 % del peso de los productos almacenados dado que no conocemos su masa.

Para el cálculo de esta partida utilizamos la siguiente expresión:

$$Q_7 = C_m \cdot m \cdot C_{em} \cdot (T_i - T_f) \quad \text{Ec (3.2.7.1)}$$

Donde:

C_m = Coeficiente de la masa del embalaje respecto a la total del producto, supondremos 0,1.

m = Masa del producto, en kg/día.

C_{em} = Calor específico del embalaje, en este caso supondremos 0,628 kJ/día.°C.

T_i = Temperatura a la cual el producto entra en la cámara, en °C.

T_f = Temperatura de régimen de la cámara, en °C.

Suponemos como en el caso anterior que los embalajes de los productos de las cámaras de congelados entran a la temperatura de almacenamiento, con lo que no se necesitará enfriar el embalaje.

La temperatura de entrada del embalaje de las cámaras de fresco serán las mismas que las supuestas para el producto de estas, 15 °C.

Para hallar el calor de esta partida realizamos los cálculos con el EES y los detallamos en la siguiente tabla:

| Datos | Resultados |
|--|----------------|
| Tev=15 | °C |
| Tea=Tev | °C |
| Cem=0,628 | kJ/kg.°C |
| mv=2100 | kg |
| ma=1260 | kg |
| Tcv=2 | °C |
| Tca=Tcv | °C |
| Cm=0,1 | kg emb/kg prod |
| | |
| Cámara de verduras | |
| $Q_v = C_m \cdot m_v \cdot C_{em} \cdot (T_{ev} - T_{cv})$ | 1714 kJ/día |
| | |
| Antecámara | |
| $Q_a = C_m \cdot m_a \cdot C_{em} \cdot (T_{ea} - T_{ca})$ | 1029 kJ/día |
| | |
| Calor total por el embalaje | |
| $Q_7 = Q_v + Q_a$ | 2743 kJ/día |

Tabla 3.2.7.1. Calor de refrigeración embalajes.

De esta manera obtenemos unas pérdidas totales por enfriamiento de los embalajes de:

$$Q_7 = 2743 \text{ kJ/día}$$

3.2.8. Calor por respiración de alimentos

Dado que las frutas y verduras continúan su proceso de maduración en el interior de las cámaras, estas siguen liberando calor dentro de ellas. Esto no ocurrirá con las carnes y productos congelados.

Para calcular esta partida usamos la siguiente expresión:

$$Q_8 = m \cdot q_r \quad \text{Ec (3.2.8.1)}$$

Donde:

m = Masa del producto, en kg.

q_r = Calor de respiración del producto, en kJ/kg.día.

Para hallar el calor de respiración de la cámara de verduras dado que la carga almacenada es una mezcla de estas, haremos una media del calor de respiración de diferentes productos como son tomates, alcachofas y pimientos con el cual obtenemos un valor de 5,62 kJ/kg.día.

Para las frutas, las cuales representan la mitad de la masa de la antecámara tomaremos un valor medio de diferentes frutas. Este será de 5,94 kJ/kg.día.

En la siguiente tabla detallamos los cálculos de esta partida realizados con el EES.

| Datos | Resultados |
|---|--------------|
| $m_v=2100$ | kg |
| $q_{rv}=5,62$ | kJ/kg*día |
| $q_{rf}=5,94$ | kJ/kg*día |
| $m_f=630$ | kg |
| | |
| Cámara de verduras | |
| $Q_v=m_v*q_{rv}$ | 11802 kJ/día |
| | |
| Antecámara | |
| $Q_f=m_f*q_{rf}$ | 3742 kJ/día |
| | |
| Calor total por respiración de productos | |
| $Q_8=Q_v+Q_f$ | 15544 kJ/día |

Tabla 3.2.8.1. Calor de respiración productos.

Con la suma de vegetales y frutas obtenemos un calor de respiración de productos de:

$$Q_8 = 15544 \text{ kJ/día}$$

3.2.9. Pérdidas de calor debidas a necesidades diversas

En este apartado incluiremos una serie de cargas térmicas de difícil cálculo que no se conocerán con exactitud hasta la elección de los distintos equipos de la cámara.

En este apartado se consideran partidas como:

- Las debidas a la convección y radiación de los aparatos y tuberías por donde circula el fluido frigorífico.
- Pérdidas de humedad debidas al producto.
- Pérdidas por el desescarche de los evaporadores.

Para hallar esta partida multiplicamos una serie de partidas por un coeficiente, estas partidas son:

Q_1 = Pérdidas a través de lo cerramientos, en kJ/día.

Q_2 = Pérdidas por renovación de aire, en kJ/día.

Q_6 = Pérdidas por enfriamiento de la carga, en kJ/día.

ε = Coeficiente entre 0,1 y 0,15.

Para esta estimación usaremos la siguiente fórmula:

$$Q_9 = \varepsilon \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_6) \quad \text{Ec (3.2.9.1)}$$

Detallamos los cálculos realizados con el EES en la siguiente tabla:

| Datos | Resultados |
|--------------------|---------------------|
| E=0,1 | |
| Q1=111568,32 | kJ/día |
| Q2=84582 | kJ/día |
| Q6=134862 | kJ/día |
| | |
| Calor total | |
| Q9=E*(Q1+Q2+Q6) | 33101 kJ/día |

Tabla 3.2.9.1. Pérdidas diversas.

Por lo tanto obtenemos un valor de pérdidas diversas de:

$$Q_9 = 33101 \text{kJ/día}$$

3.2.10. Carga de refrigeración total

La carga térmica total diaria a retirar de las cámaras será la suma de todas las partidas anteriormente calculadas, tanto las partidas a contrarrestar la pérdida de calor o producción de este, como las partidas a enfriar los productos y sus embalajes.

Para conocer esta carga total utilizamos la siguiente expresión:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 \quad \text{Ec (3.2.10.1)}$$

Esta carga térmica está calculada en referencia a un período de 24 horas, pero la instalación no va a trabajar todo ese tiempo dado que si así fuese el equipo estaría siempre en marcha y no tendría períodos de descanso y las cámaras de congelación no tendrían tiempo a realizar los desescarches (estos se realizan con los ventilados de los evaporadores apagados).

Por esto debemos definir un número de horas de funcionamiento diario de la instalación, la cual vamos a fijar en 16 horas. Este será el tiempo en el cual nuestra instalación frigorífica debe retirar el calor previamente calculado y correspondiente a la suma de todas las partidas.

Además debemos añadir un coeficiente de seguridad, para la instalación dado que esta siempre debe de tener más capacidad que la estrictamente necesaria. Este coeficiente lo consideraremos del 10% de la potencia frigorífica total.

Para hallar la potencia de refrigeración necesaria utilizaremos la siguiente expresión:

$$\text{Pot} = \frac{(F \cdot Q_t)}{(n_f \cdot 3600)}$$

Donde:

F = Factor de seguridad que se tiene en cuenta para la instalación.

Q_t = Carga térmica diaria previamente calculada para las cámaras, en kJ/día.

n_f = Número de horas de funcionamiento diario de la cámara, 16 en nuestro caso.

3600 = Número de segundo de una hora para así obtener la potencia en kW.

A continuación realizamos estos cálculos en el EES y los detallamos en la siguiente tabla:

| Datos | Resultados |
|---|-----------------|
| Q1=111568,32 | kJ/día |
| Q2=84582 | kJ/día |
| Q3=11808 | kJ/día |
| Q4=7441 | kJ/día |
| Q5=1175 | kJ/día |
| Q6=134862 | kJ/día |
| Q7=2743 | kJ/día |
| Q8=15544 | kJ/día |
| Q9=33101 | kJ/día |
| F=1,1 | |
| n=16 | Horas |
| | |
| Cálculo de la potencia frigorífica necesaria | |
| $Q_t=Q1+Q2+Q3+Q4+Q5+Q6+Q7+Q8+Q9$ | 402824 kJ/día |
| | |
| Potencia frigorífica necesaria | |
| $\text{Pot}=(F \cdot Q_t)/(n \cdot 3600)$ | 7,693 kW |

Tabla 3.2.10.1. Calor total y potencia frigorífica.

Así obtenemos una potencia frigorífica total de:

$$\text{Pot} = 7,693 \text{ kW}$$



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



“INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO”

ANEXO II – SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

FECHA: **JULIO 2015**

AUTOR: David Novo Rojo

Fdo:

ÍNDICE ANEXO II – SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE

| | |
|--|----|
| 1. Selección del refrigerante..... | 66 |
| 1.1. Identificación de los refrigerantes. | 66 |
| 1.2. Refrigerantes orgánicos puros. | 67 |
| 1.3. Mezclas zeotrópicas (Refrigerantes orgánicos). | 69 |
| 1.4. Mezclas azeotrópicas (Refrigerantes orgánicos). | 70 |
| 1.5. Refrigerantes a analizar..... | 71 |
| 1.5.2. Normativa sobre gases refrigerantes..... | 73 |
| 2. Estudio del ciclo de refrigeración..... | 75 |
| 2.1. Ciclo de refrigeración tipo. | 75 |
| 2.1.1. Ciclo P-h tipo. | 75 |
| 2.1.2. Ciclo T-s tipo..... | 75 |
| 2.2. Puntos característicos a lo largo del ciclo de refrigeración..... | 76 |
| 2.3. Caídas de presión a lo largo del ciclo de refrigeración..... | 77 |
| 2.3.1. Línea de aspiración. | 77 |
| 2.3.2. Línea de descarga..... | 77 |
| 2.3.3. Línea de líquido..... | 77 |
| 2.3.4. Pérdidas admisibles en la instalación..... | 77 |
| 2.4. Temperaturas de diseño. | 78 |
| 2.4.1. Evaporadores de alta. | 78 |
| 2.4.2. Evaporadores de baja. | 78 |
| 2.4.3. Tabla evaporadores..... | 79 |
| 2.4.4. Condensador..... | 79 |
| 2.5. Parámetros característicos de la instalación..... | 79 |
| 2.5.1. COP de Carnot. | 79 |
| 2.5.2. COP de la instalación..... | 80 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 2.5.3. | Potencia calorífica en el condensador..... | 80 |
| 2.5.4. | Volumen de aspiración del compresor. | 81 |
| 2.5.5. | Potencia del motor eléctrico del compresor..... | 81 |
| 2.6. | Programa tipo en EES. | 82 |
| 2.7. | Propiedades de los gases en los puntos principales del ciclo a T^a de condensación de 43 °C..... | 85 |
| 2.8. | Parámetros para los diferentes gases..... | 88 |
| 3. | Ciclo de refrigeración de la instalación. | 102 |
| 3.1. | Parámetros característicos de la instalación..... | 102 |
| 3.2. | Ciclo con R-410A. | 103 |

1. SELECCIÓN DEL REFRIGERANTE.

Desde el punto de vista de la refrigeración mecánica por evaporación de un líquido y la compresión de vapor, se puede definir al refrigerante como el medio para transportar calor desde donde lo absorbe por ebullición, a baja temperatura y presión, hasta donde lo cede al condensarse a alta temperatura y presión.

Dado que en el mercado disponemos de múltiples fluidos frigorígenos con propiedades muy diversas entre ellos, debemos escoger el cual se adapte mejor a nuestra instalación, teniendo en cuenta parámetros como el COP, el volumen de aspiración a la entrada del compresor, el coste del producto y las características y normas que actúen sobre dicho fluido.

1.1. Identificación de los refrigerantes.

Los refrigerantes se identifican por números después de la letra R (refrigerante). El sistema de identificación ha sido estandarizado por la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), y en España se ha adoptado por la indicación de la instrucción técnica complementaria MIIF002 del vigente Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas. De acuerdo con la citada disposición los refrigerantes se dominarán o expresarán por su fórmula o denominación química, o si procede, por su denominación simbólica numérica, no siendo suficiente, en ningún caso su nombre comercial.

En la práctica, los refrigerantes se identifican por su denominación simbólica numérica, que puede resumirse en la siguiente tabla:

| Tipo de refrigerante | Denominación simbólica numérica | Leyenda | Ejemplos |
|---------------------------|---------------------------------|--|----------------------|
| Orgánicos | R - XYZ | X=Nº de Carbonos -1 (Si X=0 no se pone) Y=Nº de Hidrógenos +1 Z=Nº de Fluor | R - 22 R - 134a |
| Orgánicos puros con bromo | R - XYZ B Nº de Bromos | | R - 13B1 |
| Mezclas zeotrópicas | R - 4XX | Números arbitrarios de la serie 400 | R - 407C R - 410A |
| Mezclas | R - 5XX | Números arbitrarios de | R - 507A |

| | | | |
|---------------------|----------|--|---------------------|
| azeotrópicas | | la serie 500 | |
| Otros refrigerantes | R – 6XX | Refrigerantes que no tienen cabida en otras denominaciones | R – 600 R – 600a |
| Inorgánicos | R – 7+PM | PM = Peso molecular | R – 717 R - 744 |

Tabla 1.1.1. Identificación de los refrigerantes.

A pesar de que algunos de estos compuestos tienen muy buenas características como refrigerantes, su uso se limita a aplicaciones concretas debido a que sus características fisiológicas no son tan deseadas. Como ejemplo citaremos el amoníaco, buen refrigerante pero que debido a su toxicidad y posible inflamabilidad ve limitada su aplicación. También los hidrocarburos como el metano, butano, propano, etano, eteno e isopropano se consideran peligrosos por su inflamabilidad. Por tanto es deseable que los refrigerantes sean no inflamables, no explosivos y no tóxicos.

En cuanto a la seguridad de los refrigerantes, los clasificamos en tres grupos, que indicamos en la siguiente tabla.

| Grupo | Características |
|---------------------------|---|
| Primero (alta seguridad) | No combustibles. Acción tóxica ligera o nula. |
| Segundo (media seguridad) | Mezcla combustible a un 3,5 % de volumen. Acción tóxica o corrosiva. |
| Tercero (baja seguridad) | Mezcla combustible a menos del 3,5 % en volumen. |

Tabla 1.1.2. Clasificación de los refrigerantes según seguridad.

1.2. Refrigerantes orgánicos puros.

La mayoría de los refrigerantes orgánicos utilizados en la actualidad son hidrocarburos entre los que tenemos los siguientes tipos:

- **CFC** (Flúor, Carbono, Cloro)

Clorofluorocarbonado totalmente halogenado, no contiene hidrógeno en su molécula química y por lo tanto es muy estable, esta estabilidad hace que

permanezca durante largo tiempo en la atmósfera, afectando a la capa de ozono y es una de las causas del efecto invernadero (R-11, R-12, R-115). Su fabricación está prohibida desde 1995. Son los que presentan mayor capacidad de destrucción de la capa de ozono.

Los CFC, desarrollados hace más de 60 años, reemplazaron al amoníaco y los hidrocarburos gracias a sus propiedades tales como baja toxicidad, no flameabilidad, su no corrosividad y su excelente compatibilidad con otros materiales. Además los CFC ofrecen propiedades termodinámicas y físicas que los hacen ideales para muchos usos, como agentes espumantes en la manufactura de aislantes, empaques, agentes limpiadores de metales y componentes electrónicos.

- **HCFC** (Hidrógeno, Flúor, Carbono)

Son gases refrigerantes cuyas moléculas contiene átomos de hidrógeno, cloro, flúor y carbono.

Debido a su bajo contenido en cloro y la presencia de átomos de hidrógeno, los HCFC poseen un potencial reducido de destrucción de la capa de ozono (ODP).

En este grupo se encuentra el R-22 y una serie de mezclas ternarias que con la base del R-22, servirán para la fabricación de alternativas a los CFC, a la par que manteniendo los equipos existentes.

Los HCFC más utilizados son el R-22, R-141b, DI- 36, DI-44, R-403B, R-408A, R-401A, R-401B, R-402A, R-402B y el R-409A.

- **HFC** (Hidrógeno, Flúor, Carbono)

Es un fluorocarbono sin cloro y átomos de hidrógeno sin potencial destructor de la capa de hidrógeno (ODP).

Los HFC más utilizados y considerados como gases definitivos son el R- 134a, R-413A, R-404A, R-507, R-407C, R-417A y el R-410.

- **HC** (Hidrógeno, Carbono)

Hidrocarburos no halogenados, compuestos únicamente por hidrógeno y carbono. Destacan por su buen comportamiento medioambiental y presentan como principal inconveniente su carácter inflamable. Los más utilizados son el propano (R-290), el butano (R-600) y el isobutano (R-600A).

1.3. Mezclas zeotrópicas (Refrigerantes orgánicos).

Se llama así a las mezclas formadas por dos o más componentes (refrigerantes puros) de diferente volatilidad. Cuando estas mezclas se evaporan o se condensan en un sistema de refrigeración, su composición y su temperatura de saturación cambian.

Al entrar en ebullición esta mezcla en un evaporador, la composición del líquido remanente cambia. Esto es, al comenzar la ebullición del líquido, se evapora un porcentaje más elevado del componente más volátil. Por lo tanto, conforme continúa la ebullición de la mezcla, el líquido remanente tiene menor concentración del componente más volátil. El cambio de composición del líquido, da como resultado un cambio en el punto de ebullición. La temperatura a la cual empieza a hervir el líquido, se le conoce como punto de burbuja.

La temperatura a la cual se evapora la última gota de líquido (vapor saturado), se le llama punto de rocío. A una misma presión, la temperatura del punto de burbuja es más baja que la del punto de rocío para cualquier mezcla zeotrópica. A este fenómeno se le conoce como “deslizamiento de temperatura”.

Este deslizamiento de temperatura también ocurre en el condensador, pero aquí, la temperatura de condensación disminuye en lugar de aumentar. El inicio de la condensación es su punto de rocío, y cuando todo el vapor se ha condensado corresponde al punto de burbuja.

Un ejemplo de este fenómeno es el R-401A, que es una mezcla zeotrópica formada por R-22 (53%), R-152a (13%) y R-124 (34%).

El deslizamiento de temperatura puede variar, dependiendo de la mezcla, desde 1 °C o 2°C hasta varias decenas. Cuando una mezcla tiene un deslizamiento

menor, que no conduce a errores consecuentes en el cálculo para una aplicación en un sistema de refrigeración, se le llama “mezcla casi azeotrópica”.

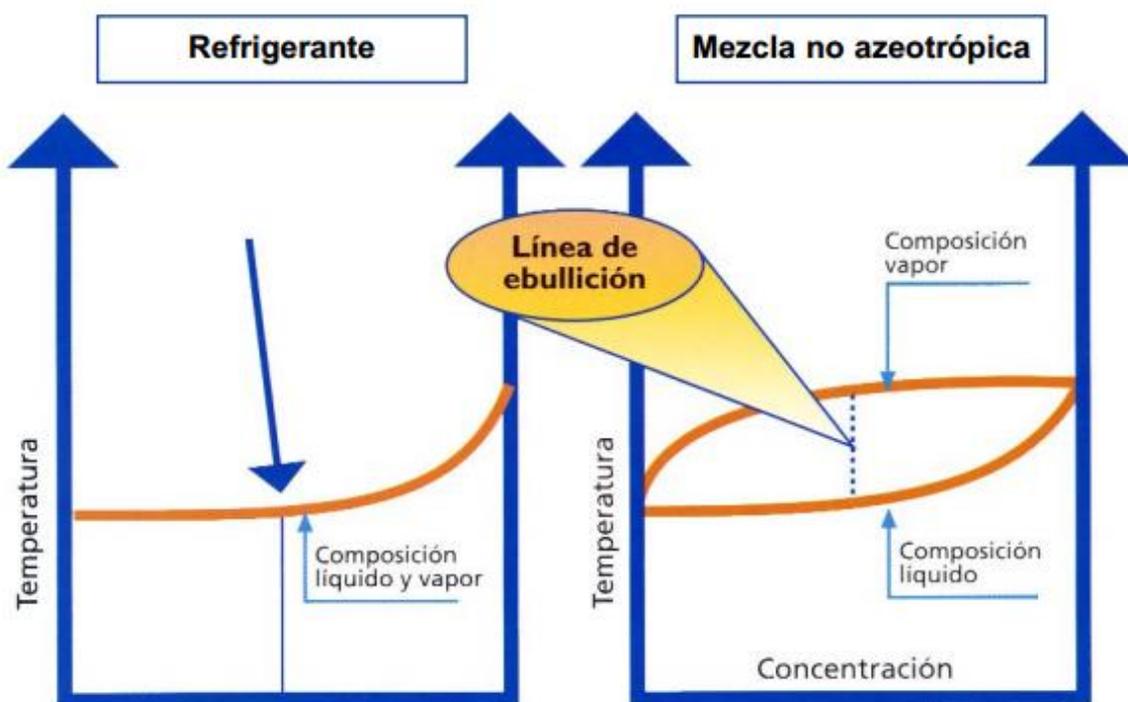


Figura 1.3.1. Comportamiento mezcla azeotrópica.

1.4. Mezclas azeotrópicas (Refrigerantes orgánicos).

Se llama así a las mezclas de dos o más componentes de diferente volatilidad, las cuales, al ser utilizadas en un sistema de refrigeración, no cambian su composición ni su temperatura de saturación al entrar en ebullición.

La composición del líquido es la misma que la del vapor.

Al combinar los componentes, la mezcla resultante se comporta como si fuera un solo refrigerante puro, con una sola temperatura de saturación correspondiente a una presión dada.

Generalmente el punto de ebullición resultante de una mezcla azeotrópica, es menor o igual que el del componente con el punto de ebullición más bajo.

1.5. Refrigerantes a analizar.

Para nuestra instalación seleccionaremos el refrigerante que mejor se adapte y mejores características tenga de entre los siguientes: R-404A, R-410A, R-507A, R-407C.

- R-404A

Es una mezcla ternaria no azeotrópica compuesta por R-125, R-143A y R-134a. Su principal aplicación son las instalaciones nuevas para bajas y medias temperaturas. Se destina a las instalaciones nuevas, reemplazando al R-502 cuya fabricación cesó en 1995. Es también un serio candidato para reemplazar al R-22. Es un gas incoloro comúnmente utilizado en las instalaciones de refrigeración de compresión simple, de congelación y otras aplicaciones a temperaturas de evaporación comprendidas entre -45,0 °C y +10,0 °C.

El R-404A se caracteriza por su notable estabilidad química y de un bajo deslizamiento de temperatura (Glide), de 0,7 °C. Es muy poco tóxico incluso con exposiciones de tiempo prolongadas con un AEL (Allowable Exposure Limit) de 1000 ppm (8horas TWA). Los vapores, en caso de fuga, tienden a acumularse a nivel del suelo.

- R-507A

Es una mezcla azeotrópica compuesta por R-125 y R-143a. Sus características termodinámicas lo constituyen como el sustituto ideal del R-502 para el sector de la refrigeración, en baja y media temperatura. Se caracteriza por su estabilidad química, sus buenas propiedades termodinámicas y su baja toxicidad. Tiene un valor AEL (Allowable Exposure Limit) de 1000 ppm (8 horas, TWA).

Los refrigerantes R-404A y R-507A son ampliamente conocidos por los profesionales del frío. Sus características y manipulación no ofrecen ya secretos y pueden sustituir al R-22 en un amplio abanico de aplicaciones.

- R-407C

Es una mezcla no azeotrópica de refrigerantes HFC que contiene R-32, R-125 y R-134a, que cuenta con una temperatura de deslizamiento de 7,2 °C.

Tiene un índice de destrucción de la capa de ozono (ODP) igual a cero. Ha sido diseñado para simular cercanamente las propiedades del R-22, y es utilizado en múltiples aplicaciones de aire acondicionado y refrigeración en equipo nuevo o como fluido para sustituir.

- R410A

Es un gas HFC que se compone de una mezcla de R-32 y R-125. Es una mezcla casi azeotrópica que presenta un bajo deslizamiento de temperatura (Glide) de 0,1 °C. No es inflamable, explosivo ni tóxico.

Tiene un ODP igual a cero y su GWP (Global Warming Potential) es de 2088.

Supera en un 30% al R-22 en potencia de refrigeración y tiene mayor densidad de tamaño, lo que reduce el tamaño de las instalaciones, componentes y es más eficiente energéticamente, 10 – 20% mayor. Presenta menor temperatura de descarga.

1.5.1. Comparación de las propiedades de los refrigerantes

| Propiedades físicas | Unidades | R-404A | R-407C | R-507A | R-410A |
|------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| Peso molecular | g/mol | 97,61 | 86,2 | 98,90 | 72,60 |
| Tª de ebullición a 1,013 bar | °C | -46,45 | -43,50 | -46,70 | -51,58 |
| Temperatura crítica | °C | 72,07 | 86,74 | 70,9 | 72,13 |
| Deslizamiento (Glide) | °C | 0,70 | 7,20 | 0,0 | 0,10 |
| Presión crítica | bar abs | 37,31 | 46,2 | 37,90 | 49,26 |
| Densidad crítica | kg/m ³ | 484 | 527 | 500 | 488,90 |
| Densidad de | kg/m ³ | 1048 | 1134 | 1050 | 1062 |

| | | | | | |
|--|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| líquido (25 °C) | | | | | |
| Densidad de líquido (-25 °C) | kg/m ³ | 1236 | 1325 | 1248 | 1273 |
| Densidad de vapor saturado (1,013 bar) | kg/m ³ | 5,41 | 4,60 | 5,50 | 4,12 |
| Presión de vapor (25 °C) | bar abs | 12,42 | 11,74 | 12,74 | 16,5 |
| Presión de vapor (-25 °C) | bar abs | 2,49 | 2,23 | 2,58 | 3,30 |
| Calor latente de vaporización (1,013 bar) | kJ/kg | 200 | 245 | 200 | 276 |
| Calor específico líquido (25 °C, 1,013 bar) | kJ/kg ·K | 1,64 | 1,54 | 1,65 | 1,84 |
| Calor específica vapor (25°C, 1,013 bar) | kJ/kg ·K | 0,88 | 0,83 | 0,87 | 0,83 |
| Conductibilidad térmica líquido (25 °C) | W/m ·K | 0,064 | 0,082 | 0,063 | 0,088 |
| Conductibilidad térmica vapor (1,013 bar) | W/m ·K | 0,0143 | 0,0131 | 0,0141 | 0,013 |
| Solubilidad con el agua (25 °C) | ppm | Despreciable | Despreciable | Despreciable | Despreciable |
| Límite de inflamabilidad en aire a 1,013 bar | % vol | Ninguno | Ninguno | Ninguno | Ninguno |
| Toxicidad (AEL) | ppm | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| ODP | - | 0 | 0 | 0 | 0 |
| GWP | - | 3922 | 1774 | 3985 | 2088 |

Tabla 1.5.1.1. Propiedades de los refrigerantes.

1.5.2. Normativa sobre gases refrigerantes.

A la hora de seleccionar el refrigerante debemos tener en cuenta los aspectos referentes a la normativa sobre gases fluorados de efecto invernadero, la cual resultó modificada por El Parlamento Europeo el 7/11/2012 en Bruselas.

Según la modificación realizada a dicha normativa, se imponen los siguientes puntos:

- A partir de 1/1/2015 estará prohibido fabricar frigoríficos y congeladores domésticos que contengan HFC cuyo GWP sea mayor de 150.
- A partir del 1/1/2017 estará prohibida la precarga con HFC de equipos de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor, excepto los sistemas herméticos.
- A partir del 1/1/2017 estará prohibido fabricar frigoríficos y congeladores compactos para aplicaciones comerciales, que contengan gases HFC cuyo GWP sea mayor de 2500.
- A partir del 1/1/2020 estará prohibido fabricar frigoríficos y congeladores compactos para aplicaciones comerciales que contengan gases HFC cuyo GWP sea mayor de 150.
- A partir del 1/1/2020 estará prohibido fabricar sistemas de aire acondicionado móviles para habitación, que contengan gases HFC cuyo GWP sea mayor de 150.
- A partir del año 2020 se prohíbe la utilización de refrigerantes cuyo GWP sea mayor de 2500 para el mantenimiento de instalaciones frigoríficas con carga superior a 5 toneladas de CO₂ equivalente.

2. ESTUDIO DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN.

2.1. Ciclo de refrigeración tipo.

A continuación vamos a establecer los puntos de un ciclo tipo, el cual usaremos para comparar los diferentes refrigerantes y así mediante el programa EES, obtener las propiedades de los fluidos y los parámetros característicos del ciclo.

A continuación representamos dos diagramas, uno con un ciclo P-h (figura 2.1.1.1) y otro con un ciclo T-s (figura 2.1.2.1).

2.1.1. Ciclo P-h tipo.

Trazamos el ciclo P-h tipo para el fluido refrigerante tipo (R-507A).

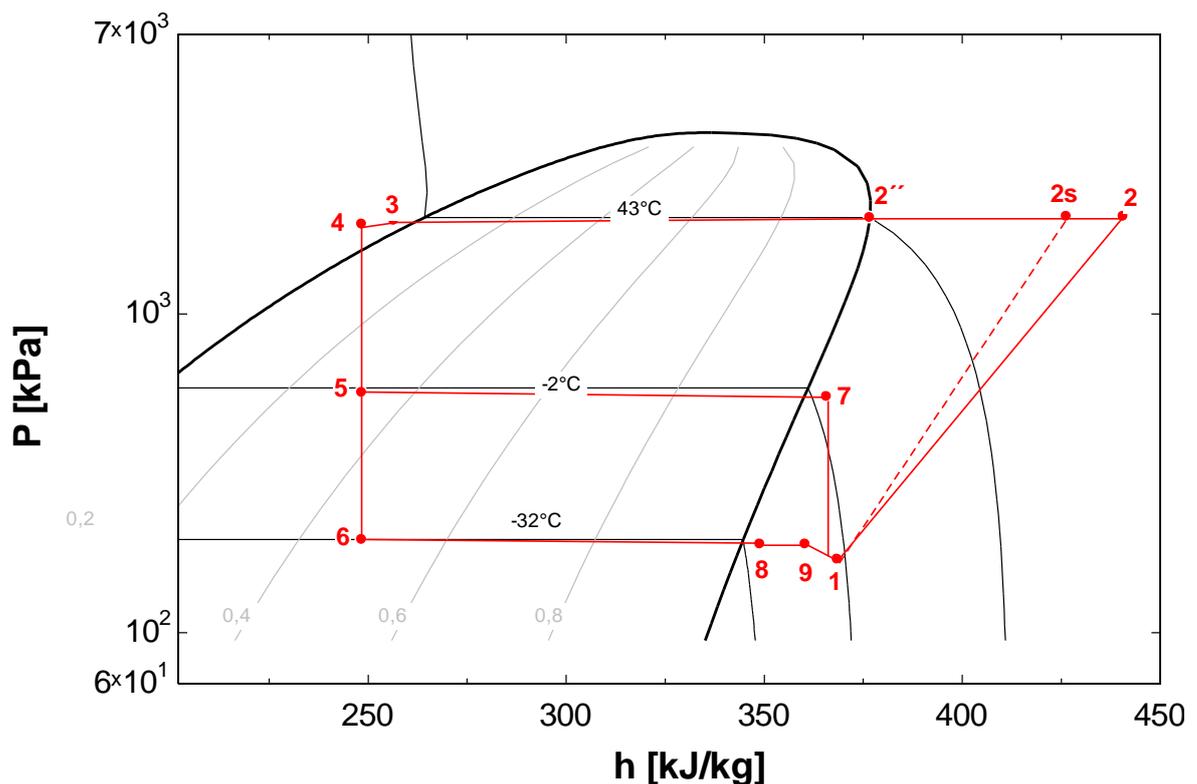


Figura 2.1.1.1. Ciclo P-h tipo.

2.1.2. Ciclo T-s tipo.

Trazaremos el ciclo T-s tipo para el fluido refrigerante tipo (R-507A).

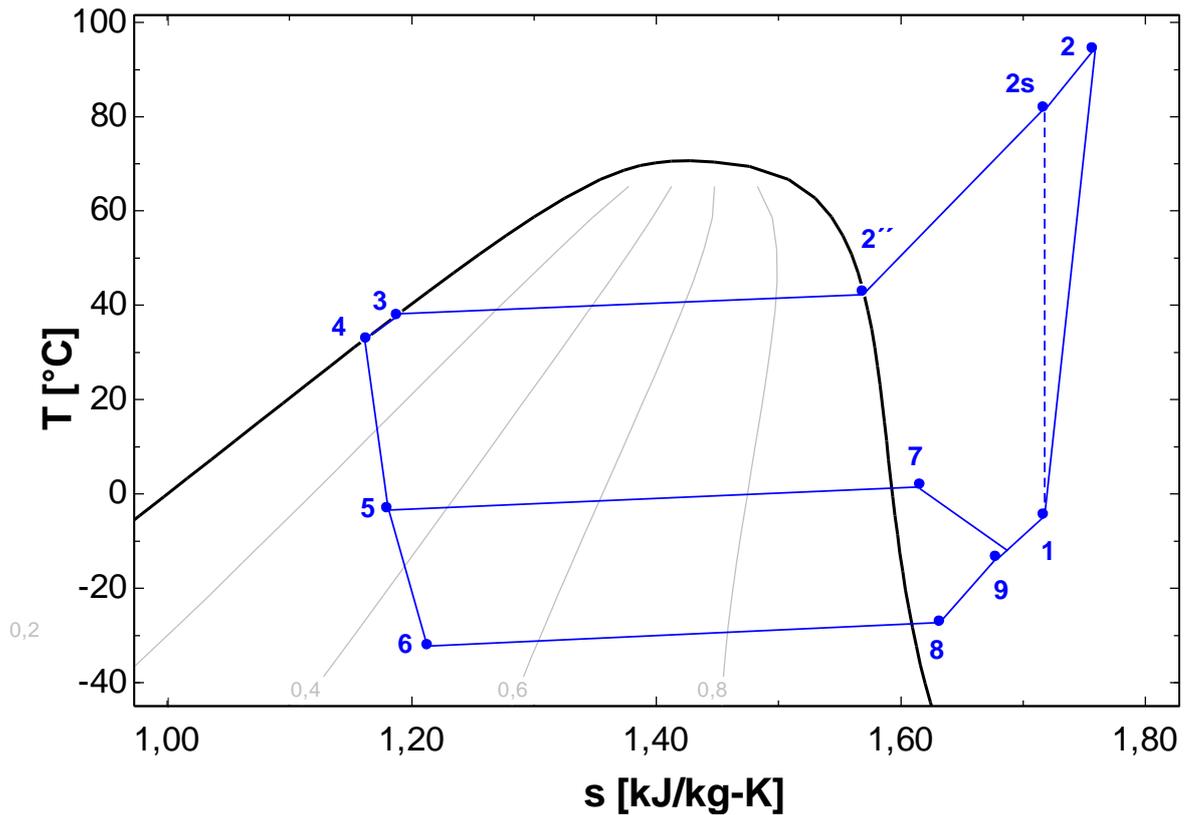


Figura 2.1.2.1. Ciclo T-s tipo.

2.2. Puntos característicos a lo largo del ciclo de refrigeración.

Los puntos que a continuación indicaremos se corresponderán para todos los refrigerantes variando en ellos solamente el fluido frigorígeno.

| Punto | Descripción |
|-------|---|
| 1 | Aspiración del compresor |
| 2s | Descarga isoentrópica del compresor |
| 2 | Descarga real del compresor (Rendimiento isoentrópico 0,8) |
| 2'' | Entrada al condensador (Punto de rocío) |
| 3 | Salida del condensador |
| 4 | Líquido subenfriado a su paso por el intercambiador de aspiración |
| 5 | Entrada a los evaporadores de alta |
| 6 | Entrada a los evaporadores de baja |
| 7 | Salida de los evaporadores de alta con recalentamiento |
| 8 | Salida de los evaporadores de baja con recalentamiento |
| 9 | Punto de encuentro de los caudales de los evaporadores de alta y baja |

Tabla 2.2.1. Puntos característicos de los ciclos.

2.3. Caídas de presión a lo largo del ciclo de refrigeración.

2.3.1. Línea de aspiración.

La pérdida de presión se produce como consecuencia del rozamiento del gas con las paredes del tubo y provoca una disminución de la densidad del refrigerante y, por tanto, una reducción de la capacidad del sistema.

Para conseguir un rendimiento aceptable se debe seleccionar una tubería, que para la longitud deseada, origine una caída de presión inferior a 20 kPa.

Esta pérdida de presión aumenta con la longitud de la línea y es mayor cuanto más pequeño sea su diámetro.

2.3.2. Línea de descarga.

En las líneas de descarga no es tan crítica la caída de presión como en las de aspiración, por lo que podrían aceptarse hasta 40 kPa.

Sin embargo, desde el punto de vista del rendimiento frigorífico de la instalación, es deseable la mínima pérdida posible, por lo que se limita, también en este caso a 20 kPa.

2.3.3. Línea de líquido.

La pérdida de presión en la línea de líquido no puede superar los 68 kPa.

2.3.4. Pérdidas admisibles en la instalación.

Dado que debemos seleccionar para nuestra instalación el refrigerante que mejor se adapte a nuestras necesidades y el que mayor rendimiento y características adecuadas tenga, vamos a establecer las caídas de presión a lo largo de las líneas del ciclo para así poder representar los diferentes ciclos y escoger el refrigerante que mejor rendimiento tenga. Estas caídas de presión se producen por el roce de los fluidos contra las tuberías y elementos singulares de esta.

En la siguiente tabla estableceremos unas pérdidas basadas en las anteriormente especificadas como máximas admisibles para los diferentes tramos de tubería y elementos singulares en kPa o %.

| Tramo de tubería | Pérdida de carga |
|---------------------|------------------|
| Línea de aspiración | 20 kPa |
| Línea de descarga | 20 kPa |
| Línea de líquido | 50 kPa |
| Evaporadores | 3 % (estimada) |
| Condensador | 2 % (estimada) |

Tabla 2.3.4.1. Caídas de presión a lo largo del ciclo frigorífico.

2.4. Temperaturas de diseño.

Para el diseño del ciclo frigorífico debemos establecer unas temperaturas tanto en los evaporadores, como en el condensador.

2.4.1. Evaporadores de alta.

Las cámaras de alta tienen que mantenerse a una temperatura de 2°C. Para que esta temperatura se mantenga es necesario que el fluido refrigerante que circule por los evaporadores se encuentre a una temperatura menor que la de la cámara.

La diferencia entre la temperatura del ambiente de la cámara y la de expansión del fluido frigorígeno en el evaporador se denomina “salto térmico” (Δt).

El salto térmico será un factor importante a tener en cuenta según la humedad relativa de la cámara, ya que un mayor salto reducirá la humedad del ambiente pudiendo producir que el producto no se conserve adecuadamente.

Para las cámaras de conservación sería deseable que el salto térmico este entre 5 – 6 °C, para que la humedad relativa no descienda demasiado.

Para las cámaras de conservación, establecemos un salto térmico de 5 °C.

2.4.2. Evaporadores de baja.

Dado que las cámaras de baja se deben mantener a una temperatura de 25 °C, el fluido frigorígeno de la instalación se debe evaporar por debajo de esta temperatura.

Dado que el fluido a el cual va a enfriar el evaporador es aire y que los evaporadores que vamos a seleccionar son de convección forzada, el salto térmico debe de estar entre los 5 – 8 °C.

Para las cámaras de congelación establecemos un salto térmico 7 °C.

2.4.3. Tabla evaporadores.

| Tipo de cámara | ΔT | Temperatura de la cámara | Temperatura del fluido frigorígeno |
|----------------|------------|--------------------------|------------------------------------|
| Conservación | 5 °C | 2 °C | -3 °C |
| Congelación | 7 °C | -25 °C | -32 °C |

Tabla 2.4.3.1. Salto térmico en los evaporadores.

2.4.4. Condensador.

La temperatura de condensación del fluido nos viene determinada como la máxima posible a 43 °C (temperatura de proyecto).

2.5. Parámetros característicos de la instalación.

Dado que vamos a analizar el comportamiento de distintos refrigerantes, definiremos primero los parámetro característicos de la instalación. Estos serán los que tendremos en cuenta para la selección del fluido refrigerante.

2.5.1. COP de Carnot.

Compara el rendimiento de la instalación ideal.

$$\text{COP}_c = \frac{T_f}{T_c - T_f} \quad \text{Ec (2.5.1.1)}$$

En la cual:

T_f = Temperatura del foco frío de la máquina, en K.

T_c = Temperatura del foco caliente de la máquina, en K.

2.5.2. COP de la instalación.

Compara los kW de calor absorbido en los evaporadores, con los kW suministrados al compresor para dicha potencia frigorífica.

$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_{\text{et}}}{\text{Pot}_{\text{ind}}} \quad \text{Ec (2.5.2.1)}$$

$$\dot{Q}_{\text{et}} = \dot{Q}_{\text{ev}} + \dot{Q}_{\text{ep}} + \dot{Q}_{\text{ec}} + \dot{Q}_{\text{ea}} \quad \text{Ec (2.5.2.2)}$$

$$\text{Pot}_{\text{ind}} = \dot{m}_t \cdot (h_2 - h_1) \quad \text{Ec (2.5.2.3)}$$

Donde:

\dot{Q}_{et} = Potencia frigorífica en los evaporadores, en kW.

Pot_{ind} = Potencia consumida por el compresor para la masa de refrigerante circulante, en kW.

\dot{Q}_{ev} = Potencia frigorífica del evaporador de la cámara de vegetales, en kW.

\dot{Q}_{ep} = Potencia frigorífica del evaporador de la cámara de pescados, en kW.

\dot{Q}_{ec} = Potencia frigorífica del evaporador de la cámara de carnes, en kW.

\dot{Q}_{ea} = Potencia frigorífica del evaporador de la antecámara, en kW.

\dot{m}_t = Masa total de refrigerante circulante por la instalación, en kg/s.

h_2 = Entalpía del punto de descarga real del compresor, en kJ/kg.

h_1 = Entalpía del punto de aspiración del compresor, en kJ/kg.

2.5.3. Potencia calorífica en el condensador.

Es el calor extraído por el agua de refrigeración al condensador expresado en términos de potencia, en kW.

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = \dot{m}_t \cdot (h_3 - h_2) \quad \text{Ec (2.5.3.1)}$$

Donde:

h_3 = Entalpía del fluido frigorígeno a la salida del condensador, en kJ/kg.

h_2 = Entalpía del fluido frigorígeno en la descarga real del compresor, en kJ/kg.

2.5.4. Volumen de aspiración del compresor.

Es el volumen de refrigerante en la aspiración del compresor, en m³/h .

$$\dot{V}_{\text{asp}} = \dot{m}_t \cdot v_1 \cdot 3600 \quad \text{Ec (2.5.4.1)}$$

Donde:

\dot{m}_t = Masa total de refrigerante circulante por la instalación, en kg/s.

v_1 = Volumen específico del refrigerante en la aspiración, en m³/kg .

2.5.5. Potencia del motor eléctrico del compresor.

Es la potencia del motor eléctrico que va a mover el compresor.

$$\dot{P}_{\text{mot}} = \frac{\dot{P}_{\text{ind}}}{\text{Rend}_{\text{mec}} \cdot \text{Rend}_{\text{elec}}} \quad \text{Ec (2.5.5.1)}$$

Donde:

\dot{P}_{ind} = Potencia consumida por el compresor para la masa de refrigerante circulante, en kW.

Rend_{mec} = Rendimiento mecánico del compresor.

$\text{Rend}_{\text{elec}}$ = Rendimiento eléctrico del motor.

2.6. Programa tipo en EES.

A continuación mostramos una tabla con los cálculos realizados en el EES. Para esto utilizaremos un refrigerante tipo, el cual supondremos R-507A al igual que en los gráficos P-h y T-s tipo (ver 2.1.1.1 y 2.1.2.1).

| |
|--|
| Datos |
| Rend.is=0,8 |
| Rend.vol=0,8 |
| Rend.mec=0,9 |
| Rend.elec=0,9 |
| Tcond=43 |
| Tevap1=-3 |
| Tevap2=-32 |
| Qev=3,232 |
| Qep=1,105 |
| Qec=Qep |
| Qea=2,252 |
| Qet=Qev+Qep+Qec+Qea |
| Sub.cond=5 |
| Sub.int=5 |
| Sob=5 |
| Cp.desc=20 |
| Cp.asp=20 |
| Cp.liq=50 |
| |
| Puntos característicos del ciclo de refrigeración |
| Punto 2s |
| s2s=s1 |
| P2s=P2''+Cp.desc |
| h2s=enthalpy(R507A;P=P2s;s=s2s) |
| v2s=volume(R507A;P=P2s;s=s2s) |
| T2s=temperature(R507A;P=P2s;s=s2s) |
| |
| Punto 2 |
| P2=P2s |
| h2=(h2s-h1+Rend.is*h1)/Rend.is |
| s2=entropy(R507A;P=P2;h=h2) |
| v2=volume(R507A;P=P2;h=h2) |
| T2=temperature(R507A;P=P2;h=h2) |
| |
| Punto 2'' |

| |
|---|
| $P2'' = \text{pressure}(R507A; T=T_{\text{cond}}; X=1)$ |
| $h2'' = \text{enthalpy}(R507A; P=P2''; X=1)$ |
| $s2'' = \text{entropy}(R507A; P=P2''; X=1)$ |
| $v2'' = \text{volume}(R507A; P=P2''; X=1)$ |
| $T2'' = \text{temperature}(R507A; P=P2''; X=1)$ |
| |
| Punto 3 |
| $T3 = T_{\text{cond}} - \text{Sub.cond}$ |
| $P3 = P2'' - (P2'' * (2/100))$ |
| $h3 = \text{enthalpy}(R507A; P=P3; T=T3)$ |
| $s3 = \text{entropy}(R507A; P=P3; T=T3)$ |
| $v3 = \text{volume}(R507A; P=P3; T=T3)$ |
| |
| Punto 4 |
| $P4 = P3 - \text{Cp.liq}$ |
| $T4 = T3 - \text{Sub.int}$ |
| $h4 = \text{enthalpy}(R507A; P=P4; T=T4)$ |
| $s4 = \text{entropy}(R507A; P=P4; T=T4)$ |
| $v4 = \text{volume}(R507A; P=P4; T=T4)$ |
| |
| Punto 5 |
| $T5 = T_{\text{evap1}}$ |
| $h_{\text{ls.alta}} = \text{enthalpy}(R507A; T=T5; X=0)$ |
| $h_{\text{vs.alta}} = \text{enthalpy}(R507A; T=T5; X=1)$ |
| $h5 = h4$ |
| $s5 = \text{entropy}(R507A; T=T5; h=h5)$ |
| $X5 = (h5 - h_{\text{ls.alta}}) / (h_{\text{vs.alta}} - h_{\text{ls.alta}})$ |
| $v5 = \text{volume}(R507A; T=T5; h=h5)$ |
| $P5 = \text{pressure}(R507A; T=T5; h=h5)$ |
| |
| Punto 6 |
| $T6 = T_{\text{evap2}}$ |
| $h_{\text{ls.baixa}} = \text{enthalpy}(R507A; T=T6; X=0)$ |
| $h_{\text{vs.baixa}} = \text{enthalpy}(R507A; T=T6; X=1)$ |
| $h6 = h4$ |
| $s6 = \text{entropy}(R507A; T=T6; h=h6)$ |
| $X6 = (h6 - h_{\text{ls.baixa}}) / (h_{\text{vs.baixa}} - h_{\text{ls.baixa}})$ |
| $v6 = \text{volume}(R507A; T=T6; h=h6)$ |
| $P6 = \text{pressure}(R507A; T=T6; h=h6)$ |
| |
| Punto 7 |
| $P7 = P5 - (P5 * (3/100))$ |
| $T7 = T_{\text{evap1}} + \text{Sob}$ |
| $h7 = \text{enthalpy}(R507A; P=P7; T=T7)$ |
| $s7 = \text{entropy}(R507A; P=P7; T=T7)$ |

| |
|--|
| $v7=\text{volume}(\text{R507A};P=P7;T=T7)$ |
| |
| Punto 8 |
| $P8=P6-(P6*(3/100))$ |
| $T8=\text{Tevap2}+\text{Sob}$ |
| $h8=\text{enthalpy}(\text{R507A};P=P8;T=T8)$ |
| $s8=\text{entropy}(\text{R507A};P=P8;T=T8)$ |
| $v8=\text{volume}(\text{R507A};P=P8;T=T8)$ |
| |
| Punto 9 |
| $P9=P8$ |
| $T9=\text{temperature}(\text{R507A};P=P9;h=h9)$ |
| $s9=\text{entropy}(\text{R507A};P=P9;h=h9)$ |
| |
| Calculamos los caudales de refrigerante para saber h9 |
| $m_v=Q_{ev}/(h_7-h_5)$ |
| $m_a=Q_{ea}/(h_7-h_5)$ |
| $m_p=Q_{ep}/(h_8-h_6)$ |
| $m_c=Q_{ec}/(h_8-h_6)$ |
| |
| Realizamos un balance de energía |
| $m_t=m_v+m_a+m_p+m_c$ |
| $h_9=(m_a*h_7+m_v*h_7+m_p*h_8+m_c*h_8)/m_t$ |
| |
| Punto 1 |
| $P1=P9-\text{Cp.asp}$ |
| $h1=h_9+h_3-h_4$ |
| $T1=\text{temperature}(\text{R507A};P=P1;h=h1)$ |
| $s1=\text{entropy}(\text{R507A};P=P1;h=h1)$ |
| $v1=\text{volume}(\text{R507A};P=P1;h=h1)$ |
| |
| Parámetros característicos del ciclo |
| Potencia indicada compresor |
| $\text{Pot.ind}=m_t*(h_2-h_1)$ |
| |
| Potencia efectiva compresor |
| $\text{Pot.e}=\text{Pot.ind}/\text{Rend.mec}$ |
| |
| Potencia motor |
| $\text{Pot.mot}=\text{Pot.ind}/(\text{Rend.mec}*\text{Rend.elec})$ |
| |
| Caudal volumétrico aspirado por el compresor |
| $V_{asp}=(m_t*v_1)*3600$ |
| |
| Caudal volumétrico desplazado por el compresor |

| |
|--|
| $V_{cil} = V_{asp} / \text{Rend.vol}$ |
| Calor cedido en el condensador |
| $Q_{cond} = m \cdot t \cdot (h_2 - h_3)$ |
| COP Carnot |
| $T_{em} = (T_{evap1} + T_{evap2}) / 2$ |
| $COP_c = (T_{em} + 273) / ((T_{cond} + 273) - (T_{em} + 273))$ |
| Trabajo específico compresor |
| $w_c = (h_2 - h_1)$ |
| COP |
| $COP = Q_{et} / \text{Pot.ind}$ |

Tabla 2.6.1. Cálculos en EES.

2.7. Propiedades de los gases en los puntos principales del ciclo a Tª de condensación de 43 °C.

A continuación mostramos las propiedades de los gases a comparar, en los distintos puntos del ciclo a la temperatura de condensación de proyecto (43 °C).

| Punto | Propiedad | Fluido refrigerante | | | |
|---------|----------------------|---------------------|--------|--------|--------|
| | | R-507A | R-410A | R-407C | R-404A |
| Punto 1 | Temperatura (°C) | -4,306 | -6,428 | 28,4 | -4,298 |
| | Presión (kPa) | 170,1 | 220,9 | 129,3 | 163,1 |
| | Entalpía (kJ/kg) | 368,5 | 431,6 | 441,5 | 372,1 |
| | Entropía (kJ/kg · K) | 1,717 | 1,982 | 2,005 | 1,733 |
| | Vol.espec. (m³/kg) | 0,1274 | 0,1321 | 0,2205 | 0,1348 |

| Punto | Propiedad | Fluido refrigerante | | | |
|----------|----------------------|---------------------|---------|---------|--------|
| | | R-507A | R-410A | R-407C | R-404A |
| Punto 2s | Temperatura (°C) | 81,98 | 113,3 | 131,8 | 82,7 |
| | Presión (kPa) | 2026 | 2620 | 1685 | 1970 |
| | Entalpía (kJ/kg) | 426,3 | 515,5 | 524,3 | 431,2 |
| | Entropía (kJ/kg · K) | 1,717 | 1,982 | 2,005 | 1,733 |
| | Vol.espec. (m³/kg) | 0,0118 | 0,01455 | 0,02109 | 0,0124 |

| Punto | Propiedad | Fluido refrigerante | | | |
|---------|---------------------------------|---------------------|--------|---------|---------|
| | | R-507A | R-410A | R-407C | R-404A |
| Punto 2 | Temperatura (°C) | 94,54 | 132,1 | 150,8 | 95,52 |
| | Presión (kPa) | 2026 | 2620 | 1685 | 1970 |
| | Entalpía (kJ/kg) | 440,7 | 536,4 | 545 | 446 |
| | Entropía (kJ/kg ·K) | 1,757 | 2,035 | 2,055 | 1,773 |
| | Vol.espec. (m ³ /kg) | 0,01264 | 0,0157 | 0,02245 | 0,01328 |

| Punto | Propiedad | Fluido refrigerante | | | |
|-----------|---------------------------------|---------------------|----------|---------|----------|
| | | R-507A | R-410A | R-407C | R-404A |
| Punto 2'' | Temperatura (°C) | 43 | 43 | 43 | 43 |
| | Presión (kPa) | 2006 | 2600 | 1665 | 1950 |
| | Entalpía (kJ/kg) | 376,7 | 424,7 | 425 | 380,9 |
| | Entropía (kJ/kg ·K) | 1,569 | 1,722 | 1,728 | 1,583 |
| | Vol.espec. (m ³ /kg) | 0,008543 | 0,008841 | 0,01345 | 0,009008 |

| Punto | Propiedad | Fluido refrigerante | | | |
|---------|---------------------------------|---------------------|----------|----------|----------|
| | | R-507A | R-410A | R-407C | R-404A |
| Punto 3 | Temperatura (°C) | 38 | 38 | 38 | 38 |
| | Presión (kPa) | 1966 | 2548 | 1632 | 1911 |
| | Entalpía (kJ/kg) | 256,6 | 262,4 | 284,5 | 256,9 |
| | Entropía (kJ/kg ·K) | 1,188 | 1,208 | 1,28 | 1,19 |
| | Vol.espec. (m ³ /kg) | 0,00102 | 0,001008 | 0,003303 | 0,001024 |

| Punto | Propiedad | Fluido refrigerante | | | |
|---------|---------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | R-507A | R-410A | R-407C | R-404A |
| Punto 4 | Temperatura (°C) | 33 | 33 | 33 | 33 |
| | Presión (kPa) | 1916 | 2498 | 1582 | 1861 |
| | Entalpía (kJ/kg) | 248,5 | 253,3 | 249,1 | 248,8 |
| | Entropía (kJ/kg ·K) | 1,163 | 1,178 | 1,167 | 1,165 |
| | Vol.espec. (m ³ /kg) | 0,0009913 | 0,0009779 | 0,0009069 | 0,0009959 |

| Punto | Propiedad | Fluido refrigerante | | | |
|---------|---------------------------------|---------------------|----------|---------|---------|
| | | R-507A | R-410A | R-407C | R-404A |
| Punto 5 | Temperatura (°C) | -3 | -3 | -3 | -3 |
| | Presión (kPa) | 567,2 | 726,2 | 489,3 | 551,4 |
| | Entalpía (kJ/kg) | 248,5 | 253,3 | 249,1 | 248,8 |
| | Entropía (kJ/kg ·K) | 1,18 | 1,197 | 1,185 | 1,181 |
| | Vol.espec. (m ³ /kg) | 0,1147 | 0,009886 | 0,01477 | 0,01196 |

| Punto | Propiedad | Fluido refrigerante | | | |
|---------|---------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|
| | | R-507A | R-410A | R-407C | R-404A |
| Punto 6 | Temperatura (°C) | -32 | -32 | -32 | -32 |
| | Presión (kPa) | 196 | 248,4 | 153,9 | 188,8 |
| | Entalpía (kJ/kg) | 248,5 | 253,3 | 249,1 | 352,5 |
| | Entropía (kJ/kg ·K) | 1,213 | 1,235 | 1,222 | 1,215 |
| | Vol.espec. (m ³ /kg) | 0,04705 | 0,04058 | 0,06944 | 0,04963 |

| Punto | Propiedad | Fluido refrigerante | | | |
|---------|---------------------------------|---------------------|---------|---------|---------|
| | | R-507A | R-410A | R-407C | R-404A |
| Punto 7 | Temperatura (°C) | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Presión (kPa) | 550,2 | 704,5 | 474,6 | 534,9 |
| | Entalpía (kJ/kg) | 365,8 | 426,4 | 410,9 | 369,4 |
| | Entropía (kJ/kg ·K) | 1,616 | 1,841 | 1,779 | 1,629 |
| | Vol.espec. (m ³ /kg) | 0.03651 | 0,03857 | 0,04966 | 0,03814 |

| Punto | Propiedad | Fluido refrigerante | | | |
|---------|---------------------------------|---------------------|--------|--------|--------|
| | | R-507A | R-410A | R-407C | R-404A |
| Punto 8 | Temperatura (°C) | -27 | -27 | -27 | -27 |
| | Presión (kPa) | 190,1 | 240,9 | 149,3 | 183,1 |
| | Entalpía (kJ/kg) | 349 | 413,6 | 395,5 | 352,5 |
| | Entropía (kJ/kg ·K) | 1,632 | 1,902 | 1,823 | 1,647 |
| | Vol.espec. (m ³ /kg) | 0,1018 | 0,1089 | 0,1508 | 0,1072 |

| Punto | Propiedad | Fluido refrigerante | | | |
|---------|----------------------------------|---------------------|--------|--------|--------|
| | | R-507A | R-410A | R-407C | R-404A |
| Punto 9 | Temperatura (°C) | -13,33 | -16,62 | -13,91 | -13,3 |
| | Presión (kPa) | 190,1 | 240,9 | 149,3 | 183,1 |
| | Entalpía (kJ/kg) | 360,4 | 422,5 | 406,1 | 364 |
| | Entropía (kJ/kg ·K) | 1,678 | 1,938 | 1,865 | 1,693 |
| | Vol.espec.(m ³ /kg) | 0,1089 | 0,1149 | 0,1605 | 0,1147 |

Tabla 2.7.1. Propiedades de los fluidos.

2.8. Parámetros para los diferentes gases.

Mostraremos unas tablas en las cuales se indicarán como varían los parámetros característicos del ciclo según el gas y la temperatura de condensación. Debemos exponer los datos para diferentes temperaturas de condensación ya que los condensadores de los equipos están refrigerados mediante agua de mar y la temperatura de esta varía. Por lo tanto consideraremos la temperatura más elevada permisible de condensación como 43 °C y la más baja 20 °C.

Los cálculos y gráficas los realizamos con el programa EES.

Mostraremos los siguientes parámetros:

| Parámetro | Abreviatura | Unidades |
|-------------------------------|---------------------|--------------------|
| Potencia del compresor | Pot.ind | kW |
| Potencia específica compresor | wc | kJ/kg |
| Potencia motor eléctrico | Pot.mot | kW |
| Volumen de aspiración | Vcil | m ³ /kg |
| Potencia condensación | Qcond | kW |
| Masa de refrigerante | mt | Kg/s |
| Temperatura de condensación | T ^a cond | °C |

Tabla 2.8.1. Unidades y abreviaturas.

- Tabla R – 507A

| R – 507A | | | | | | | | |
|----------|------------|-------|-------|---------|---------|---------|-------|-------|
| Tª cond | COP Carnot | COP | wc | Pot.ind | Pot.mot | mt | Qcond | Vcil |
| 20 | 6,813 | 2,675 | 54,76 | 2,877 | 3,551 | 0,05253 | 10,57 | 30,01 |
| 21 | 6,636 | 2,61 | 55,57 | 2,948 | 3,639 | 0,05305 | 10,64 | 30,31 |
| 22 | 6,468 | 2,548 | 56,37 | 3,02 | 3,729 | 0,05358 | 10,71 | 30,62 |
| 23 | 6,309 | 2,487 | 57,16 | 3,094 | 3,82 | 0,05413 | 10,79 | 30,94 |
| 24 | 6,157 | 2,428 | 57,95 | 3,169 | 3,913 | 0,05468 | 10,86 | 31,26 |
| 25 | 6,012 | 2,37 | 58,74 | 3,246 | 4,007 | 0,05525 | 10,94 | 31,59 |
| 26 | 5,874 | 2,315 | 59,52 | 3,324 | 4,104 | 0,05584 | 11,02 | 31,93 |
| 27 | 5,742 | 2,261 | 60,3 | 3,404 | 4,202 | 0,05644 | 11,1 | 32,28 |
| 28 | 5,615 | 2,208 | 61,08 | 3,485 | 4,302 | 0,05706 | 11,18 | 32,63 |
| 29 | 5,495 | 2,156 | 61,85 | 3,568 | 4,405 | 0,05769 | 11,26 | 33 |
| 30 | 5,379 | 2,106 | 62,61 | 3,653 | 4,51 | 0,05834 | 11,35 | 33,38 |
| 31 | 5,268 | 2,057 | 63,38 | 3,74 | 4,617 | 0,05901 | 11,43 | 33,76 |
| 32 | 5,162 | 2,01 | 64,13 | 3,828 | 4,726 | 0,05969 | 11,52 | 34,16 |
| 33 | 5,059 | 1,963 | 64,89 | 3,919 | 4,838 | 0,0604 | 11,61 | 34,57 |
| 34 | 4,961 | 1,918 | 65,64 | 4,012 | 4,953 | 0,06112 | 11,71 | 34,99 |
| 35 | 4,867 | 1,873 | 66,38 | 4,107 | 5,071 | 0,06187 | 11,8 | 35,42 |
| 36 | 4,776 | 1,83 | 67,12 | 4,205 | 5,191 | 0,06264 | 11,9 | 35,87 |
| 37 | 4,688 | 1,787 | 67,86 | 4,305 | 5,314 | 0,06343 | 12 | 36,33 |
| 38 | 4,604 | 1,746 | 68,6 | 4,407 | 5,441 | 0,06425 | 12,1 | 36,81 |
| 39 | 4,522 | 1,705 | 69,33 | 4,513 | 5,571 | 0,06509 | 12,21 | 37,3 |
| 40 | 4,443 | 1,665 | 70,06 | 4,621 | 5,705 | 0,06596 | 12,32 | 37,8 |

| | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 41 | 4,368 | 1,626 | 70,78 | 4,732 | 5,843 | 0,06686 | 12,43 | 38,33 |
| 42 | 4,294 | 1,587 | 71,5 | 4,847 | 5,984 | 0,06779 | 12,54 | 38,87 |
| 43 | 4,223 | 1,55 | 72,22 | 4,965 | 6,13 | 0,06875 | 12,66 | 39,43 |

Tabla 2.8.2. Variación de los parámetros característicos para el R – 507A.

- **Tabla R – 410A**

| R – 410A | | | | | | | | |
|----------|------------|-------|-------|---------|---------|---------|-------|-------|
| Tª cond | COP Carnot | COP | wc | Pot.ind | Pot.mot | mt | Qcond | Vcil |
| 20 | 6,813 | 2,684 | 77,19 | 2,867 | 3,539 | 0,03714 | 10,56 | 21,93 |
| 21 | 6,636 | 2,621 | 78,43 | 2,935 | 3,624 | 0,03743 | 10,63 | 22,1 |
| 22 | 6,468 | 2,561 | 79,66 | 3,005 | 3,709 | 0,03772 | 10,7 | 22,28 |
| 23 | 6,309 | 2,502 | 80,89 | 3,075 | 3,796 | 0,03801 | 10,77 | 22,46 |
| 24 | 6,157 | 2,445 | 82,12 | 3,146 | 3,884 | 0,03831 | 10,84 | 22,64 |
| 25 | 6,012 | 2,39 | 83,35 | 3,219 | 3,974 | 0,03862 | 10,91 | 22,83 |
| 26 | 5,874 | 2,337 | 84,56 | 3,292 | 4,064 | 0,03893 | 10,99 | 23,02 |
| 27 | 5,742 | 2,285 | 85,78 | 3,367 | 4,157 | 0,03925 | 11,06 | 23,21 |
| 28 | 5,615 | 2,235 | 86,99 | 3,443 | 4,25 | 0,03958 | 11,14 | 23,41 |
| 29 | 5,495 | 2,186 | 88,2 | 3,52 | 4,346 | 0,03991 | 11,21 | 23,61 |
| 30 | 5,379 | 2,138 | 89,41 | 3,599 | 4,443 | 0,04025 | 11,29 | 23,82 |
| 31 | 5,268 | 2,092 | 90,61 | 3,678 | 4,541 | 0,0406 | 11,37 | 24,03 |
| 32 | 5,162 | 2,046 | 91,81 | 3,76 | 4,642 | 0,04095 | 11,45 | 24,25 |
| 33 | 5,059 | 2,002 | 93 | 3,842 | 4,744 | 0,04132 | 11,54 | 24,47 |
| 34 | 4,961 | 1,959 | 94,2 | 3,927 | 4,848 | 0,04169 | 11,62 | 24,7 |
| 35 | 4,867 | 1,918 | 95,39 | 4,012 | 4,954 | 0,04207 | 11,71 | 24,93 |
| 36 | 4,776 | 1,877 | 96,57 | 4,1 | 5,062 | 0,04245 | 11,79 | 25,17 |
| 37 | 4,688 | 1,837 | 97,76 | 4,189 | 5,172 | 0,04285 | 11,88 | 25,41 |
| 38 | 4,604 | 1,798 | 98,94 | 4,28 | 5,284 | 0,04326 | 11,97 | 25,66 |
| 39 | 4,522 | 1,76 | 100,1 | 4,373 | 5,398 | 0,04368 | 12,07 | 25,92 |
| 40 | 4,443 | 1,722 | 101,3 | 4,467 | 5,515 | 0,0441 | 12,16 | 26,18 |

| | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 41 | 4,368 | 1,686 | 102,5 | 4,564 | 5,635 | 0,04454 | 12,26 | 26,45 |
| 42 | 4,294 | 1,65 | 103,6 | 4,663 | 5,757 | 0,04499 | 12,36 | 26,73 |
| 43 | 4,223 | 1,615 | 104,8 | 4,764 | 5,881 | 0,04545 | 12,46 | 27,02 |

Tabla 2.8.3. Variación de los parámetros característicos para el R – 410A.

- **Tabla R – 407C**

| R – 407C | | | | | | | | |
|----------|------------|-------|-------|---------|---------|---------|-------|-------|
| Tª cond | COP Carnot | COP | wc | Pot.ind | Pot.mot | mt | Qcond | Vcil |
| 20 | 6,813 | 2,368 | 80,86 | 3,25 | 4,012 | 0,04019 | 10,94 | 41,55 |
| 21 | 6,636 | 2,316 | 82,06 | 3,323 | 4,102 | 0,04049 | 11,02 | 41,82 |
| 22 | 6,468 | 2,265 | 83,24 | 3,397 | 4,193 | 0,0408 | 11,09 | 42,09 |
| 23 | 6,309 | 2,217 | 84,41 | 3,471 | 4,285 | 0,04112 | 11,16 | 42,37 |
| 24 | 6,157 | 2,17 | 85,55 | 3,545 | 4,377 | 0,04144 | 11,24 | 42,65 |
| 25 | 6,012 | 2,125 | 86,68 | 3,621 | 4,47 | 0,04177 | 11,31 | 42,93 |
| 26 | 5,874 | 2,081 | 87,79 | 3,696 | 4,564 | 0,04211 | 11,39 | 43,21 |
| 27 | 5,742 | 2,039 | 88,88 | 3,773 | 4,658 | 0,04245 | 11,47 | 43,5 |
| 28 | 5,615 | 1,999 | 89,95 | 3,85 | 4,753 | 0,0428 | 11,54 | 43,79 |
| 29 | 5,495 | 1,959 | 91,01 | 3,927 | 4,848 | 0,04315 | 11,62 | 44,08 |
| 30 | 5,379 | 1,921 | 92,04 | 4,005 | 4,944 | 0,04351 | 11,7 | 44,38 |
| 31 | 5,268 | 1,862 | 94,18 | 4,133 | 5,102 | 0,04388 | 11,83 | 45,75 |
| 32 | 5,162 | 1,827 | 95,17 | 4,212 | 5,2 | 0,04426 | 11,91 | 46,06 |
| 33 | 5,059 | 1,793 | 96,14 | 4,292 | 5,299 | 0,04464 | 11,99 | 46,38 |
| 34 | 4,961 | 1,759 | 97,09 | 4,373 | 5,399 | 0,04504 | 12,07 | 46,7 |
| 35 | 4,867 | 1,727 | 98,02 | 4,454 | 5,499 | 0,04544 | 12,15 | 47,02 |
| 36 | 4,776 | 1,696 | 98,93 | 4,536 | 5,6 | 0,04585 | 12,23 | 47,35 |
| 37 | 4,688 | 1,666 | 99,82 | 4,618 | 5,702 | 0,04627 | 12,31 | 47,69 |
| 38 | 4,604 | 1,636 | 100,7 | 4,702 | 5,804 | 0,0467 | 12,4 | 48,02 |
| 39 | 4,522 | 1,608 | 101,5 | 4,785 | 5,908 | 0,04714 | 12,48 | 48,36 |
| 40 | 4,443 | 1,58 | 102,3 | 4,87 | 6,012 | 0,04758 | 12,56 | 48,71 |

| | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 41 | 4,368 | 1,553 | 103,1 | 4,955 | 6,117 | 0,04804 | 12,65 | 49,06 |
| 42 | 4,294 | 1,527 | 103,9 | 5,04 | 6,223 | 0,04851 | 12,73 | 49,41 |
| 43 | 4,223 | 1,501 | 104,6 | 5,126 | 6,329 | 0,04899 | 12,82 | 49,77 |

Tabla 2.8.4. Variación de los parámetros característicos para el R – 407C.

- **Tabla R – 404A**

| R – 404A | | | | | | | | |
|----------|------------|-------|-------|---------|---------|---------|-------|-------|
| Tª cond | COP Carnot | COP | wc | Pot.ind | Pot.mot | mt | Qcond | Vcil |
| 20 | 6,813 | 2,69 | 55,75 | 2,861 | 3,532 | 0,05131 | 10,55 | 30,82 |
| 21 | 6,636 | 2,624 | 56,59 | 2,932 | 3,619 | 0,05181 | 10,63 | 31,14 |
| 22 | 6,468 | 2,561 | 57,42 | 3,004 | 3,709 | 0,05232 | 10,7 | 31,45 |
| 23 | 6,309 | 2,5 | 58,25 | 3,078 | 3,8 | 0,05284 | 10,77 | 31,78 |
| 24 | 6,157 | 2,44 | 59,07 | 3,153 | 3,892 | 0,05337 | 10,85 | 32,11 |
| 25 | 6,012 | 2,383 | 59,89 | 3,229 | 3,987 | 0,05392 | 10,92 | 32,45 |
| 26 | 5,874 | 2,326 | 60,7 | 3,307 | 4,083 | 0,05448 | 11 | 32,8 |
| 27 | 5,742 | 2,272 | 61,51 | 3,387 | 4,181 | 0,05505 | 11,08 | 33,16 |
| 28 | 5,615 | 2,219 | 62,32 | 3,468 | 4,281 | 0,05564 | 11,16 | 33,53 |
| 29 | 5,495 | 2,167 | 63,12 | 3,55 | 4,383 | 0,05625 | 11,24 | 33,91 |
| 30 | 5,379 | 2,117 | 63,92 | 3,635 | 4,488 | 0,05687 | 11,33 | 34,3 |
| 31 | 5,268 | 2,068 | 64,71 | 3,721 | 4,594 | 0,05751 | 11,42 | 34,7 |
| 32 | 5,162 | 2,02 | 65,5 | 3,809 | 4,703 | 0,05816 | 11,5 | 35,11 |
| 33 | 5,059 | 1,973 | 66,28 | 3,9 | 4,814 | 0,05883 | 11,59 | 35,53 |
| 34 | 4,961 | 1,927 | 67,06 | 3,992 | 4,928 | 0,05953 | 11,69 | 35,96 |
| 35 | 4,867 | 1,883 | 67,84 | 4,087 | 5,045 | 0,06024 | 11,78 | 36,41 |
| 36 | 4,776 | 1,839 | 68,61 | 4,183 | 5,165 | 0,06097 | 11,88 | 36,87 |
| 37 | 4,688 | 1,797 | 69,38 | 4,283 | 5,287 | 0,06173 | 11,98 | 37,34 |
| 38 | 4,604 | 1,755 | 70,14 | 4,384 | 5,413 | 0,06251 | 12,08 | 37,83 |
| 39 | 4,522 | 1,714 | 70,9 | 4,489 | 5,542 | 0,06331 | 12,18 | 38,33 |
| 40 | 4,443 | 1,674 | 71,66 | 4,596 | 5,674 | 0,06414 | 12,29 | 38,85 |

| | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 41 | 4,368 | 1,635 | 72,41 | 4,706 | 5,81 | 0,06499 | 12,4 | 39,38 |
| 42 | 4,294 | 1,596 | 73,16 | 4,819 | 5,95 | 0,06588 | 12,51 | 39,94 |
| 43 | 4,223 | 1,559 | 73,91 | 4,936 | 6,094 | 0,06679 | 12,63 | 40,51 |

Tabla 2.8.5. Variación de los parámetros característicos para el R – 404A.

Para seleccionar el refrigerante de la instalación, vamos a tener en cuenta parámetros de la instalación como son el COP, el volumen aspirado por el compresor, la masa de refrigerante circulante necesaria y la potencia del motor eléctrico necesario.

De otra forma podemos mostrar gráficamente en un diagrama X – Y como varían estos parámetros con la temperatura de condensación.

- Diagrama COP – T^a condensación

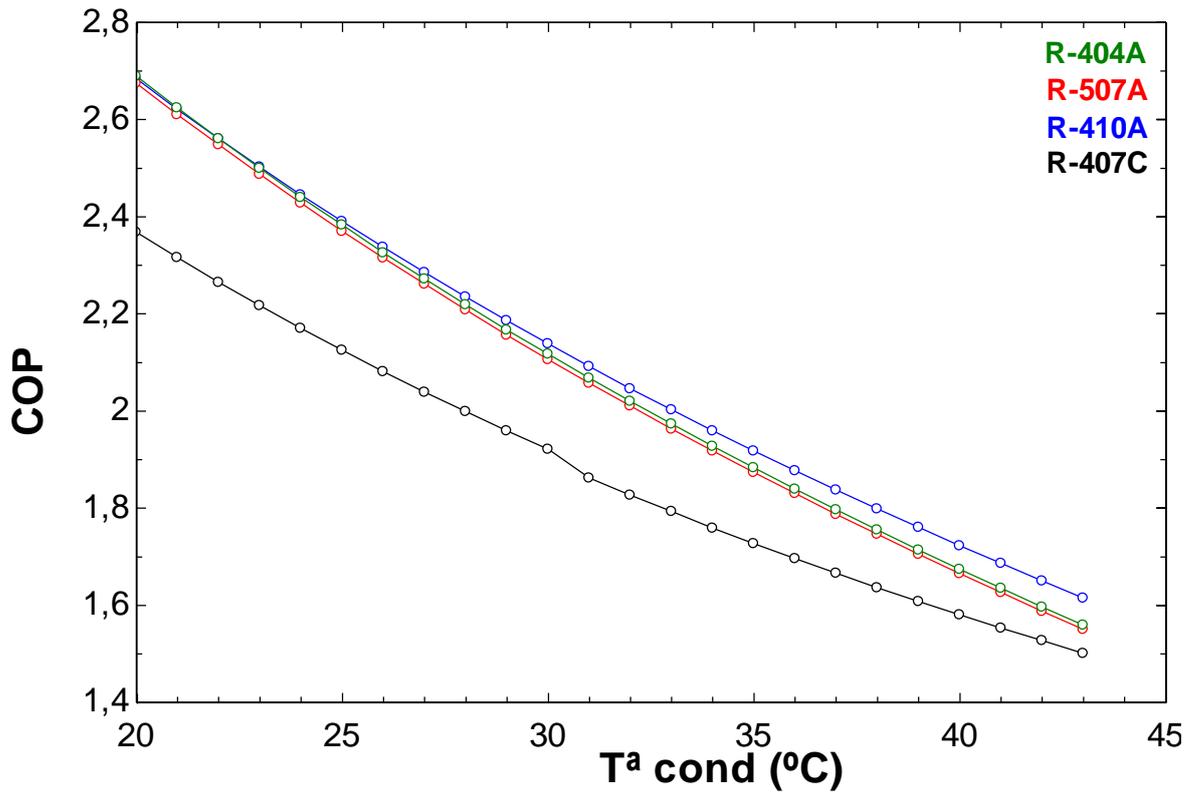


Figura 2.8.1. COP con variación de la T^a de condensación.

En la figura 2.5.1 podemos observar como el fluido frigorígeno que mayor COP nos ofrece para nuestra instalación es el R-410A, seguido del R-404A.

- Diagrama V_{cil} - T^a de condensación

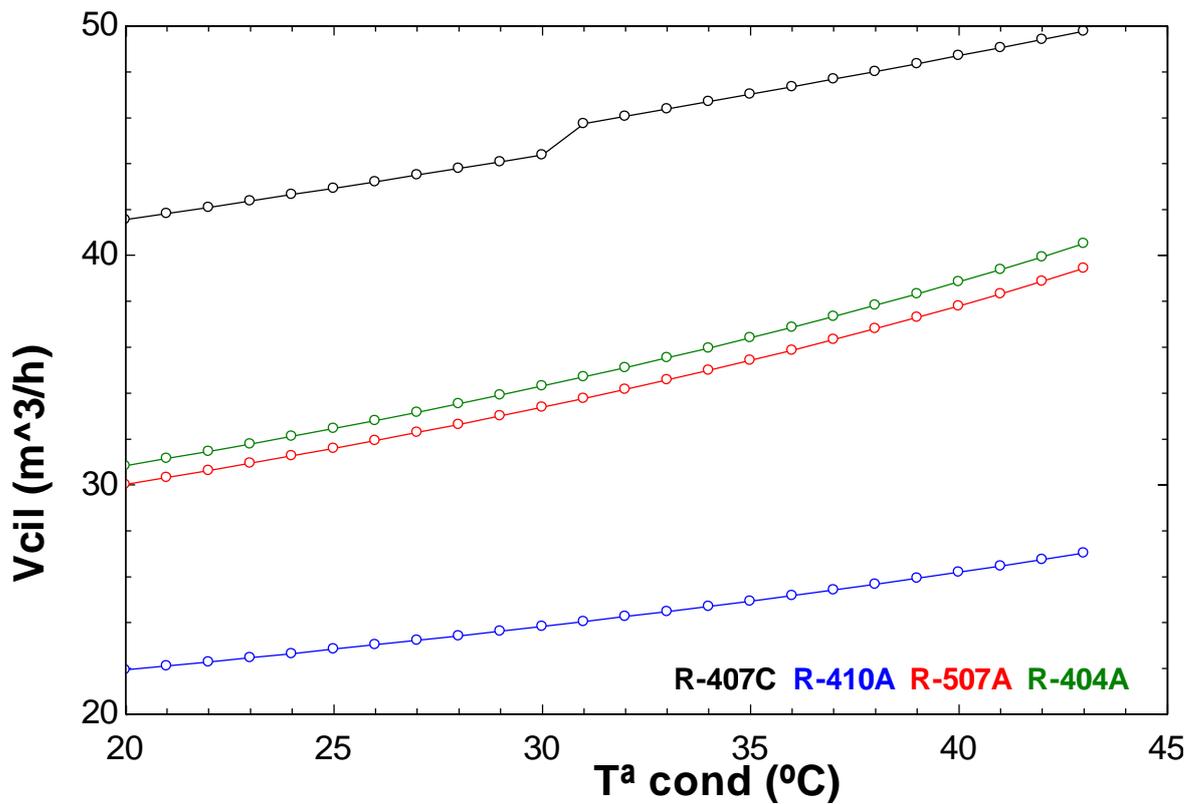


Figura 2.8.2. Variación del V_{cil} con la T^a de condensación.

En la figura correspondiente podemos observar como el refrigerante que nos exige un compresor de menor cilindrada es el R-410A, con bastante margen respecto al resto de gases refrigerantes.

- Diagrama $mt - T^a$ de condensación

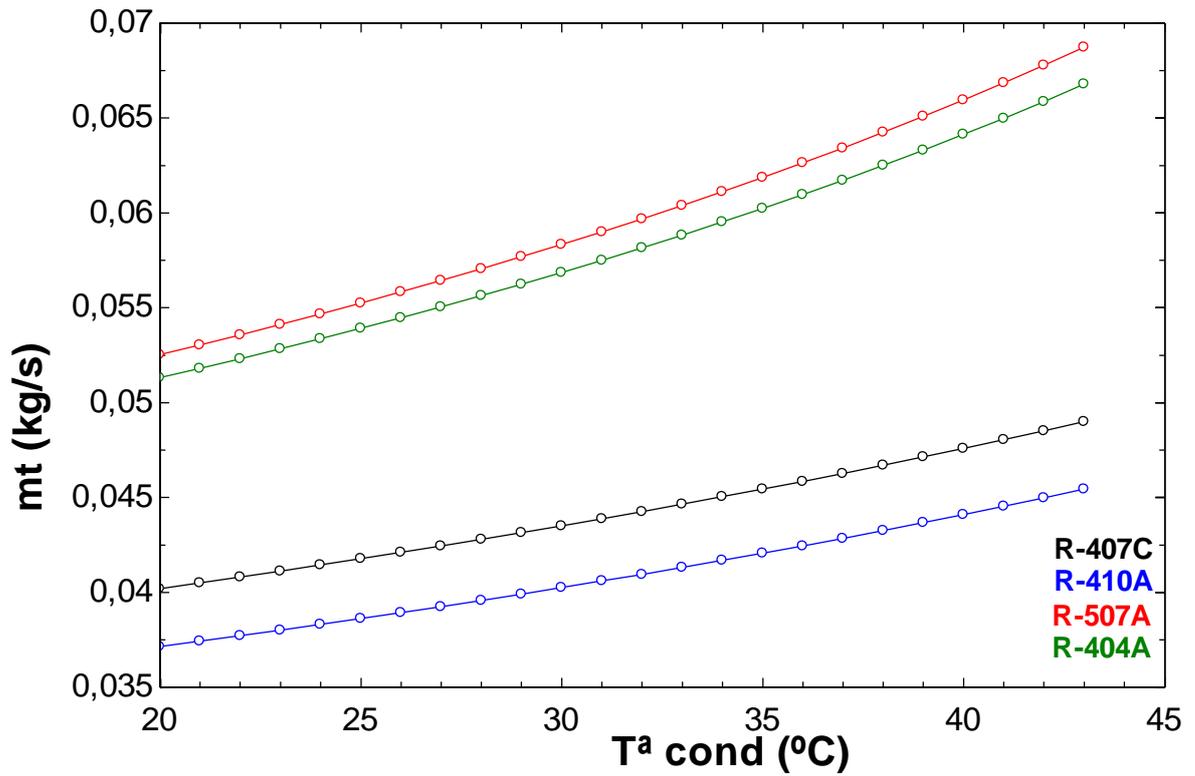


Figura 2.8.3. Variación de la masa de refrigerante con la T^a de condensación.

En cuanto a la masa de refrigerante necesaria para absorber el correspondiente calor de las cámaras, observamos que el que menor masa de fluido circulante requiere es el R-410A, seguido del R-407C.

- **Diagrama Potencia motor eléctrico – T^a de condensación**

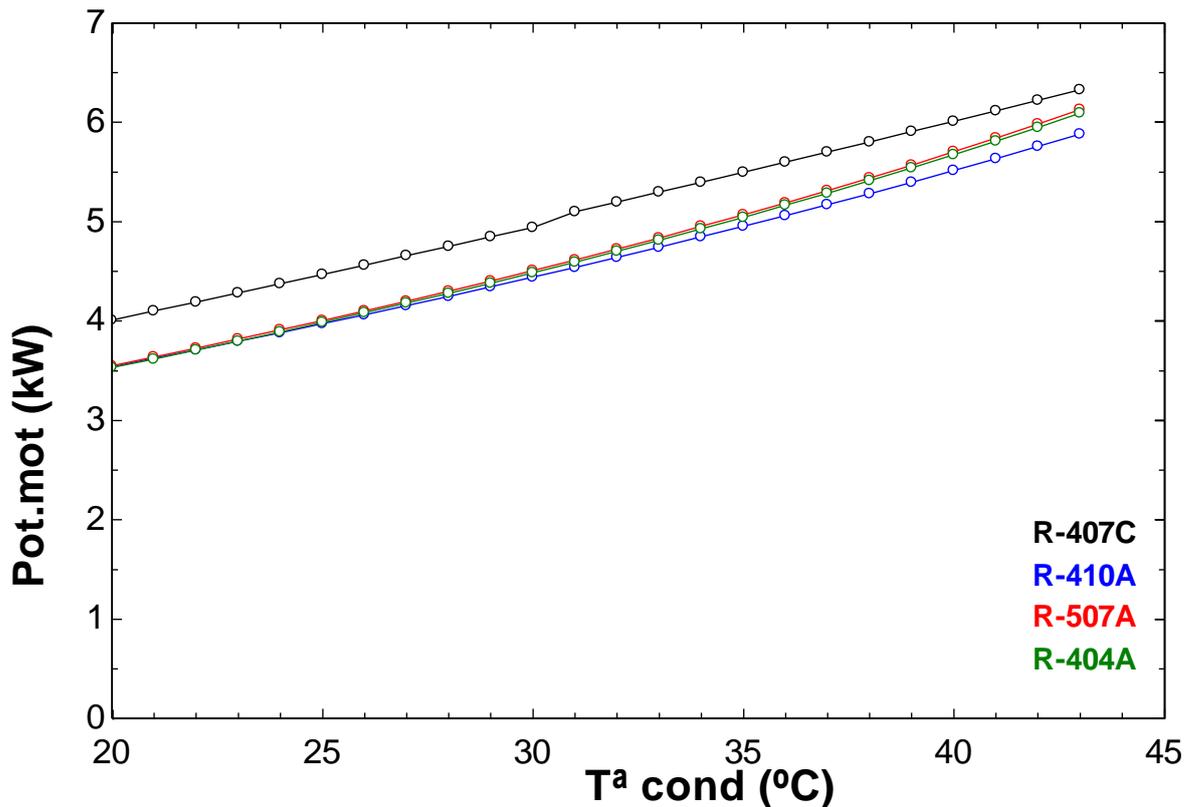


Figura 2.8.4. Variación potencia motor eléctrico con la T^a de condensación.

En cuanto a la potencia requerida para el motor eléctrico que mueve los compresores de la instalación, observamos que el que menor potencia eléctrica requiere a la temperatura de condensación de 43 °C es el R-410A, seguido del R-404A.

Según los criterios anteriores, realizamos una tabla comparativa según el refrigerante, a la temperatura de condensación de 43 °C, señalando cual de los refrigerantes ofrece los mejores parámetros característicos.

| Refrigerante | COP | Vcil | mt | Pot.mot | Precio/kg |
|--------------|-------|-------|---------|---------|-----------|
| R – 507A | 1,55 | 39,43 | 0,06875 | 6,13 | 12 |
| R – 410A | 1,615 | 27,02 | 0,04545 | 5,881 | 12 |
| R – 407C | 1,501 | 49,77 | 0,04899 | 6,329 | 12 |
| R – 404A | 1,559 | 40,51 | 0,06679 | 6,094 | 12 |

Tabla 2.8.6. Resumen COP y Vcil

Observamos que entre los citados fluidos frigorígenos, el que mejores parámetros característicos ofrece para la instalación a realizar es el R-410A.

Por esto el fluido seleccionado para nuestro ciclo frigorífico será el **R-410A**.

3. CICLO DE REFRIGERACIÓN DE LA INSTALACIÓN.

En este apartado nos centramos en el análisis de la instalación a desarrollar, indicando las características de la instalación.

El ciclo será un ciclo de Rankine de etapa simple.

3.1. Parámetros característicos de la instalación.

| Parámetro | Valor |
|--|---------|
| T ^a condensación (°C) | 43 |
| Subenfriamiento condensador (°C) | 5 |
| Subenfriamiento intercambiador aspiración (°C) | 5 |
| T ^a evaporadores alta (°C) | -3 |
| T ^a evaporadores baja (°C) | -32 |
| Recalentamiento en los evaporadores (°C) | 5 |
| Recalentamiento intercambiador aspiración (°C) | 10,192 |
| Pot.ind(kW) | 4,764 |
| Pot.mot(kW) | 5,881 |
| Q _{cond} (kW) | 12,46 |
| Q _{ea} (kW) | 2,252 |
| Q _{ev} (kW) | 3,232 |
| Q _{ec} (kW) | 1,105 |
| Q _{ep} (kW) | 1,105 |
| Q _{et} (kW) | 7,694 |
| V _{cil} (m ³ /h) | 27,02 |
| mt (kg/s) | 0,04545 |
| COP | 1,615 |

Tabla 3.1.1. Parámetros característicos de la instalación.

3.2. Ciclo con R-410A.

- Diagrama P-h.

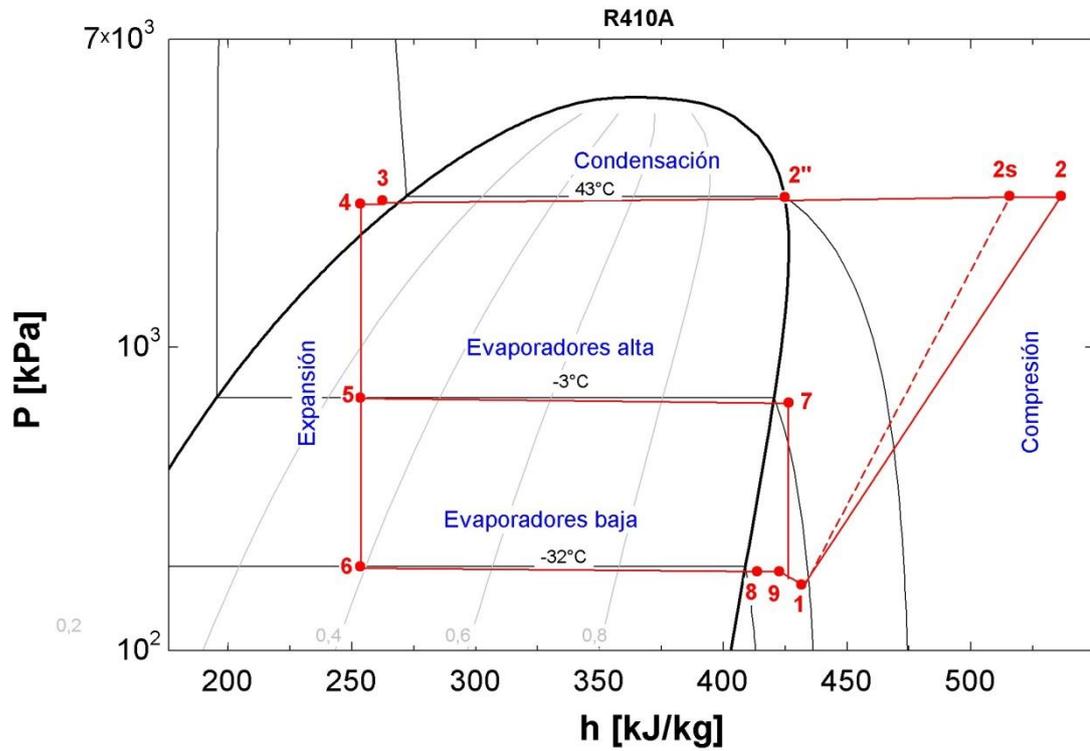


Figura3.2.1. Diagrama P-h R-410A.

- Diagrama T-s.

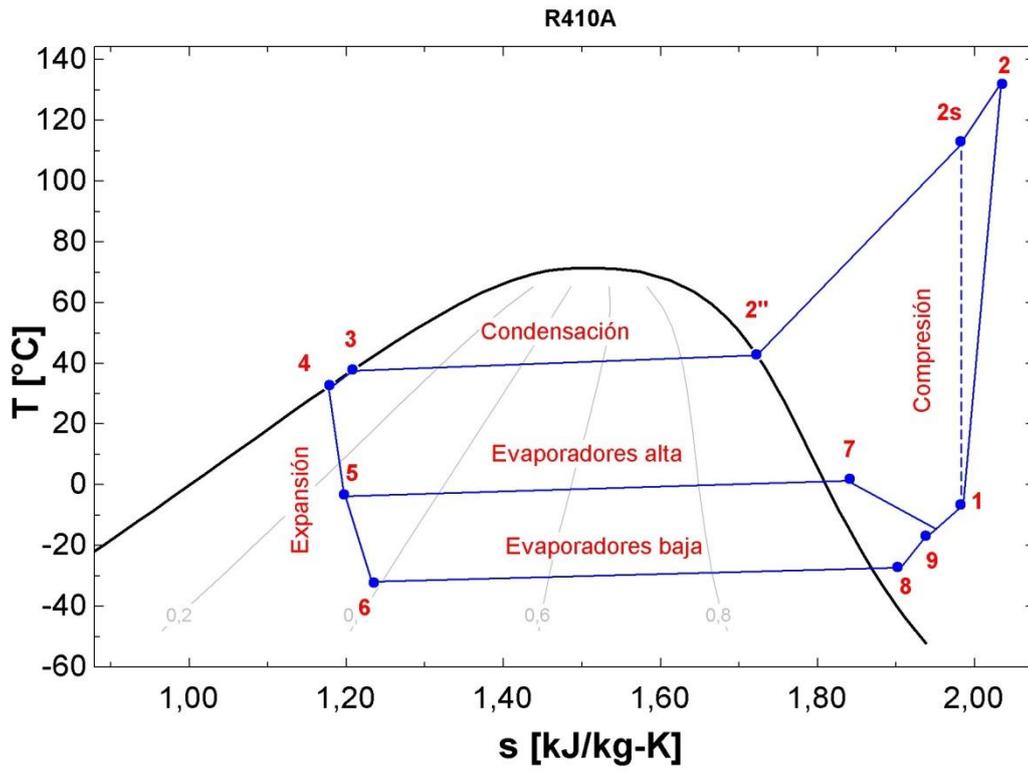


Figura 3.2.2. Diagrama T-s R-410A.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



“INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO”

ANEXO III – DIMENSIONAMIENTO DE LÍNEAS



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

FECHA: **JULIO 2015**

AUTOR: David Novo Rojo

Fdo:

MEMORIA ANEXO III – DIMENSIONAMIENTO DE LÍNEAS

| | |
|---|-----|
| 1. Dimensionamiento de líneas. | 107 |
| 2. Principios básicos..... | 107 |
| 3. Material..... | 108 |
| 4. cálculo y diseño de líneas de refrigerante. | 108 |
| 4.1. Línea de aspiración..... | 108 |
| 4.1.1. Pérdida de presión. | 108 |
| 4.1.2. Retorno del aceite al compresor..... | 109 |
| 4.1.3. Dimensionamiento..... | 109 |
| 4.2. Línea de descarga. | 110 |
| 4.2.1. Pérdida de presión. | 110 |
| 4.2.2. Retorno del aceite al compresor..... | 110 |
| 4.2.3. Dimensionamiento..... | 111 |
| 4.3. Línea de líquido. | 111 |
| 4.3.1. Subenfriamiento. | 111 |
| 4.3.2. Peso de la columna de líquido..... | 112 |
| 4.3.3. Dimensionamiento..... | 112 |
| 4.4. Requisitos. | 112 |
| 5. Configuraciones posibles..... | 112 |
| 5.1. Configuración A. | 113 |
| 5.2. Configuración B. | 113 |
| 5.3. Configuración C. | 114 |
| 6. Cálculo del diámetro de las tuberías con coolselector..... | 115 |

1. DIMENSIONAMIENTO DE LÍNEAS.

El tendido de la línea de refrigeración es uno de los requisitos más importantes para el éxito de la instalación. El proyectista que efectúe el cálculo de la carga y la selección de equipo, también deberá incluir en su proyecto el tamaño y disposición de las tuberías de líquido, aspiración y descarga.

El dimensionamiento de líneas puede realizarse de varias formas diferentes, ya sea con gráficos o con software de diseño de líneas que es el método que utilizaremos en este proyecto.

2. PRINCIPIOS BÁSICOS.

Hay ciertos principios básicos sobre el proyecto de instalación de líneas de refrigeración que deben siempre tenerse en cuenta.

- Las líneas deben ser lo más cortas y directas posibles. Esto no sólo reducirá el costo, sino que producirá un funcionamiento mejor de todo el sistema al existir caídas de presión inferiores.
- Usar el mínimo número de juntas y acoplamientos posibles. Esto reduce el costo de la instalación y la posibilidad de fugas.
- Siempre que se pueda se evitará el exponer las tuberías a temperaturas extremas, altas o bajas. La transferencia de calor no deseada, al circuito o desde él, producirá normalmente problemas de funcionamiento.
- Colocar las líneas de forma que no interfieran con el uso normal del buque y de sus dependencias.
- Colocar las líneas donde no puedan sufrir daños, o protegerlas cuando esto sea imposible de lograr.

3. MATERIAL.

El material más económico y satisfactorio es la tubería de cobre, que debe usarse en espesores de pared medios o gruesos. Puede ser también dura o recocida y tubería de refrigeración (desoxidada y sellada). Se recomienda el empleo de esta última, ya que se logra con ello un sistema más limpio.

Las uniones entre la tubería y los accesorios deberán ser soldadas con varilla de aleación de plata en una atmósfera de nitrógeno seco, probándolas de fugas una vez terminadas.

4. CÁLCULO Y DISEÑO DE LÍNEAS DE REFRIGERANTE.

Al efectuar el cálculo y diseño de las líneas de refrigerante hay que considerar las distintas configuraciones posibles en función de la posición de los equipos: unidad exterior por encima de la unidad interior, unidad exterior por debajo de la unidad interior o ambas unidades a la misma altura.

En primer lugar, hay que tener en cuenta las características que deben cumplir las líneas de gas (aspiración o descarga) y las líneas de líquido.

4.1. Línea de aspiración.

Para el diseño de la línea de aspiración hay que tener en cuenta dos condicionantes fundamentales: la pérdida de presión del gas refrigerante y el retorno del aceite al compresor.

4.1.1. Pérdida de presión.

La pérdida de presión se produce como consecuencia del rozamiento del gas con las paredes del tubo y provoca una disminución de la densidad del refrigerante y, por tanto, una reducción de la capacidad del sistema.

Para conseguir un rendimiento aceptable se debe seleccionar una tubería que, para la longitud deseada, origine una caída de presión inferior a 20 kPa.

Esta pérdida de presión aumenta con la longitud de la línea y es mayor cuanto más pequeño sea su diámetro.

4.1.2. Retorno del aceite al compresor.

El refrigerante siempre contiene alguna cantidad de aceite (entre el 1% y el 4% en peso) circulando por el sistema, debido a su afinidad; pero en determinadas condiciones de presión y temperatura, como pueden ser las que se encuentran en el evaporador y la línea de aspiración, pueden dejar de ser miscibles.

Si el aceite no retorna al compresor, este se iría quedando poco a poco sin lubricación. Por eso es importante asegurar que sea arrastrado por el refrigerante, para lo cual se necesitará una velocidad mínima de 6 m/s en los tramos ascendentes.

En los tramos descendentes u horizontales con pequeña inclinación no es tan importante la velocidad, ya que la gravedad mantiene la circulación del aceite. Si las líneas horizontales no tienen pendiente, deberán obtenerse velocidades de al menos 3 m/s.

En cualquier caso, la velocidad del gas refrigerante no debe pasar de 15 m/s, ya que a velocidades más altas se producirían ruidos molestos.

Para facilitar este retorno de aceite, los tramos horizontales deben tener una pendiente del 2%, con caída hacia el compresor. Además, en el caso de la línea de aspiración debe realizarse un sifón en la base del tramo vertical y sifones intermedios cada 8 m aproximadamente, que tienen como finalidad retener el aceite cerca del compresor en los momentos de reposo.

A pesar de todo ello, si la longitud de la línea es grande, puede ser necesario regular la carga de aceite del compresor.

4.1.3. Dimensionamiento.

Para el dimensionamiento de la línea de aspiración, una vez definido su trazado, hay que conocer su longitud equivalente.

La longitud equivalente de la línea es la suma de su longitud física más la equivalente de los elementos singulares tales como codos, curvas otros. (La longitud equivalente de cada uno de estos elementos es la longitud recta de tuvo que daría la misma pérdida de presión que ellos).

Una vez obtenida la pérdida de presión para cada uno de los tramos (horizontal y vertical), la suma de ambas, que es la pérdida de presión total de la línea, no debe superar los 20 kPa. Además hay que tener en cuenta que el diámetro de la tubería, proporcione una velocidad del fluido superior a 6 m/s en los tramos verticales ascendentes.

A veces puede llegarse a soluciones en que, los tramos verticales ascendentes tengan un diámetro inferior a los horizontales. Entonces, el paso de uno a otro diámetro deberá efectuarse de forma suave para evitar que se produzca gran pérdida de presión.

4.2. Línea de descarga.

El tratamiento de la línea de descarga ha de ser similar al de la línea de aspiración, ya que por ambas circula gas refrigerante. Para su diseño y dimensionamiento hay que considerar, igualmente, la pérdida de presión del gas refrigerante y el retorno del aceite al compresor.

4.2.1. Pérdida de presión.

En las líneas de descarga no es tan crítica la caída de presión como en las de aspiración, por lo que podrían aceptarse hasta 40 kPa.

Sin embargo, desde el punto de vista del rendimiento de la instalación, es deseable la mínima pérdida posible, por lo que se limita, también en este caso a 20 kPa.

4.2.2. Retorno del aceite al compresor.

La velocidad de circulación mínima para que el aceite retorne al compresor es la misma que en la línea de aspiración: 6 m/s en tramos ascendentes y 3 m/s en tramos horizontales y descendentes.

Igualmente, si la línea es ascendente es necesario un sifón en la base y sifones intermedios cada 8 m aproximadamente, para retener el aceite en las paradas aunque a veces puede ser conveniente eliminar dichos sifones intermedios.

4.2.3. Dimensionamiento.

La línea de descarga se dimensiona de forma similar a la de aspiración.

Hay que tener en cuenta que la pérdida de presión no sobrepase el límite establecido y que la velocidad sea suficiente para el arrastre de aceite.

Al ser la velocidad de descarga aproximadamente el doble que la de aspiración, serán necesarios en general, para unas condiciones dadas, diámetros de líneas menores en descarga que en aspiración.

4.3. Línea de líquido.

La línea de líquido presenta menos problemas en funcionamiento que las de aspiración o descarga, ya que el aceite siempre circula por ella mezclado con el refrigerante, independientemente de la velocidad.

En esta línea no es importante la velocidad, pero hay que tener en cuenta otros factores: el subenfriamiento del líquido y el peso de la columna de refrigerante.

4.3.1. Subenfriamiento.

Para el correcto funcionamiento de la válvula de expansión, el líquido refrigerante que llega a ella no debe contener burbujas de gas. Para ello el refrigerante debe tener al menos 1 °C de subenfriamiento (T^a real 1 °C por debajo de la T^a de saturación correspondiente a la presión de condensación) a la entrada de la válvula o tubo capilar.

Debido a la caída de presión que se produce en la línea de líquido, este llega al sistema de expansión con una presión inferior a la de salida del condensador, lo que puede llevar consigo la formación de gas. Para evitarlo, el líquido debe subenfriarse unos 5 °C o más.

La pérdida de presión tiene lugar por el rozamiento por circulación en la línea, pero también se produce, y en mayor proporción, debido a la diferencia de nivel entre los extremos de la línea cuando esta es ascendente.

Para una T^a de condensación de 50 °C, por ejemplo, hay una pérdida de subenfriamiento de 1 °C cada 4,2 m de subida aproximadamente. Por ello, cuando la altura es superior a 15 m hay que subenfriar 1 °C por cada 3,5 m de exceso.

4.3.2. Peso de la columna de líquido.

Cuando la línea de líquido es descendente el subenfriamiento está asegurado, ya que en este caso, en vez de pérdida de presión, el peso de la columna de refrigerante hace que esta sea mayor que a la salida del condensador.

Aquí el problema que se presenta es evitar una excesiva sobrepresión a la entrada del sistema de expansión. Para ello, si la altura de la línea es superior a 10 m, hay que colocar en la parte inferior un ecualizador de presión, que contrarreste el peso de la columna.

4.3.3. Dimensionamiento.

Para el dimensionamiento de la línea de líquido, una vez conocida su longitud equivalente, bastará con elegir el diámetro adecuado en función de dicha longitud, de forma que la pérdida de presión no sea superior a 68 kPa.

4.4. Requisitos.

Realizamos una tabla resumen con las especificaciones seguidas hasta el momento.

| Línea | Velocidad mínima | Velocidad recomendada | Velocidad máxima | Pérd. Presión | Perd. T^a máxima |
|------------|------------------|-----------------------|------------------|---------------|--------------------|
| Aspiración | 3 m/s | 12 m/s | 20 m/s | 0,2 bar | 2 K |
| Líquido | 0,5 m/s | 1 m/s | 2 m/s | 0,2 bar | 1 K |
| Descarga | 3 m/s | 15 m/s | 25 m/s | 0,5 bar | 1,5 K |

Tabla 4.4.1. Especificaciones para el cálculo de las tuberías.

5. CONFIGURACIONES POSIBLES.

En la mayoría de las ocasiones, la unidad condensadora lleva incorporado el compresor, por lo que hace que la línea de aspiración tenga mayor longitud respecto a la línea de descarga.

Vamos a disponer de tres configuraciones distintas.

5.1. Configuración A.

La línea de aspiración es ascendente y por tanto la velocidad del gas debe ser mayor de 6 m/s, necesitando además los correspondientes sifones. En la línea de líquido deberán adoptarse las medidas oportunas para compensar el peso de la columna, si es necesario.

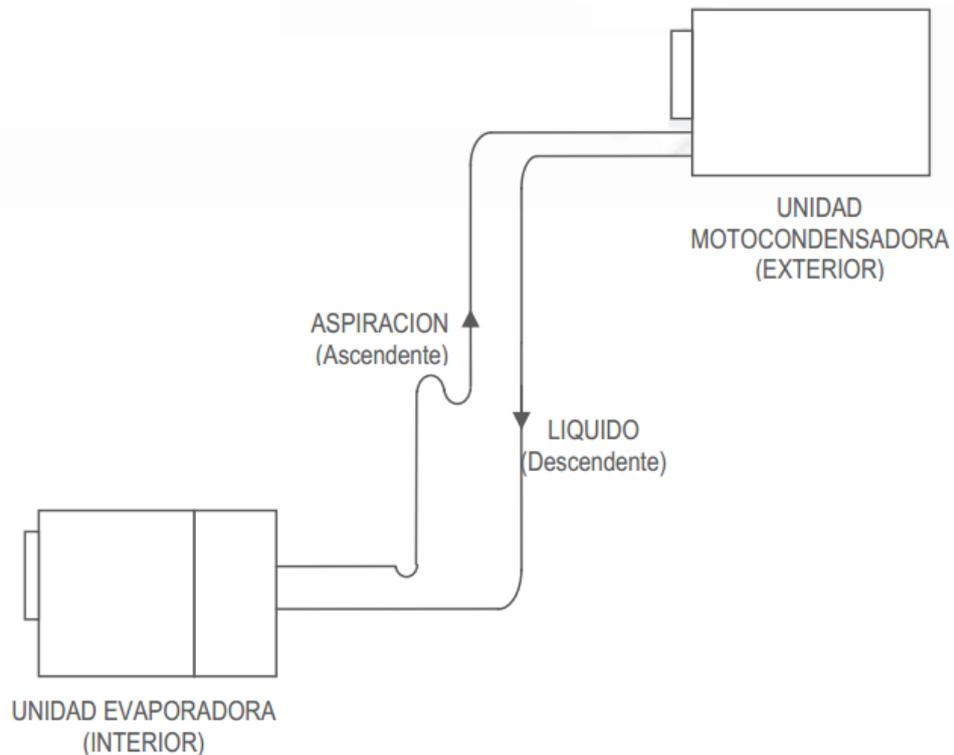


Figura 5.1.1. Configuración A.

5.2. Configuración B.

En el caso la línea de aspiración no presenta problemas por ser esta descendente, y en la línea de líquido habrá que vigilar el subenfriamiento.

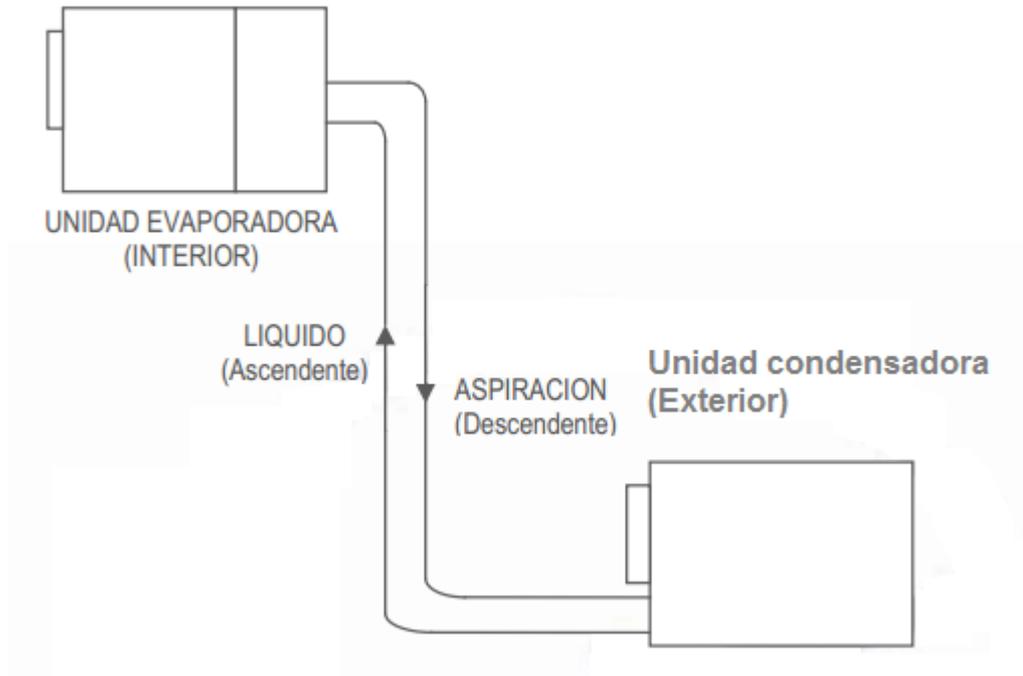


Figura 5.2.1. Configuración B.

5.3. Configuración C.

La unidad condensadora y las evaporadoras se encuentran al mismo nivel.

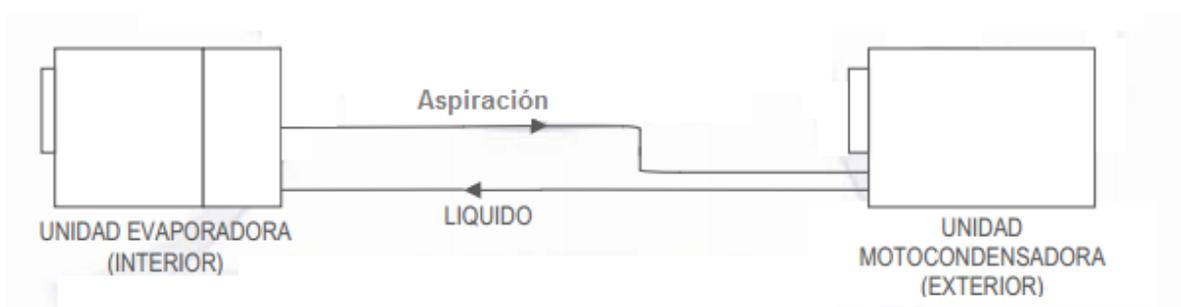


Figura 5.3.1. Configuración C.

6. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LAS TUBERÍAS CON COOLSELECTOR.

Para calcular el diámetro de los diferentes tramos de tubería que estamos analizando hasta ahora vamos a utilizar el programa Coolselector de la marca Danfoss.

Dado que nuestra instalación cuenta con evaporadores a diferentes temperaturas, y los programas de refrigeración solo admiten una temperatura de evaporación, vamos a considerar esta como la media geométrica de las temperaturas de las cámaras de conservación y las de congelación ($T_{ev} = -17,5 \text{ }^\circ\text{C}$).

Consideraremos que no hay tuberías verticales, ya que la instalación se desarrolla toda en la misma cubierta (Caso C).

Debido a que el software de la marca Danfoss no nos proporciona muchos de los componentes a instalar, consideraremos todos los elementos posibles obviando aquellos que así mismo no dispongamos de ellos y comprobando que siempre exista un margen de seguridad entre las pérdidas de carga obtenidas de esta manera y las que realmente hemos supuesto al trazar el ciclo de refrigeración.

Así mismo haremos lo mismo con las diferentes ramificaciones y reducciones de tubería a la entrada y salida de los evaporadores, considerando una línea simple y comprobando también que existe margen en las pérdidas de carga supuestas anteriormente.

Todas las tuberías serán de cobre soldado y se regirán bajo el estándar ANSI (American National Standards Institute).

Según los criterios citados, dispondremos de unos diferentes diámetros y espesores de pared de la tubería ya sea de rollo o barra.

| Tubo en rollos | | |
|----------------|---------------------|---------------|
| Diámetro | Espesor en pulgadas | Espesor en mm |
| 1/8" | 0,030 | 0,79 |
| 3/16" | 0,030 | 0,79 |
| 1/4" | 0,030 | 0,79 |
| 5/16" | 0,032 | 0,81 |
| 3/8" | 0,032 | 0,81 |

| | | |
|------|-------|------|
| 1/2" | 0,032 | 0,81 |
| 5/8" | 0,035 | 0,89 |
| 3/4" | 0,035 | 0,89 |
| 7/8" | 0,045 | 1,14 |

Tabla 6.1. Espesores tubería de rollo.

| Tubo en barras | | |
|----------------|---------------------|---------------|
| Diámetro | Espesor en pulgadas | Espesor en mm |
| 1/2" | 0,025 | 0,63 |
| 5/8" | 0,028 | 0,71 |
| 3/4" | 0,030 | 0,76 |
| 7/8" | 0,032 | 0,81 |
| 1 1/8" | 0,035 | 0,89 |
| 1 3/8" | 0,042 | 1,07 |
| 1 5/8" | 0,049 | 1,24 |
| 2 1/8" | 0,058 | 1,47 |

Tabla 6.2. Espesores tubería de barra.

Se utilizará preferiblemente tubería en rollo a no ser que el diámetro proyectado no esté disponible o el tramo de tubería sea muy largo.

Coolselector2

Project information

Project name:
 Comments:
 Created by:
 Coolselector2 version: 1.0.0.17. Database: 2015/01/28
 Printed: Tuesday, 17 de February de 2015
 Preferences used: All components

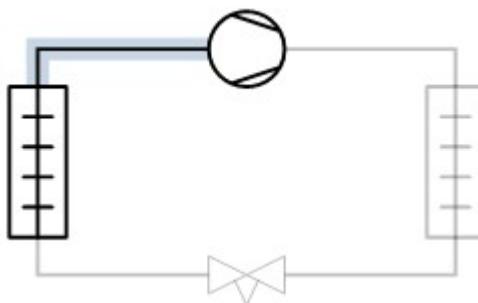
Línea de aspiración

Operating conditions

| | | | |
|--------------------------|------------|-----------------------------------|-----------|
| Refrigerant: | R410A | Cooling capacity: | 7,694 kW |
| Mass flow in line: | 166,4 kg/h | Heating capacity: | 12,69 kW |
| Evaporating temperature: | -17,5 °C | Condensing dew point temperature: | 43,0 °C |
| Evaporating pressure: | 4,386 bar | Condensing pressure: | 25,91 bar |
| Useful superheat: | 5,0 K | Subcooling: | 5,0 K |
| Additional superheat: | 6,5 K | Additional subcooling: | 5,0 K |
| Discharge temperature: | 132,1 °C | | |

System and line: Dry - Suction line

Selection criteria: Size: ANSI soldering / ANSI 1 1/8" (28,58)



Line total

| | |
|-----------------------------|-----------|
| Pressure drop | 0,015 bar |
| Saturation temperature drop | 0,1 K |

Position 1. Piping: Copper pipe ANSI 1 1/8 NS 29

| | | |
|---|-----------------------------|-----------|
|  | Length | 0,31 m |
| | Angle | 0 deg |
| | Pressure drop | 0,000 bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 K |
| | Velocity, in | 5,49 m/s |
| | Connection | OK |

Coolselector2

Position 2. Piping: Copper bend 90 ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,38 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 3. Piping: Copper pipe ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,24 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,000 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,50 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 4. Stop valve: GBC 28s NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,96 | m/s |
| Valve state | Open | |
| Connection | OK | |

Position 5. Piping: Copper pipe ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,09 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,000 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,50 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 6. Piping: Copper bend 90 ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,38 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 7. Piping: Copper pipe ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 2,84 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,004 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,50 | m/s |
| Connection | OK | |

Coolselector2

Position 8. Piping: Copper bend 90 ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,39 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 9. Piping: Copper pipe ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,17 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,000 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,50 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 10. Piping: Copper bend 90 ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,39 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 11. Piping: Copper pipe ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,80 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,50 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 12. Piping: Copper bend 90 ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,39 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 13. Piping: Copper pipe ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,55 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,51 | m/s |
| Connection | OK | |

Coolselector2

Position 14. Piping: Copper bend 90 ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,39 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 15. Piping: Copper pipe ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,80 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,51 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 16. Piping: Copper bend 90 ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,39 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 17. Piping: Copper pipe ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 1,06 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,002 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,51 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 18. Piping: Copper bend 90 ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,40 | m/s |
| Connection | OK | |

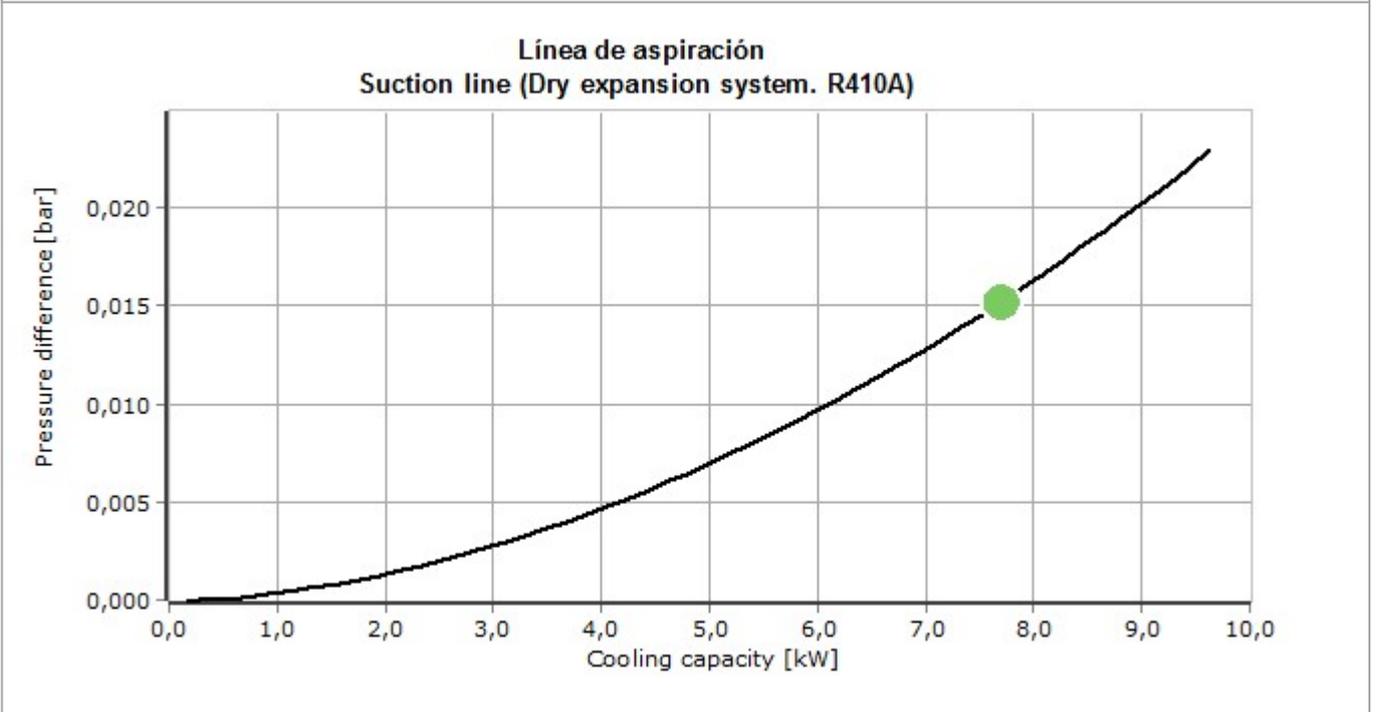
Position 19. Piping: Copper pipe ANSI 1 1/8 NS 29



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,17 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,000 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 5,51 | m/s |
| Connection | OK | |

Coolselector2

Performance curve



Coolselector2

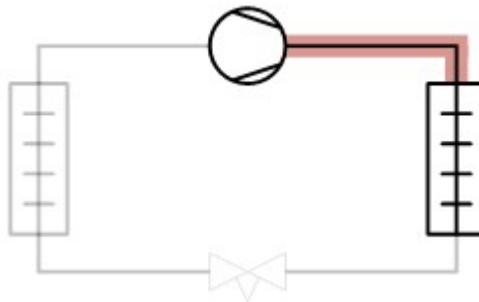
Línea de descarga

Operating conditions

| | | | | |
|--------------------------|------------|-----------------------------------|-------|-----|
| Refrigerant: | R410A | Cooling capacity: | 7,694 | kW |
| Mass flow in line: | 166,4 kg/h | Heating capacity: | 12,69 | kW |
| Evaporating temperature: | -17,5 °C | Condensing dew point temperature: | 43,0 | °C |
| Evaporating pressure: | 4,386 bar | Condensing pressure: | 25,91 | bar |
| Useful superheat: | 5,0 K | Subcooling: | 5,0 | K |
| Additional superheat: | 6,5 K | Additional subcooling: | 5,0 | K |
| Discharge temperature: | 132,1 °C | | | |

System and line: Dry - Discharge line

Selection criteria: Size: ANSI soldering / ANSI 1/2" (12,7)



Line total

| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,134 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,2 | K |

Position 1. Piping: Copper pipe ANSI 1/2 NS 13



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,08 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,002 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 7,84 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 2. Piping: Copper bend 90 ANSI 1/2 NS 13



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,003 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 6,81 | m/s |
| Connection | OK | |

Coolselector2

Position 3. Piping: Copper pipe ANSI 1/2 NS 13

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Length | 0,10 | m |
| | Angle | 0 | deg |
| | Pressure drop | 0,003 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 7,85 | m/s |
| | Connection | OK | |

Position 4. Piping: Copper bend 90 ANSI 1/2 NS 13

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Pressure drop | 0,003 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 6,81 | m/s |
| | Connection | OK | |

Position 5. Piping: Copper pipe ANSI 1/2 NS 13

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Length | 0,08 | m |
| | Angle | 0 | deg |
| | Pressure drop | 0,002 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 7,85 | m/s |
| | Connection | OK | |

Position 6. Piping: Copper bend 90 ANSI 1/2 NS 13

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Pressure drop | 0,003 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 6,81 | m/s |
| | Connection | OK | |

Position 7. Piping: Copper pipe ANSI 1/2 NS 13

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Length | 0,10 | m |
| | Angle | 0 | deg |
| | Pressure drop | 0,003 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 7,85 | m/s |
| | Connection | OK | |

Position 8. Check valve: NRV 12 NS 13

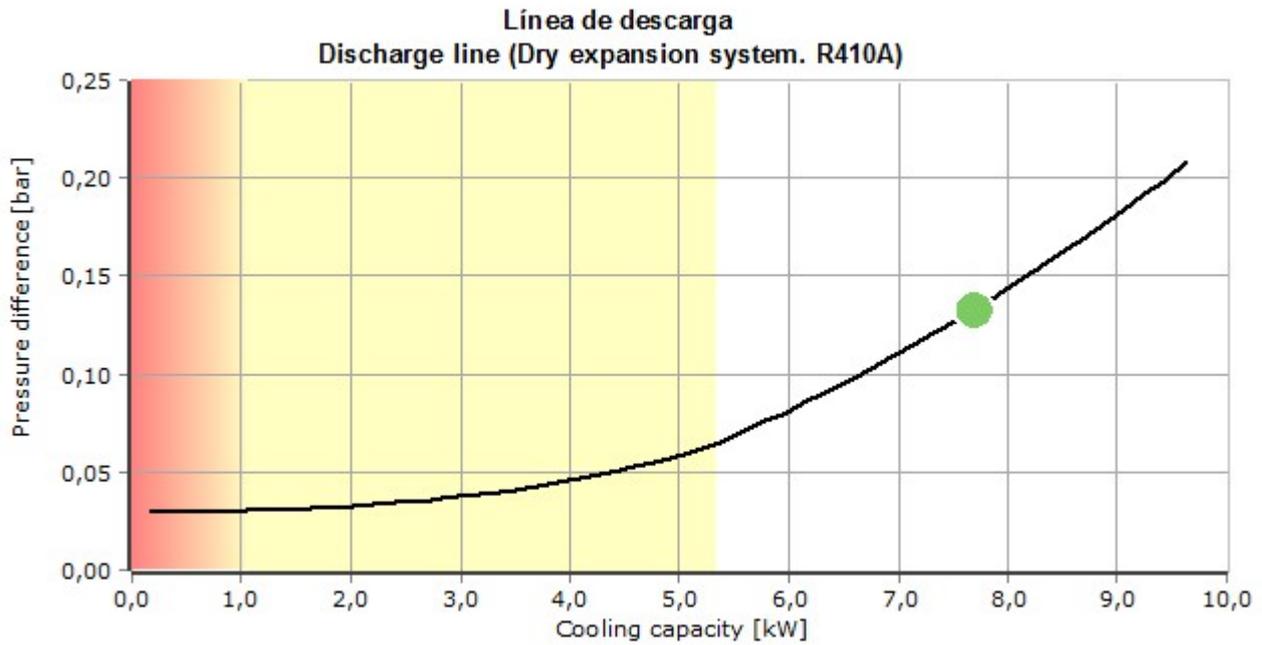
| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Pressure drop | 0,105 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,2 | K |
| | Velocity, in | 11,52 | m/s |
| | Valve state | Open | |
| | Connection | OK | |

Coolselector2

Position 9. Piping: Copper pipe ANSI 1/2 NS 13

| | | |
|--|-----------------------------|-----------|
| | Length | 0,31 m |
| | Angle | 0 deg |
| | Pressure drop | 0,009 bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 K |
| | Velocity, in | 7,88 m/s |
| | Connection | OK |

Performance curve



Coolselector2

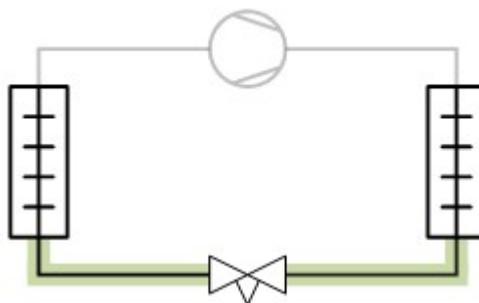
Línea de líquido

Operating conditions

| | | | |
|--------------------------|------------|--------------------------------------|-----------|
| Refrigerant: | R410A | Cooling capacity: | 7,694 kW |
| Mass flow in line: | 166,6 kg/h | Heating capacity: | 12,69 kW |
| Evaporating temperature: | -17,5 °C | Condensing bubble point temperature: | 43,0 °C |
| Evaporating pressure: | 4,386 bar | Condensing pressure: | 25,99 bar |
| Useful superheat: | 5,0 K | Subcooling: | 5,0 K |
| Additional superheat: | 6,5 K | Additional subcooling: | 5,0 K |
| Discharge temperature: | 132,1 °C | | |

System and line: Dry - Liquid line

Selection criteria: Size: ANSI soldering / ANSI 3/8" (9,53)



Line total

| | |
|-----------------------------|-----------|
| Pressure drop | 21,60 bar |
| Saturation temperature drop | 60,6 K |

Position 1. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10



| | |
|-----------------------------|-----------|
| Length | 0,15 m |
| Angle | 0 deg |
| Pressure drop | 0,002 bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 K |
| Velocity, in | 0,93 m/s |
| Connection | OK |

Position 2. Stop valve: GBC 10s



| | |
|-----------------------------|-----------|
| Pressure drop | 0,001 bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 K |
| Velocity, in | 0,90 m/s |
| Valve state | Open |
| Connection | OK |

Coolselector2

Position 3. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,30 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,003 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,93 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 4. Filter drier: DCL 033/033s



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,024 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,90 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 5. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,10 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,93 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 6. Sight glass: SGP 10s



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,009 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,90 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 7. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,10 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,93 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 8. Stop valve: GBC 10s



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,90 | m/s |
| Valve state | Open | |
| Connection | OK | |

Coolselector2

Position 9. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,10 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,93 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 10. Piping: Copper bend 90 ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,90 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 11. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 1,13 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,013 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,93 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 12. Piping: Copper bend 90 ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,90 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 13. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,30 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,003 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,93 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 14. Piping: Copper bend 90 ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,90 | m/s |
| Connection | OK | |

Coolselector2

Position 15. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,10 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,93 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 16. Piping: Copper bend 90 ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,90 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 17. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,41 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,005 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,93 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 18. Piping: Copper bend 90 ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,90 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 19. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Length | 0,47 | m |
| Angle | 0 | deg |
| Pressure drop | 0,005 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,93 | m/s |
| Connection | OK | |

Position 20. Piping: Copper bend 90 ANSI 3/8 NS 10



| | | |
|-----------------------------|-------|-----|
| Pressure drop | 0,001 | bar |
| Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| Velocity, in | 0,90 | m/s |
| Connection | OK | |

Coolselector2

Position 21. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Length | 0,25 | m |
| | Angle | 0 | deg |
| | Pressure drop | 0,003 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 0,93 | m/s |
| | Connection | OK | |

Position 22. Piping: Copper bend 90 ANSI 3/8 NS 10

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Pressure drop | 0,001 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 0,90 | m/s |
| | Connection | OK | |

Position 23. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Length | 2,87 | m |
| | Angle | 0 | deg |
| | Pressure drop | 0,033 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,1 | K |
| | Velocity, in | 0,93 | m/s |
| | Connection | OK | |

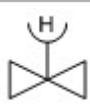
Position 24. Piping: Copper bend 90 ANSI 3/8 NS 10

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Pressure drop | 0,001 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 0,90 | m/s |
| | Connection | OK | |

Position 25. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Length | 0,16 | m |
| | Angle | 0 | deg |
| | Pressure drop | 0,002 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 0,93 | m/s |
| | Connection | OK | |

Position 26. Stop valve: GBC 10s

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Pressure drop | 0,001 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 0,90 | m/s |
| | Valve state | Open | |
| | Connection | OK | |

Coolselector2

Position 27. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Length | 0,15 | m |
| | Angle | 0 | deg |
| | Pressure drop | 0,002 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 0,93 | m/s |
| | Connection | OK | |

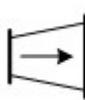
Position 28. Piping: Copper bend 90 ANSI 3/8 NS 10

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Pressure drop | 0,001 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 0,90 | m/s |
| | Connection | OK | |

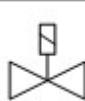
Position 29. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Length | 0,10 | m |
| | Angle | 0 | deg |
| | Pressure drop | 0,001 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 0,93 | m/s |
| | Connection | OK | |

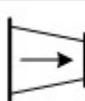
Position 30. Piping: Copper expander ANSI 3/8 x 1/2 NS 10

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Pressure drop | 0,000 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 0,93 | m/s |
| | Connection | OK | |

Position 31. Solenoid valve: EVR 4 NS 13

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Pressure drop | 0,087 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,1 | K |
| | Velocity, in | 0,90 | m/s |
| | Valve state | Open | |
| | Connection | OK | |

Position 32. Piping: Copper reducer ANSI 1/2 x 3/8 NS 13

| | | | |
|---|-----------------------------|-------|-----|
|  | Pressure drop | 0,002 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 0,49 | m/s |
| | Connection | OK | |

Coolselector2

Position 33. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10

| | | | |
|--|-----------------------------|-------|-----|
| | Length | 0,10 | m |
| | Angle | 0 | deg |
| | Pressure drop | 0,001 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,0 | K |
| | Velocity, in | 0,93 | m/s |
| | Connection | OK | |

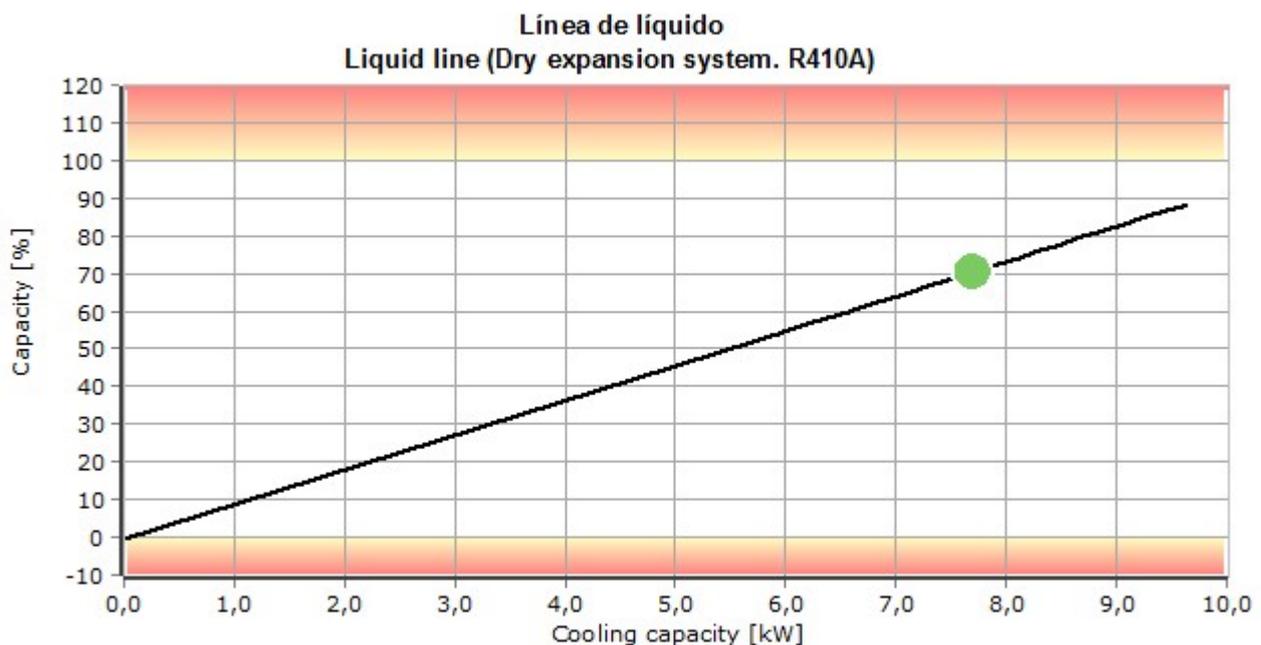
Position 34. TXV: TU - 8 NS 10

| | | | |
|--|-----------------------------|-------|-----|
| | Max. capacity | 10,89 | kW |
| | Min. capacity | 2,723 | kW |
| | Load | 71 | % |
| | Pressure drop | 21,37 | bar |
| | Saturation temperature drop | 60,1 | K |
| | Velocity, in | 0,93 | m/s |
| | Valve state | Open | |
| | Connection | OK | |

Position 35. Piping: Copper pipe ANSI 3/8 NS 10

| | | | |
|--|-----------------------------|-------|-----|
| | Length | 0,10 | m |
| | Angle | 0 | deg |
| | Pressure drop | 0,024 | bar |
| | Saturation temperature drop | 0,1 | K |
| | Velocity, in | 18,76 | m/s |
| | Connection | OK | |

Performance curve





UNIVERSIDADE DA CORUÑA



“INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO”

ANEXO IV – SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

FECHA: **JULIO 2015**

AUTOR: **David Novo Rojo**

Fdo:

ÍNDICE ANEXO IV – SELECCIÓN COMPONENTES MECÁNICOS.

| | |
|---|-----|
| 1. Selección de los componentes mecánicos de la instalación. | 136 |
| 1.1. Compresor. | 136 |
| 1.1.1. Tipos de compresores. | 136 |
| 1.1.2. Regulación de capacidad. | 139 |
| 1.1.3. Selección para la instalación. | 140 |
| 1.1.4. Parámetros de selección. | 140 |
| 1.1.5. Datos técnicos. | 140 |
| 1.1.6. Imagen. | 141 |
| 1.1.7. Datos del rendimiento en el punto de operación. | 142 |
| 1.1.8. Límites de aplicación. | 142 |
| 1.2. Condensador. | 142 |
| 1.2.1. Tipos de condensadores. | 143 |
| 1.2.2. Selección del condensador. | 143 |
| 1.2.3. Datos técnicos. | 144 |
| 1.2.4. Imagen. | 144 |
| 1.2.5. Datos en el punto de funcionamiento. | 145 |
| 1.3. Bomba de refrigeración del condensador. | 145 |
| 1.3.1. Altura total manométrica. | 146 |
| 1.3.2. Selección de la bomba. | 152 |
| 1.4. Evaporadores. | 152 |
| 1.4.1. Clasificación de los evaporadores. | 153 |
| 1.4.2. Sistemas de desescarche. | 154 |
| 1.4.3. Selección de los evaporadores. | 155 |
| 1.5. Filtro deshidratador. | 159 |
| 1.6. Visores de líquido. | 160 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 1.7. | Válvulas de expansión..... | 161 |
| 1.7.1. | Tipos de válvula de expansión..... | 161 |
| 1.7.2. | Selección de las válvulas de expansión..... | 164 |
| 1.7.3. | Cuerpo de la válvula termostática..... | 164 |
| 1.7.4. | Orificios de las válvulas de expansión termostáticas..... | 165 |
| 1.8. | Separador de aceite..... | 166 |
| 1.8.1. | Selección del separador de aceite..... | 167 |
| 1.8.2. | Imagen separador de aceite..... | 167 |
| 1.8.3. | Dimensiones separador de aceite..... | 168 |
| 1.9. | Mirilla de retorno de aceite..... | 168 |
| 1.9.1. | Imagen mirilla retorno aceite..... | 169 |
| 1.9.2. | Dimensiones mirilla retorno aceite..... | 169 |
| 1.10. | Válvulas solenoide..... | 169 |
| 1.10.1. | Selección de válvulas solenoide..... | 171 |
| 1.11. | Válvulas de cierre manual..... | 173 |
| 1.11.1. | Línea de líquido..... | 174 |
| 1.11.2. | Línea de aspiración..... | 174 |
| 1.11.3. | Línea de retorno de aceite..... | 175 |
| 1.12. | Válvulas de presión constante..... | 176 |
| 1.12.1. | Selección de las válvulas de presión constante..... | 177 |
| 1.13. | Válvulas antirretorno..... | 178 |
| 1.14. | Válvulas de seguridad..... | 179 |
| 1.15. | Intercambiador de calor aspiración..... | 180 |
| 1.16. | Antivibradores..... | 181 |
| | Tubería de descarga..... | 181 |
| | Tubería de aspiración..... | 181 |
| 1.17. | Presostatos..... | 181 |

| | |
|--|-----|
| 1.17.1. Presostato combinado de alta y baja presión..... | 181 |
| 1.17.2. Presostato diferencial de aceite..... | 183 |
| 1.18. Manómetros..... | 185 |
| 1.18.1. Manómetro de alta presión..... | 185 |
| 1.18.2. Manómetro baja presión y de aceite..... | 186 |
| 1.19. Filtro de aspiración. | 187 |
| 1.20. Válvula de agua presostática..... | 187 |
| 1.21. Calentador tubería de drenaje. | 188 |
| 1.22. Válvula de carga. | 189 |
| 1.23. Elementos de control de temperatura..... | 189 |
| 1.23.1. Reguladores digitales de refrigeración. | 189 |
| 1.23.2. Sondas. | 190 |

1. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS DE LA INSTALACIÓN.

1.1. Compresor.

El compresor tiene la misión de aspirar los vapores que se producen al evaporarse un fluido frigorígeno en un evaporador que se encuentra a baja presión y descargarlo a alta presión en el condensador, realizándose el cambio de estado de vapor a líquido. Por lo que podríamos definirlo como una máquina aspirante impelente.

1.1.1. Tipos de compresores.

Los compresores se pueden dividir en:

1.1.1.1. Compresores aerodinámicos o turbocompresores.

En los turbocompresores el movimiento de un rotor en el seno del gas o vapor comunica a este un incremento de energía cinética, que posteriormente se traduce en un incremento de presión al pasar el fluido por un conducto de sección variable que actúa como difusor.

1.1.1.2. Compresores de desplazamiento positivo.

En los compresores de desplazamiento positivo se aplica una fuerza exterior para obligar a un cierto volumen de gas o vapor a desplazarse desde el recinto a baja presión hasta el recinto a alta presión.

A continuación se muestran en el siguiente diagrama una clasificación de los más utilizados en la industria frigorífica.

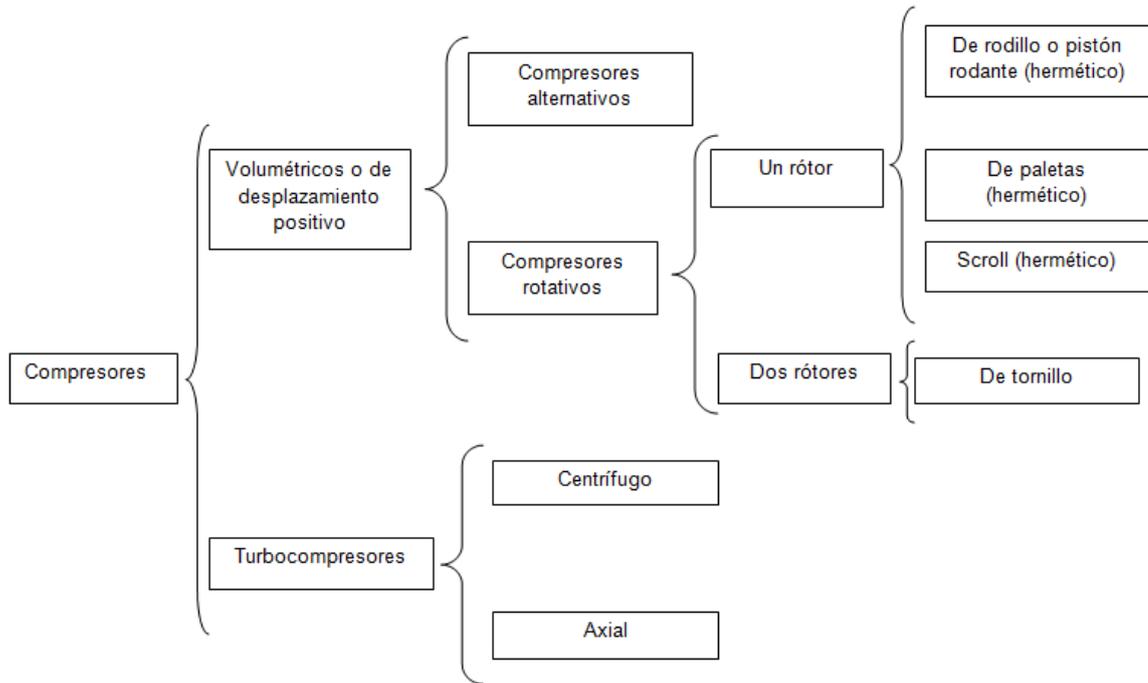


Figura 1.1.1.1. Diagrama de llave compresores.

Todos los compresores, tanto volumétricos como dinámicos pueden ser abiertos, semi-herméticos o herméticos.

1.1.1.2.1. Abiertos.

Son todos aquellos compresores donde el cigüeñal se extiende a través del cuerpo del compresor hacia fuera para ser accionado por alguna fuerza externa. Tienen un sello mecánico en torno al cigüeñal que evita la pérdida de refrigerante y aceite del compresor.

1.1.1.2.2. Semi-herméticos.

El compresor es accionado por un motor eléctrico montado directamente en el cigüeñal del compresor, con todas sus partes, tanto del motor como del compresor, herméticamente selladas en el interior de una cubierta común.

Se eliminan los problemas del sello mecánico, los motores pueden calcularse específicamente para la carga que han de accionar, y el diseño resultante es compacto, económico, eficiente y básicamente no requiere mantenimiento. Las cabezas cubiertas del estator, culatas y cubiertas del cárter son desmontables, permitiendo el acceso para sencillas reparaciones en el caso de que se deteriore el compresor.

1.1.1.2.3. Herméticos.

Este fue desarrollado para lograr una disminución del tamaño y costo, y es ampliamente utilizado en equipos unitarios de potencia reducida. Como en el caso del compresor semihermético, el motor eléctrico se encuentra montado directamente en el cigüeñal del compresor, pero el cuerpo es una carcasa metálica sellada con soldadura. En este tipo de compresores no pueden llevarse a cabo reparaciones interiores puesto que la única manera de abrirlos es cortar la carcasa del compresor.

1.1.1.2.4. Funcionamiento de compresores alternativos.

Dado que los compresores seleccionados para nuestra instalación van a ser alternativos, vamos a explicar un poco su funcionamiento.

Los compresores alternativos son máquinas de desplazamiento positivo en el que el gas es comprimido por medio de émbolos. El funcionamiento es el siguiente:

Cuando el pistón se halla en el PMS (A, punto muerto superior) y comienza su carrera descendente, el espacio dentro del cilindro se encuentra lleno de gas todavía a una presión ligeramente superior a la de descarga y en el transcurso de la carrera descendente, va disminuyendo la presión en el interior del cilindro, hasta que la tensión del resorte correspondiente cierra la válvula de escape. Por lo cual durante la primera parte de la carrera de expansión ambas válvulas están cerradas (B). Cuando el pistón alcanza la posición en la cual el vacío dentro del cilindro es suficiente para provocar la apertura de la válvula de aspiración, este comienza a aspirar vapor, según un proceso esencialmente isobárico, hasta que se alcanza el PMI (C, punto muerto inferior).

Cuando el pistón inicia su carrera ascendente, se cierra la válvula de admisión (D), debido a un ligero incremento de la presión en el interior del cilindro. A partir de este momento, con las dos válvulas cerradas, se inicia la compresión del gas según un proceso esencialmente adiabático, hasta alcanzarse la posición del pistón en la cual la presión en el interior del cilindro sea superior a la del tarado de la válvula de descarga (E). Al continuar la carrera ascendente, el gas contenido en el interior del cilindro es impulsado hacia el exterior, según un proceso esencialmente isobárico, hasta que el pistón alcanza de nuevo el PMS, momento en el que se vuelve a iniciar la secuencia.

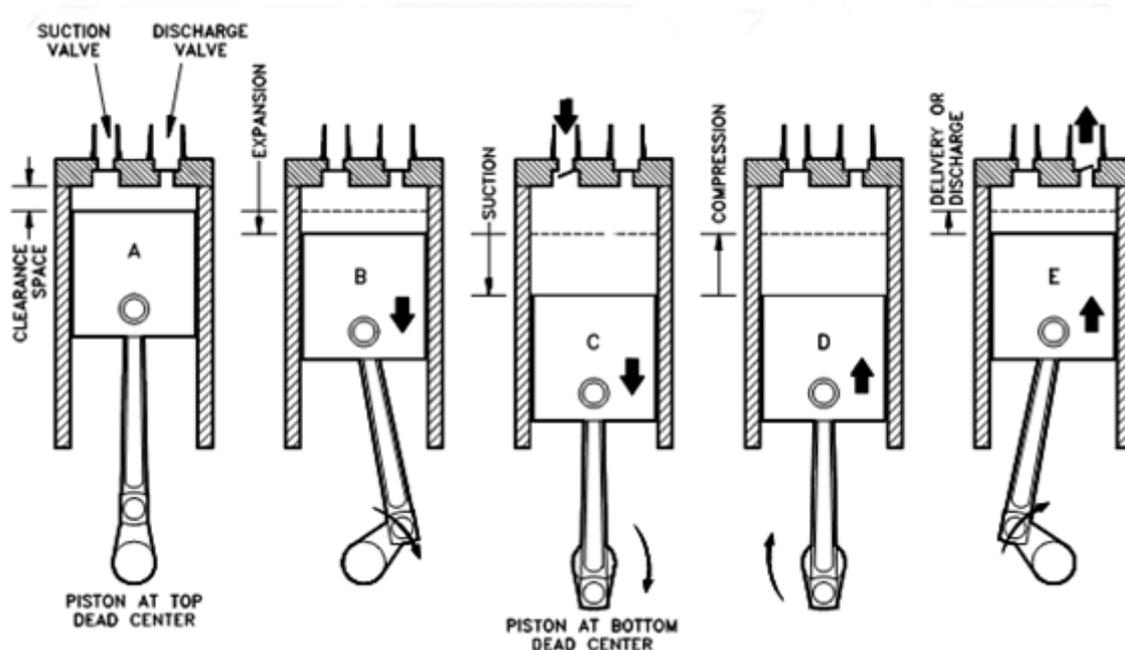


Figura 1.1.1.2.4.1. Tiempos compresor alternativo.

1.1.2. Regulación de capacidad.

La instalación cuenta con dos compresores, uno en stand-by y el otro en funcionamiento, que alimentará a varios evaporadores de distintos recintos y temperaturas. Este contará con una carga irregular ya que una vez alcanzada la temperatura requerida en la cámara, la válvula solenoide cerrará el paso a ella. La regulación también servirá para reducir el par de arranque y facilitar la puesta en marcha del compresor.

Nuestro compresor contará con un sistema de reducción de capacidad variando el número de cilindros. Esta acción es controlada por un presostato de regulación de capacidad.

1.1.3. Selección para la instalación.

Para la selección del compresor utilizamos el software de la marca de refrigeración **Bitzer**. Con esta herramienta seleccionamos dos compresores semiherméticos de pistones para nuestra instalación. Aunque contaremos con dos compresores, uno de ellos estará parado cuando funcione el otro.

1.1.4. Parámetros de selección.

Para seleccionar el compresor no centraremos en los siguientes datos:

| Parámetro | Datos |
|--|-------------------------|
| Tipo de refrigerante usado | R-410A |
| Tª de evaporación media de las cámaras | -17,5 °C |
| Tª de condensación | 43 °C |
| Frecuencia eléctrica y tensión | 50 Hz, 400 V |
| Tª del gas aspirado | -6 °C |
| Subenfriamiento fuera del condensador | 5 °C |
| Recalentamiento en el evaporador | 5 °C |
| Vcil | 27,02 m ³ /h |

Tabla 1.1.4.1. Parámetros selección compresor.

Con estos datos escogemos el compresor **Bitzer 4VDC-10Y-40P**, que es el que mejor se adapta a nuestras características.

1.1.5. Datos técnicos.

Este cuenta con las siguientes características:

| Característica | Datos |
|---|------------------------|
| Características técnicas compresor | |
| Desplazamiento (1450 RPM 50 Hz) | 28,9 m ³ /h |
| Desplazamiento (1750 RPM 60 Hz) | 34,9 m ³ /h |
| Nº de cilindros / taladro / cilindrada | 4 / 55 mm / 35 mm |
| Peso | 141 kg |
| Sobrepresión máxima admisible (LP / HP) | 22 / 42 bar |

| | |
|---|------------------------|
| Conexión tubería de aspiración SV | 28 mm – 1 1/8" |
| Conexión tubería de impulsión DV | 22 mm – 7/8" |
| Lubricación | Bomba de aceite |
| Tipo de aceite R410A | BSE55 (standard) |
| Datos motor | |
| Voltaje | 380 – 420 V – 50 Hz |
| Intensidad máxima de operación | 23,0 A |
| Relación de bobinado | 50 / 50 |
| Corriente de arranque (rotor bloqueado) | 59,0 A Y / 99,0 A YY |
| Potencia máxima | 14,3 kW |
| Protección eléctrica | |
| Protección motor | SE – B1 |
| Caja de bornes | IP65 |
| Amortiguadores de vibración | Standard |
| Carga de aceite | 2,60 litros |
| Opciones disponibles | |
| Sensor de temperatura de descarga | Opcional |
| Arranque sin carga | Opcional |
| Ventilador adicional | Opcional |
| Válvula de servicio de aceite | Opcional |
| Resistencia de cárter | 0,140 W PTC (Opcional) |
| Monitor de nivel de aceite | OLC-K1 (Opcional) |

Tabla 1.1.5.1 Características técnicas del compresor Bitzer 4VDC-10Y.

1.1.6. Imagen.



Figura 1.1.6.1. Imagen compresor Bitzer 4VDC-10Y.

1.1.7. Datos del rendimiento en el punto de operación.

Los datos que nos proporciona el fabricante del compresor para una temperatura de evaporación de $-17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y condensación de $43\text{ }^{\circ}\text{C}$ (sin pérdidas de carga y para una T^a media de los evaporadores) respecto a la potencia frigorífica son:

| Característica | Datos |
|------------------------------------|--------------------------|
| Potencia frigorífica del compresor | 14,77 kW |
| Capacidad refrigeración evaporador | 14,23 kW |
| Consumo de potencia | 6,92 kW |
| Consumo de corriente (400 V) | 12,24 A |
| COP | 2,03 |
| Temperatura de descarga | 104,9 $^{\circ}\text{C}$ |

Tabla 1.1.7.1. Datos punto de funcionamiento compresor.

1.1.8. Límites de aplicación.

Considerando la temperatura de evaporación $-17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la de condensación $43\text{ }^{\circ}\text{C}$, obtenemos el siguiente gráfico de operación.

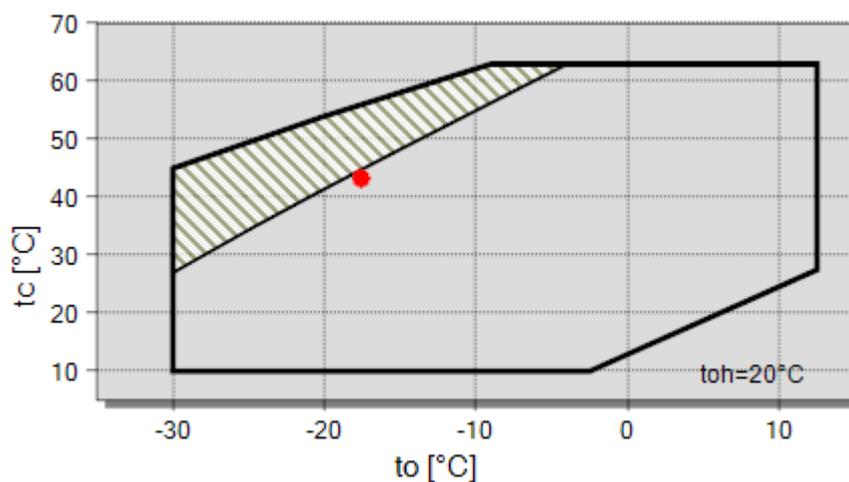


Figura 1.1.8.1. Límites de aplicación.

1.2. Condensador.

El condensador debe tener suficiente volumen para que tenga amplia cabida de refrigerante comprimido que entra en el mismo mientras se produce la condensación y, en segundo lugar, la necesaria superficie de radiación para

obtener una rápida transferencia de calor latente de dicho refrigerante al medio enfriador ya sea aire o agua.

1.2.1. Tipos de condensadores.

Los condensadores se pueden clasificar según el tipo de calor intercambiado (sensible o latente) o más comúnmente según el fluido que se emplee para absorber el calor, según este último criterio disponemos de los siguientes tipos:

- Condensadores enfriados por agua.
- Condensadores enfriados por aire.
- Condensadores evaporativos (combinación de ambos).

En los primeros dos se produce el enfriamiento del fluido frigorígeno gracias a un aumento de calor sensible del medio condensante, mientras que en el tercero se realiza gracias al calor latente de vaporización del agua, fenómeno que se favorece mediante corrientes de aire.

El condensador más apropiado en este tipo de instalación será el condensador de agua multitubular horizontal. Este está formado por un recipiente cilíndrico de chapa de acero y tubos interiores por los que circula el agua de mar enfriadora.

Estos tubos van mandrilados y ajustados a unas pletinas soldadas a los extremos del recipiente, el cual se halla provisto de tapas (cabezales) que se pueden desmontar para la limpieza de los tubos.

1.2.2. Selección del condensador.

Mediante el software de **Bitzer** seleccionamos dos condensadores apropiados para nuestra instalación. Establecemos un margen de seguridad del 10% en cuanto a la potencia calorífica a disipar por el condensador. Para la selección utilizamos los siguientes datos:

| Parámetro | Datos |
|-------------------------------------|----------|
| Refrigerante | R-410A |
| Fluido refrigerante | Agua |
| Potencia calorífica del condensador | 13,71 kW |
| Temperatura de condensación | 43 °C |

| | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| Temperatura del agua de entrada | 25 °C |
| Subenfriamiento en el condensador | 5 °C |
| Fouling factor | 0,00004 m ² · K/W |

Tabla 1.2.2.1. Datos de selección condensador.

Con estos datos escogemos el condensador **Bitzer K073H**.

1.2.3. Datos técnicos.

Este cuenta con las siguientes características:

| Característica | Datos |
|---------------------------|---------------------|
| Peso | 11 kg |
| Ancho total | 602 mm |
| Altura total | 184 mm |
| Diámetro de la carcasa | 108 mm |
| Entrada de refrigerante | 12 mm – 1/2" |
| Salida de refrigerante | 10 mm – 3/8" |
| Entrada de agua (2 pasos) | 2 x 1/2" |
| Salida de agua (2 pasos) | 3/4" |
| Entrada de agua (4 pasos) | 1/2" |
| Salida de agua (4 pasos) | 1/2" |
| Volumen de refrigerante | 3,4 dm ³ |

Tabla 1.2.3.1. Datos técnicos del condensador.

1.2.4. Imagen.



Figura 1.2.4.1. Imagen condensador.

1.2.5. Datos en el punto de funcionamiento.

Para una temperatura de entrada del agua de mar de 28 °C (especificación técnica), obtenemos los siguientes datos:

| Característica | Datos |
|---------------------------------------|------------------------|
| Potencia calorífica máxima | 15,30 kW |
| Temperatura de condensación | 43,0 °C |
| Temperatura de salida del agua de mar | 32,3 °C |
| Flujo de agua de mar | 1,81 m ³ /h |
| Flujo mínimo de agua de mar | 0,85 m ³ /h |
| Flujo máximo de agua de mar | 2,75 m ³ /h |
| Velocidad de flujo | 1,06 m/s |
| Pérdida de presión | 0,05 bar |

Tabla 1.2.5.1. Datos de operación del condensador.

1.3. Bomba de refrigeración del condensador.

Esta bomba hace circular el agua salada de refrigeración del condensador, para este fin seleccionaremos una bomba de tipo centrífugo. Esta aspirará el agua de una toma lateral del buque y una vez haya pasado por el condensador volverá a salir por otra toma lateral.

Para calcular esta bomba necesitaremos:

- Caudal a suministrar por la bomba: Este caudal es de 1,81 m³/h (apartado 1.2.5).
- Altura total manométrica (H): Esta altura será la que tendrá que proporcionar la bomba para que el agua circula. Esta englobará tanto las pérdidas de carga de la tubería y singularidades como del desnivel que tenga que vencer dicha bomba.

-

1.3.1. Altura total manométrica.

$$H = H_g + P_c + 10 \cdot \frac{P_i - P_a}{\gamma} \quad \text{Ec (1.3.1.1)}$$

En la cual:

H_g = Altura geométrica que debe vencer el fluido, en m. Suponemos que este término es 0, por encontrarse la instalación al mismo nivel.

P_c = Pérdida de carga del fluido a su paso por las tuberías y elementos singulares, en m.

$\frac{P_i - P_a}{\gamma}$ = Término que representa la presión diferencial existente entre las superficies del líquido en la impulsión y en la aspiración de la bomba, dividido por su peso específico. El resultado se expresa en m. (Para nuestra instalación este valor es 0 dado que aspira y descarga a la atmósfera).

- **Hg.**

$$H_g = H_a + H_i \quad \text{Ec (1.3.1.2)}$$

La altura geométrica (H_g) será la resultante de sumar la altura de aspiración (H_a) y la altura de impulsión (H_i) (Figura 1.3.1.1.).

Donde:

H_a = Altura geométrica desde el nivel mínimo del agua hasta el eje de la bomba, en m. (Suponemos 1 m).

H_i = Altura geométrica medida desde el eje de la bomba hasta el nivel máximo de elevación. (Suponemos que el nivel del mar está 1 m por debajo de la aspiración).

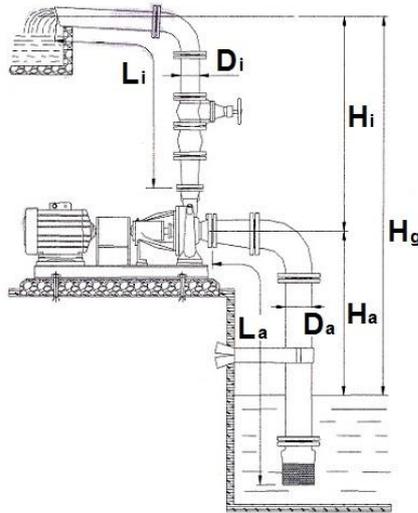


Figura 1.3.1.1. Altura total geométrica.

- **Pc.**

Para calcular las pérdidas de carga en las tuberías debemos tener en cuenta las pérdidas primarias (tramos rectos) y las secundarias (accesorios).

Debemos primero determinar la velocidad del fluido por el circuito, para así obtener el diámetro interior del mismo.

$$Q = s \cdot v \quad \text{Ec (1.3.1.3.)}$$

Donde:

Q = Caudal circulante, en m^3/h .

s = Sección interior de la tubería, en m^2 .

v = Velocidad del fluido por la tubería, en m/s (será 1,5 m/s según los valores proporcionados por fluidos.eia.edu.co)

Así obtenemos un valor de **s = 0,0003352 m^2** .

Con este valor de sección obtenemos un diámetro de tubería de 0,81", dado que este valor no es un tamaño comercial, seleccionamos un diámetro de tubería de **3/4"**.

- **Pérdidas primarias.**

Una vez hallado el diámetro de tubería a usar, podemos proceder a determinar las pérdidas de carga primarias, según la ecuación de Darcy Weisbach:

$$h_p = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad \text{Ec (1.3.1.4.)}$$

Donde:

f = Coeficiente de fricción (a determinar mediante el diagrama de Moody).

L = Longitud de la tubería, en m (15 m).

D = Diámetro interno de la tubería, en m.

v = Velocidad media del fluido, en m/s (1,5 m/s según fluidos.eia.edu.co).

g = Aceleración de la gravedad, en m/s^2 (9,81 m/s^2).

Para determinar el valor de f , mediante el diagrama de Moody, debemos tener en cuenta el valor de la rugosidad absoluta:

$\varepsilon = 0,09$ mm para el acero comercial.

Con la rugosidad relativa y el número de Reynolds procedemos a obtener el factor de fricción en el diagrama de Moody:

$\frac{\varepsilon}{D}$ = Rugosidad relativa, en m.

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad \text{Ec (1.3.1.5.)}$$

En la cual:

ρ = Densidad del agua de mar, en kg/m^3 .

v = Velocidad del fluido circulante, en m/s.

D = Diámetro de la tubería, en m.

μ = Viscosidad dinámica del agua de mar, en $\text{kg/m} \cdot \text{s}$ (0,000979 $\text{kg/m} \cdot \text{s}$).

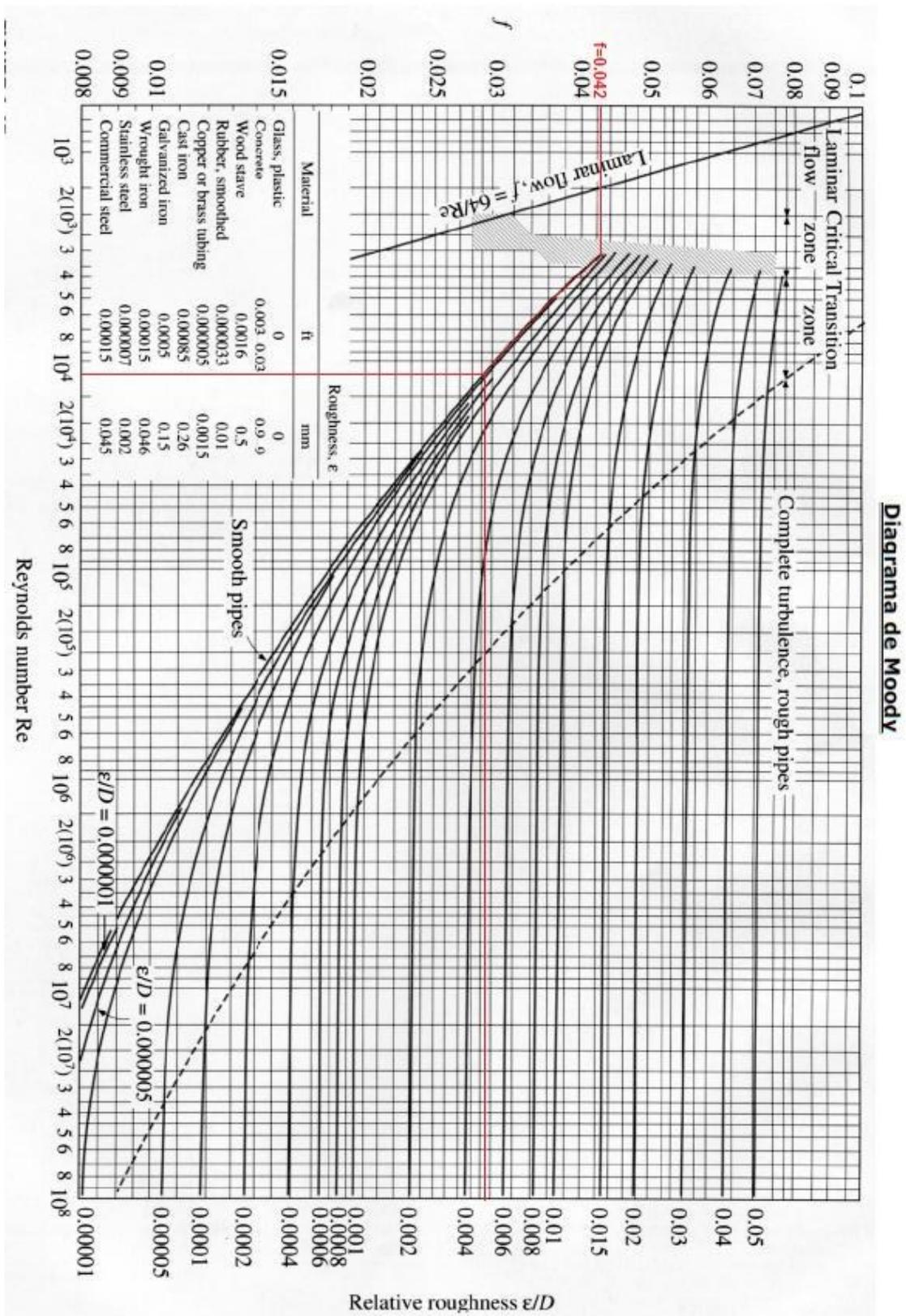


Figura 1.3.1.2. Diagrama de Moody.

- **Pérdidas secundarias.**

Estas son las producidas por los accesorios de las tuberías y las determinaremos mediante la siguiente fórmula:

$$h_s = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad \text{Ec (1.3.1.6.)}$$

En la cual:

K = Coeficiente empírico adimensional.

v = velocidad del fluido, en m/s.

g = Valor de la aceleración de la gravedad, en m/s^2 .

Realizamos una tabla con las singularidades del circuito y sus valores adimensionales correspondientes:

| Elemento | K | Número |
|--------------------------------|------|--------|
| Codos de 90° (con bridas) | 0,90 | 6 |
| T (salida lateral) | 1,80 | 6 |
| Válvula de compuerta (abierta) | 0,2 | 6 |

Tabla 1.3.1.1. Accesorios tubería.

Realizamos en el EES todos los cálculos de pérdidas hasta ahora citados y obtenemos los siguientes valores:

| Datos | Valores |
|-------------------|---------|
| Q=1,81 | |
| Qs=1,81/3600 | |
| v=1,5 | |
| g=9,81 | |
| L=15 | |
| visc.din=0,000979 | |
| ro=1030 | |
| Eabs=0,000045 | |
| f=0,042 | |
| D2=0,75*0,0254 | |
| Kcod=0,9 | |
| Kt=1,8 | |

| | |
|---|--------------------------|
| $K_{valv}=0,2$ | |
| $H_g=2$ | |
| | |
| Determinación de la sección | |
| $Q_s=s*v$ | 0,0003352 m ² |
| | |
| Determinación del diámetro | |
| $s=\pi*(r^2)$ | 0,01033 m ² |
| $D=2*r$ | 0,02066 m |
| $D_{pulg}=D/0,0254$ | 0,8133" |
| | |
| Reynolds | |
| $Re=\rho*v*D2/visc.din$ | 30064 |
| | |
| Rugosidad relativa | |
| $E_{rel}=E_{abs}/D2$ | 0,002362 |
| | |
| Pérdidas de carga primarias | |
| $h_p=f*(L/D2)*((v^2)/(2*g))$ | 3,793 m |
| | |
| Pérdidas de carga secundarias codos | |
| $h_{sc}=K_{cod}*((v^2)/(2*g))$ | 0,6193 m |
| | |
| Pérdidas de carga secundarias T | |
| $h_{st}=K_t*((v^2)/(2*g))$ | 1,239 m |
| | |
| Pérdidas de carga secundarias válvulas compuerta | |
| $h_{svc}=K_{valv}*((v^2)/(2*g))$ | 0,1376 m |
| | |
| Pérdidas secundarias totales | |
| $h_s=h_{sc}+h_{st}+h_{svc}$ | 1,995 m |
| | |
| Pérdidas totales de carga | |
| $P_c=h_p+h_s$ | 5,788 m |
| | |
| Altura a proporcionar por la bomba | |
| $H=H_g+P_c$ | 7,788 m |

Tabla 1.3.1.2. Determinación pérdidas de carga.

Así obtenemos unas pérdidas de carga totales en la instalación de **H = 7,79 m**.

1.3.2. Selección de la bomba.

Seleccionamos una bomba **SACI CRB 300**, que tiene las siguientes características:

| Parámetro | Valor |
|-----------|----------------------|
| Potencia | 2,2 kW |
| R.P.M | 2850 |
| Amperaje | 5,2 A |
| Voltaje | 400 V |
| Altura | 17,2 mc.a. |
| Caudal | 20 m ³ /h |

Tabla 1.3.2.1. Características técnicas bomba condensador.



Figura 1.3.2.1. Bomba del condensador.

1.4. Evaporadores

Los evaporadores son los intercambiadores de calor en los que tiene lugar la evaporación del fluido frigorígeno sustrayendo calor del espacio que queremos enfriar.

Antes de llegar a la válvula de expansión, el refrigerante se halla en estado líquido a alta presión y después de pasar por ella, se convierte en una mezcla

heterogénea de líquido – gas. La proporción de gas en esta mezcla dependerá, del tipo de refrigerante, de su temperatura de entrada en la válvula y de su temperatura de evaporación. La proporción de gas aumenta conforme va absorbiendo calor del recinto a refrigerar, llegando a ser totalmente gas ($X=1$) a la salida del evaporador.

1.4.1. Clasificación de los evaporadores.

Debido a las diversas aplicaciones de la refrigeración mecánica, los evaporadores se fabrican en distintos diseños, pudiendo clasificarse según varios criterios diferentes como:

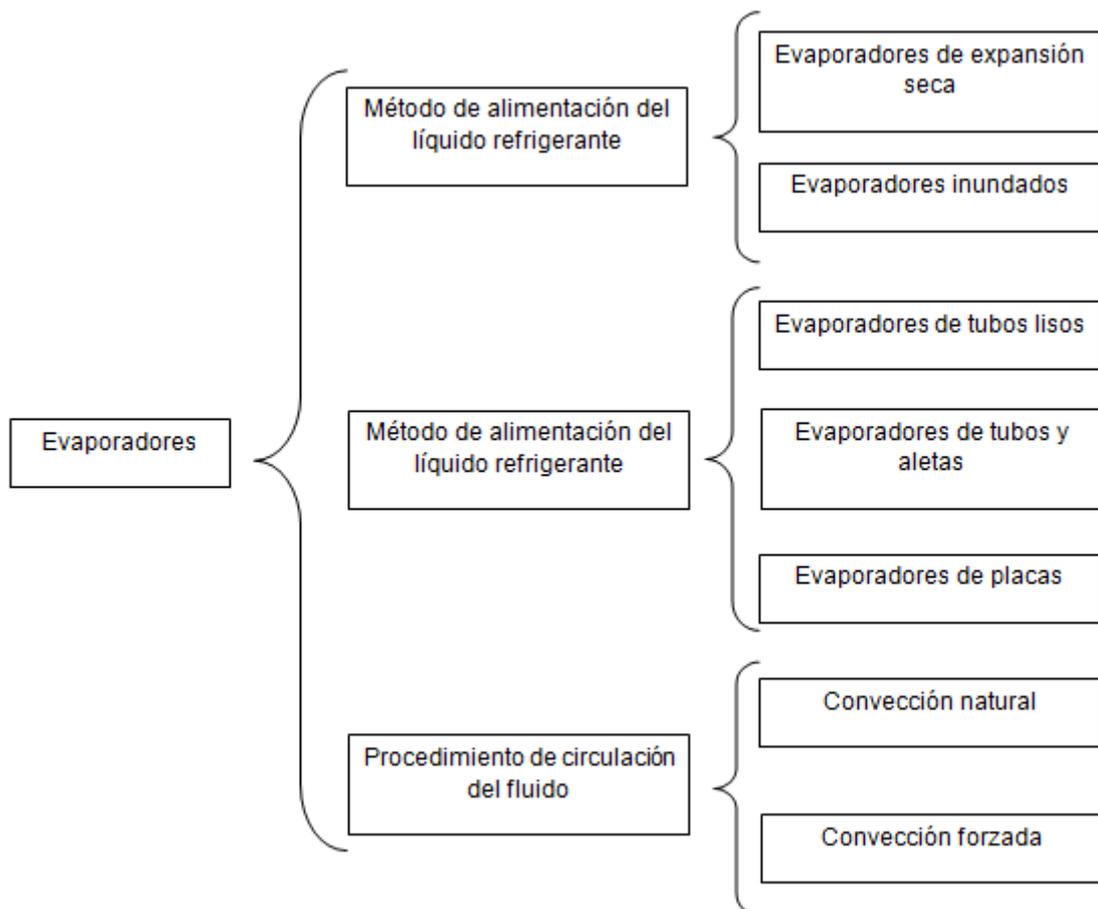


Figura 1.4.1.1. Esquema clasificación evaporadores.

El tipo de los evaporadores de nuestra instalación serán de expansión seca, de tubos y aletas y circulación de aire por convección forzada.

1.4.2. Sistemas de desescarche.

El vapor de agua que se halla en suspensión en el aire que atraviesa el evaporador, si está por debajo de los 0 °C se deposita en forma de escarcha sobre las paredes de este. El efecto de abrir las puertas de las cámaras, produce que entre aire exterior que contiene humedad y una temperatura más elevada que la de la cámara. Los productos almacenados también despiden humedad.

Esta escarcha impide el paso del aire, dificultando la debida transmisión térmica, siendo además un medio menos transmisor. Todo ella produce una disminución de la producción frigorífica, aumentando el tiempo de funcionamiento de los compresores. Así pues es necesario realizar periódicamente el desescarche de los evaporadores.

Los medios más utilizados en la refrigeración comercial e industrial son los siguientes;

- Desescarche por agua.
- Desescarche por elementos de calefacción eléctrica.
- Desescarche por gas caliente procedente de la descarga del compresor.

El sistema que vamos a emplear en esta instalación es el desescarche por calefacción eléctrica mediante resistencias en las baterías de los evaporadores.

La escarcha que se funde a su contacto con las aletas y los tubos calientes, se desprende y termina de fundirse en la bandeja del desagüe, colocada en la parte inferior del evaporador, que a su vez se encuentra calentada también por resistencias de desagüe.

Este procedimiento es muy utilizado en cámaras con temperaturas de evaporación por debajo de los 0 °C y que no requieran de grandes superficies de intercambio. Además tiene las siguientes ventajas:

- Es un procedimiento relativamente rápido.
- Puede automatizarse muy fácilmente por medio de un temporizador.
- Es un procedimiento económico.

1.4.3. Selección de los evaporadores.

Para seleccionarlos utilizaremos el software **K-Selector** de la marca **Frimetal**, en el cual introduciremos los siguientes datos para obtener los evaporadores.

| Parámetro | Antecámara | Cámara de verduras | Cámara de pescados | Cámara de carnes |
|----------------------------|------------|--------------------|--------------------|------------------|
| Tipo de evaporador | Cúbico | Cúbico | Cúbico | Cúbico |
| Temperatura de evaporación | -3 °C | -3 °C | -32 °C | -32 °C |
| Temperatura de la cámara | 2 °C | 2 °C | 25 °C | 25 °C |
| Potencia frigorífica | 2,252 kW | 3,232 kW | 1,105 kW | 1,105 kW |
| Tipo de refrigerante | R-410A | R-410A | R-410A | R-410A |

Tabla 1.4.3.1. Datos de selección de los evaporadores.

Para los evaporadores de alta seleccionaremos dos evaporadores diferentes, dado que su potencia frigorífica también lo es y para las cámaras de baja seleccionaremos dos evaporadores iguales, uno para cada cámara, ya que estas tienen la misma potencia frigorífica.

Evaporador antecámara.

FrimetalK>Select Ver.2012.0.0.0



06/02/2015 12:14:30

FRIMETAL, S.A.
c/ San Toribio, 6, 28031 Madrid, España
www.frimetal.es / com@frimetal.es
Fax: +34 91 7774761
Tlf: +34 91 3030426

Selección de evaporadores / Datos técnicos

| <u>Modelo</u> | FRM-240 | <u>Batería</u> | |
|-------------------------|-------------|---------------------------------|--------|
| Refrigerante | R-410A | Superficie (m2) | 13,9 |
| Capacidad | 2.635 W | Conexión entrada | 1/2" |
| Temperatura de cámara | 2°C | Conexión salida (mm) | 22 |
| Salto térmico DT1 | 5°C | Vol. Interior (dm3) | 2,9 |
| | | Separación de aletas (mm) | 4,2 |
| <u>Ventiladores</u> | | <u>Resistencias desescarche</u> | |
| Número ventiladores | 2 | | |
| Diámetro (mm) | 300 | Reducido | Normal |
| Corriente | 380V/1 50Hz | nº | - |
| Caudal aire (m3/h) | 2.920 | Potencia (W) | - |
| Potencia total (W) | 180 | | |
| Consumo total (A) | 0,76 | | |
| Nivel sonoro (dBA 10 m) | 45 | | |
| Proyección (m) | 14 | Peso total (kg) | 32 |

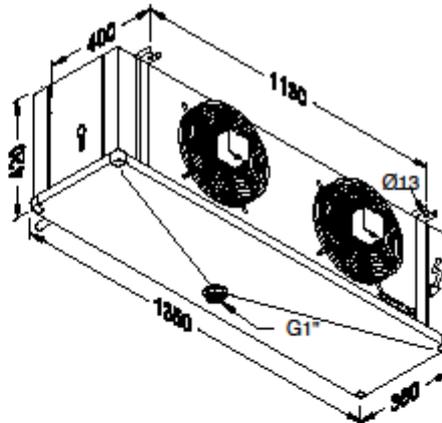


Figura 1.3.2.2. Ficha técnica evaporador antecámara.

Evaporador cámara de verduras.

FrimetalK>Select Ver.2012.0.0.0



Selección de evaporadores / Datos técnicos

06/02/2015 12:21:30

FRIMETAL, S.A.
c/ San Toribio, 6, 28031 Madrid, España
www.frimetal.es / com@frimetal.es
Fax: +34 91 7774761
Tlf: +34 91 3030426

| <u>Modelo</u> | FRM-260 | <u>Batería</u> | |
|-------------------------|-------------|---------------------------------|--------|
| Refrigerante | R-410A | Superficie (m2) | 18,5 |
| Capacidad | 3.234 W | Conexión entrada | 1/2" |
| Temperatura de cámara | 2°C | Conexión salida (mm) | 22 |
| Salto térmico DT1 | 5°C | Vol. Interior (dm3) | 3,9 |
| | | Separación de aletas (mm) | 4,2 |
| <u>Ventiladores</u> | | <u>Resistencias desescarche</u> | |
| Número ventiladores | 2 | | |
| Diámetro (mm) | 300 | Reducido | Normal |
| Corriente | 380V/1 50Hz | nº | - |
| Caudal aire (m3/h) | 2.860 | Potencia (W) | - |
| Potencia total (W) | 180 | | |
| Consumo total (A) | 0,76 | | |
| Nivel sonoro (dBA 10 m) | 45 | | |
| Proyección (m) | 14 | Peso total (kg) | 35 |

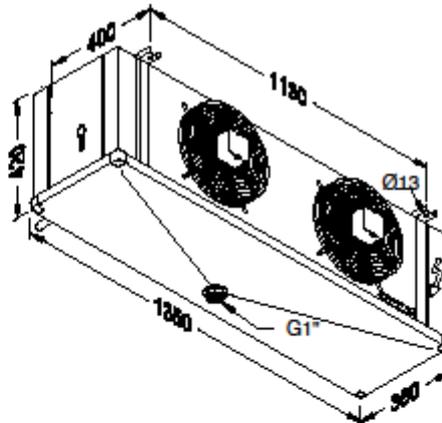


Figura 1.3.2.3. Ficha técnica evaporador cámara de verduras.

Evaporador cámara de carnes y pescados.

FrimetalK>Select Ver.2012.0.0.0



Selección de evaporadores / Datos técnicos

06/02/2015 12:22:26

FRIMETAL, S.A.
c/ San Toribio, 6, 28031 Madrid, España
www.frimetal.es / com@frimetal.es
Fax: +34 91 7774761
Tlf: +34 91 3030426

| <u>Modelo</u> | FRL-90 | <u>Batería</u> | |
|-------------------------|----------------|---------------------------------|--------|
| Refrigerante | R-410A | Superficie (m2) | 6 |
| Capacidad | 1.456 W | Conexión entrada | 1/2" |
| Temperatura de cámara | -25°C | Conexión salida (mm) | 16 |
| Salto térmico DT1 | 7°C | Vol. Interior (dm3) | 2,8 |
| | | Separación de aletas (mm) | 9 |
| <u>Ventiladores</u> | | <u>Resistencias desescarche</u> | |
| Número ventiladores | 1 | Reducido | Normal |
| Diámetro (mm) | 300 | nº | 3 |
| Corriente | 380V/1 50/60Hz | Potencia (W) | 1.650 |
| Caudal aire (m3/h) | 1.450 | | |
| Potencia total (W) | 80 | | |
| Consumo total (A) | 0,38 | | |
| Nivel sonoro (dBA 10 m) | 42 | | |
| Proyección (m) | 11 | Peso total (kg) | 21 |

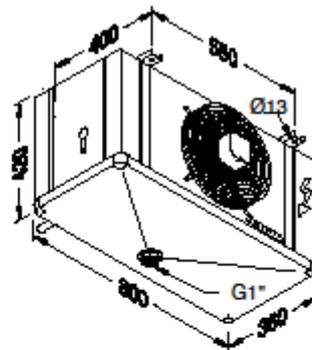


Figura 1.3.2.4. Ficha técnica evaporador cámara de carnes y pecados.

1.5. Filtro deshidratador.

En un circuito frigorífico teórico y estanco, antes de su puesta en marcha, no debería aparecer ninguna señal de humedad. Esto en la práctica no es posible, y además después de un tiempo de funcionamiento siempre pueden aparecer restos de humedad que se había adherido al circuito.

Para contrarrestar este posible efecto, se colocará un filtro deshidratador que se ubicará después del recipiente de líquido y antes de la válvula de expansión. Se le montará un sistema de bypass para permitir su sustitución cuando éste se sature u obstruya. Este filtro será de conexión mediante rosca para así facilitar el mantenimiento.

Con el programa de selección **Coolselector** seleccionamos dos filtros **Danfoss modelo DCL – 303 023Z0012**, que tiene las siguientes características:

| Característica | Valor |
|-----------------------------|---------------------|
| Tipo | DCL 303 |
| Peso | 1,28 kg |
| Capacidad ácido | 6,40 g |
| Homologación | UL |
| Conexión material | Acero |
| Tamaño núcleo | 30 cu.in. |
| EAN | 5702428160216 |
| Tamaño conexión de entrada | 3/8" |
| Tipo de conexión de entrada | Tuerca |
| Máxima presión de trabajo | 46,0 bar |
| Volumen neto | 0,224 l |
| Tamaño conexión de salida | 3/8" |
| Tipo de conexión de salida | Tuerca |
| Refrigerantes | HCFC / HFC |
| Volumen de la carcasa | 0,72 l |
| Superficie de núcleo sólido | 378 cm ² |
| Volumen de núcleo sólido | 494 cm ³ |
| Rango de temperatura | -40 – 70 °C |

Tabla 1.5.1. Características técnicas filtro deshidratador.



Figura 1.5.1. Filtro deshidratador.

1.6. Visores de líquido.

Serán instalados en las tuberías de líquido, después del filtro deshidratador, lo que nos permitirá detectar la presencia de burbujas de vapor en la tubería de líquido durante su funcionamiento así como el contenido en humedad del refrigerante.

Seleccionamos dos visores **Danfoss SGP 10S 014L0035**, que cuentan con las siguientes características técnicas:

| Característica | Valor |
|-----------------------------|---------------------|
| Tipo | SGP 10 S I 014L0035 |
| Peso | 0,116 kg |
| Homologación | C UL US LISTED, EAC |
| EAN | 5702428838788 |
| Tamaño conexión entrada | 3/8" |
| Tipo de conexión de entrada | Soldar, ODF |
| Máxima presión de trabajo | 52,0 bar |
| Tipo de conexión de salida | Soldar, ODF |
| Tamaño conexión de salida | 3/8" |
| Refrigerantes | HCFC , HC |
| Rango de temperaturas | -50 – 80 °C |
| Indicador de humedad | Si |

Tabla 1.6.1. Características visor de líquido.



Figura 1.6.1. Visores de líquido.

1.7. Válvulas de expansión.

Para alimentar de refrigerante al evaporador, se hace a través de un control de flujo de refrigerante, también llamado válvula de expansión.

La válvula de expansión debe estar concebida para regular la inyección de refrigerante líquido en los evaporadores, en función del recalentamiento del refrigerante a la salida del evaporador, siendo este recalentamiento proporcional a la carga, en el evaporador.

El refrigerante llega a esta válvula en estado líquido y a la presión de condensación. Al pasar a través de su orificio calibrado experimenta una caída de presión, evaporándose parcialmente y enfriándose, por lo que a su salida está en forma bifásica.

1.7.1. Tipos de válvula de expansión.

Existen sistemas diferentes para la alimentación del refrigerante, como pueden ser:

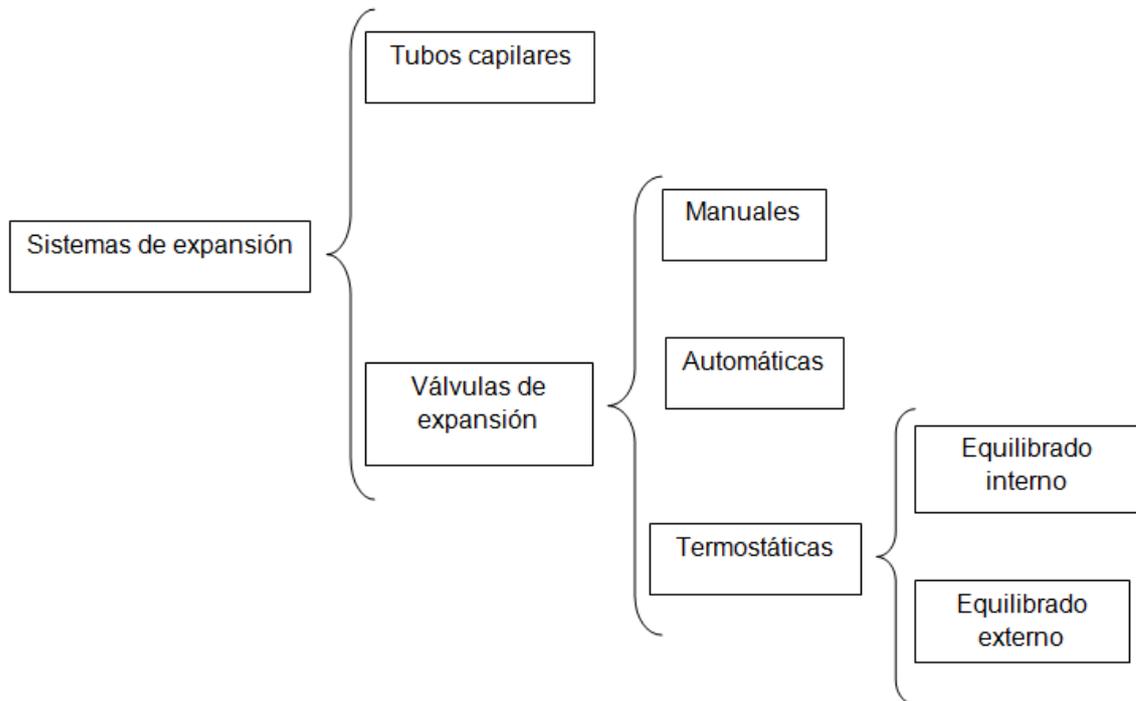


Figura 1.7.1.1. Clasificación de las válvulas de expansión.

Para nuestra instalación seleccionaremos válvulas de expansión termostáticas de equilibrado externo, ya que además de estar diseñadas para regular el flujo de refrigerante en función de la carga, además protege al compresor de la entrada de líquido, ya que mantiene el grado de recalentamiento del gas a la salida del evaporador.

Funcionamiento de la válvula de expansión termostática equilibrada exteriormente.

La presión del evaporador que actúa sobre el diafragma es la presión de salida del evaporador, en lugar de la presión de entrada.

Esto se consigue aislando completamente el diafragma de la válvula de la presión de entrada del evaporador, permitiendo al mismo tiempo que la presión de salida del evaporador actúe sobre el diafragma por medio de un tubo de pequeño diámetro conectado a la salida del evaporador. Este se sitúa a unos 15 o 20 cm detrás del bulbo remoto en el lado de aspiración. De esta forma el efecto de caída de presión a través del evaporador es transmitido a la válvula, así hasta que el

grado de recalentamiento requerido en la aspiración sea el equivalente a dicha válvula.

La ecuación correspondiente al equilibrio de las tres fuerzas anteriores es la siguiente:

$$F + A \cdot P_e = A \cdot P_b \quad \text{Ec (1.7.1.1)}$$

Donde:

F = Fuerza ejercida por el resorte, en N.

P_e = Presión en el interior del evaporador, en Pa.

P_b = Presión en el interior del bulbo, en Pa.

A = Área del diafragma de la válvula, en m^2 .

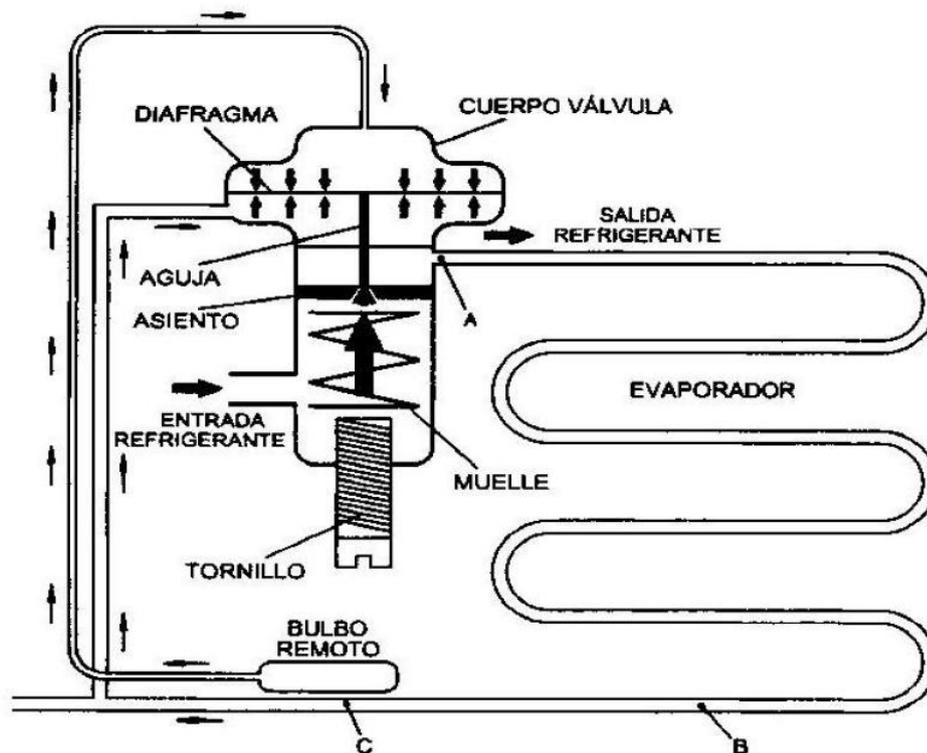


Figura 1.7.1.2. Válvula termostática.

1.7.2. Selección de las válvulas de expansión.

Para su elección utilizamos el programa **Coolselector** de **Danfoss** en el cual debemos escoger las válvulas de todas las cámaras. Para realizar la selección utilizaremos los siguientes datos:

| Parámetro | Valor |
|--------------------------------------|-----------|
| Refrigerante | R-410A |
| Recalentamiento | 5 °C |
| Temperatura de evaporación alta | -3 °C |
| Temperatura de evaporación baja | -32 °C |
| Potencia frigorífica cámara pescados | 1,105 kW |
| Potencia frigorífica cámara carnes | 1,105 kW |
| Potencia frigorífica antecámara | 2,252 kW |
| Potencia frigorífica cámara verduras | 3,232 kW |
| Pérdida de presión evaporadores alta | 17,71 bar |
| Pérdida de presión evaporadores baja | 17,93 bar |

Tabla 1.7.2.1. Parámetros selección válvulas termostáticas.

1.7.3. Cuerpo de la válvula termostática.

Para todas las cámaras seleccionamos el mismo cuerpo de válvula, dado que es apto para todas las cámaras por su rango de temperaturas. La potencia frigorífica variará cambiando el orificio de estas.

Escogemos cuatro válvulas **Danfoss TUAE 068U1714**. Estas cuentan con las siguientes características:

| Característica | Valor |
|---------------------------------|---------------------|
| Tipo | TUAE |
| Peso | 0,165 kg |
| Homologación | EAC, LLC CDC TYSK |
| Longitud de tubo capilar | 1500 mm |
| Tamaño de conexión | 3/8" x 1/2" x 1/4" |
| EAN | 5702428045506 |
| Tipo de conexión de equilibrado | Soldada, ODF |
| Tipo de conexión de entrada | Soldada, ODF |
| Máxima presión de trabajo | 45,5 bar |
| Tipo de conexión de salida | Soldada, ODF |
| Presión de equilibrado | Equilibrado externo |

| | |
|-----------------------|----------------|
| Refrigerante | R-410A |
| Recalentamiento | 5 °C |
| Rango de temperaturas | -40 °C – 10 °C |

Tabla 1.7.3.1. Características técnicas válvula de expansión.

1.7.4. Orificios de las válvulas de expansión termostáticas.

Cámaras de carnes y pescados.

Para estas dos cámaras seleccionamos dos orificios iguales, ya que sus potencias frigoríficas, temperaturas de evaporación y recalentamiento son los mismos.

Para las seleccionar el orificio de la válvula debemos tener en cuenta los parámetros anteriores. Para las cámaras de carnes y pescados seleccionamos dos orificios de **número 3**, que proporcionan una **potencia frigorífica de 1.41 kW** por válvula.

Antecámara.

Para la válvula de la antecámara seleccionamos un orificio del **número 3**, que nos proporciona una **potencia frigorífica de 2,9 kW**.

Cámara de verduras.

Para la cámara de verduras seleccionamos un orificio del **número 4**, que nos proporciona una **potencia frigorífica de 4,4 kW**.



Figura 1.7.4.1. Válvula termostática.

1.8. Separador de aceite.

Su función principal como bien su nombre indica es la de separar el aceite del refrigerante y devolver este al cárter del compresor antes de que la falta de este afecte a los componentes.

Su uso es muy importante en instalaciones de baja temperatura, cuando la disposición de la instalación no permite un franco retorno del aceite, en instalaciones que trabajan con evaporadores de sistema inundado, cuando el compresor se haya instalado a larga distancia del evaporador y en compresores que trabajen a velocidades elevadas.

La eficiencia total de un sistema, se mejora considerablemente cuando se usa un separador de aceite y se trabaja a bajas temperaturas de evaporación.

El separador de aceite se instala en el tubo de descarga. El refrigerante comprimido que contiene aceite en forma de neblina, pasa por una placa deflectora de entrada cuyo diámetro es mayor que el tubo de descarga, reduciéndose la velocidad del refrigerante. Como las partículas de aceite son más densas chocan contra la superficie de la placa deflectora escurriendo hasta el fondo, donde permanecen hasta que el nivel de aceite sube lo suficiente para abrir el flotador. A la salida del separador, el refrigerante pasa por una serie de

placas deflectoras de nuevo, donde las partículas más finas son retenidas. Un imán situado en la parte inferior del depósito se encarga de recoger las partículas metálicas en suspensión y así evitar que circulen por el sistema.

1.8.1. Selección del separador de aceite.

Seleccionamos dos separadores de aceite de la marca **Carly modelo Turboil 1504S**.

Estos cuentan con las siguientes características técnicas:

| Modelo | Tamaño racores | Volumen | Presión máxima | Presión diferencial | Tª máxima | Tª mínima |
|----------------|----------------|---------|----------------|---------------------|-----------|-----------|
| Turboil 1504 S | 1/2" | 1,86 L | 46 bar | 19 bar | 120 °C | -40 °C |

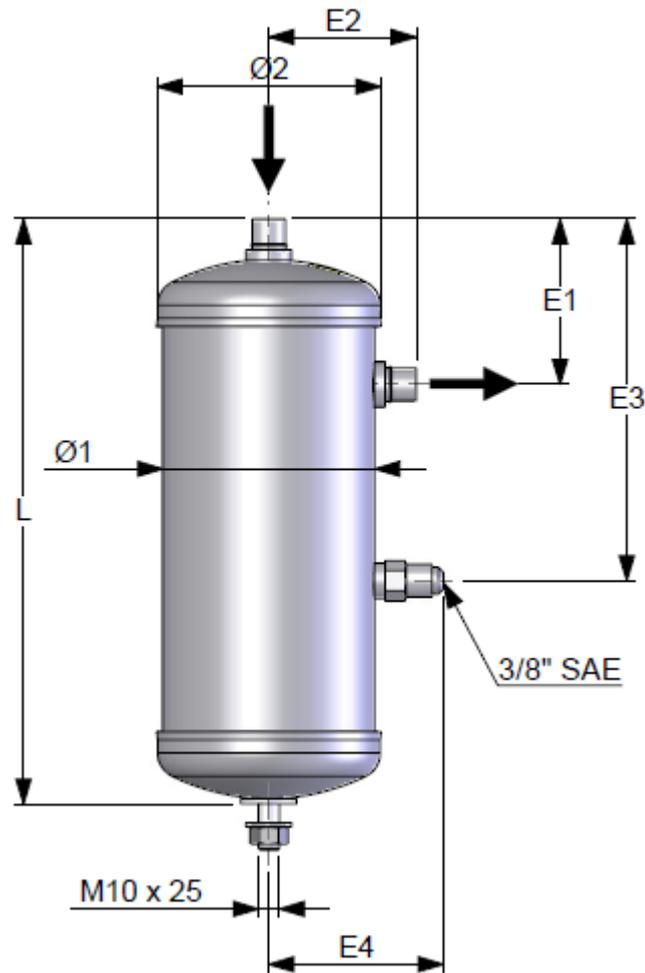
Tabla 1.8.1.1. Características técnicas separador de aceite.

1.8.2. Imagen separador de aceite.



Figura 1.8.2.1. Separador de aceite.

1.8.3. Dimensiones separador de aceite.



| Diámetro 1 | Diámetro 2 | L | E1 | E2 | E3 | E4 |
|------------|------------|--------|-------|-------|--------|-------|
| 101,6 mm | 109,0 mm | 283 mm | 80 mm | 71 mm | 175 mm | 84 mm |

Tabla 1.8.3.1. Dimensiones separador de aceite.

1.9. Mirilla de retorno de aceite.

La función de este es asegurar una óptima visibilidad de la circulación de aceite así como el estado del mismo en el sistema de control.

Seleccionamos dos visores de aceite **Carly HCYVP 23**, que cuenta con las siguientes características técnicas:

| Modelo | Diámetro nominal | Máxima presión de trabajo | T ^a máxima de trabajo | T ^a mínima de trabajo |
|----------|------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| HCYVP 43 | 3/8" | 42 bar | 120 °C | -20 °C |

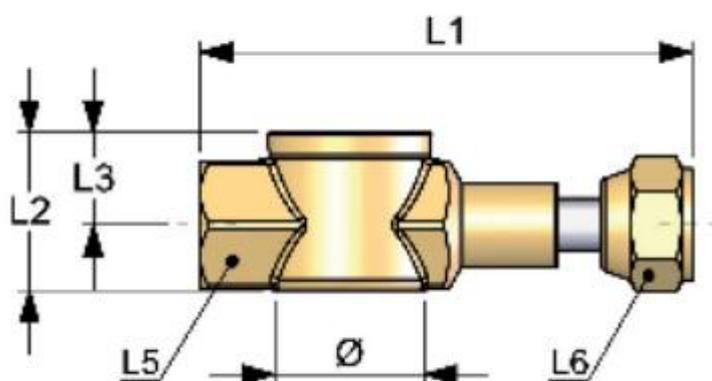
Tabla 1.9.1. Características técnicas mirilla retorno aceite.

1.9.1. Imagen mirilla retorno aceite.



Figura 1.9.1.1. Mirilla retorno aceite.

1.9.2. Dimensiones mirilla retorno aceite.



| Diámetro 1 | L1 | L2 | L3 | L5 caras superiores |
|------------|-------|-------|-------|---------------------|
| 32 mm | 92 mm | 30 mm | 17 mm | 22 mm |

Figura 1.9.2.1. Dimensiones mirilla retorno aceite.

1.10. Válvulas solenoide.

Las válvulas solenoide son dispositivos operados eléctricamente que se utilizan para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada. Estas se usan en refrigeración para cortar el suministro

de refrigerante a un determinado evaporador cuando en dicha cámara se ha obtenido la temperatura deseada. Normalmente es el termostato de la cámara el que regula la acción de dichas válvulas.

Existe una amplia variedad de tipos de válvulas solenoide, las cuales se pueden dividir de acuerdo a su aplicación, su construcción y su forma. Algunas de estas pueden ser:

- **Acción directa.**

El solenoide de acción directa se utiliza en válvulas de baja capacidad y puertos de tamaño pequeño. El émbolo está conectado mecánicamente a la aguja de la válvula. Al energizar la bobina, el émbolo se eleva hacia el centro de la misma, levantando la aguja. Dado que para funcionar, este tipo de válvula depende únicamente de su puerto, este está limitado por el tamaño de la solenoide, lo que para sistemas de grandes capacidades haría necesario una bobina de un tamaño considerable.

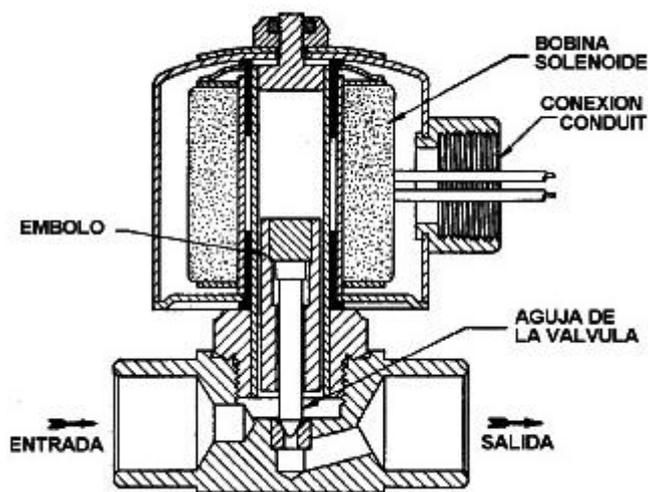


Figura 1.10.1. Solenoide acción directa.

- **Controladas por piloto.**

Las válvulas solenoide controladas por piloto, utilizan una combinación de la bobina solenoide y la presión de la línea. En estas válvulas, el émbolo está unido a un vástago que cubre un orificio piloto en lugar del puerto principal. La presión de la línea mantiene cerrado un pistón flotante o independiente contra el puerto

principal. Hay tres tipos fundamentales: de pistón flotante, de diafragma flotante y de diafragma capturado.

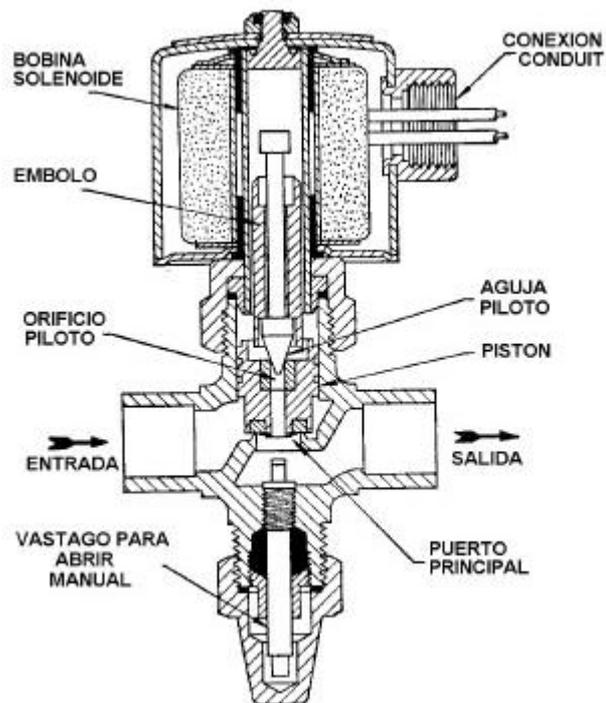


Figura 1.10.2. Válvula solenoide controlada por piloto con pistón flotante.

1.10.1. Selección de válvulas solenoide.

Cuerpo de la Válvula.

Seleccionamos cuatro válvulas solenoide **Danfoss EVR 032F1204**, una para la entrada de cada evaporador.

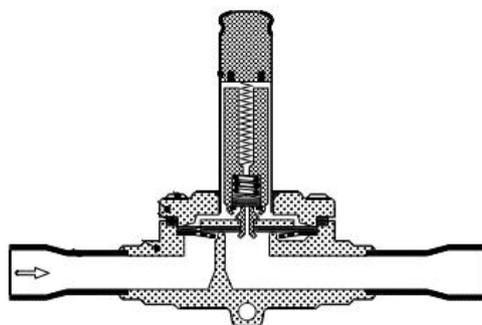


Figura 1.10.1.1. Válvula solenoide.

Estas cuentan con las siguientes características técnicas:

| Característica | Valor |
|-------------------------------|-------------------------|
| Tipo | EVR 3 |
| Peso | 0,174 kg |
| Sistema actuador | 13,5 mm |
| Rango de temperatura ambiente | -40 °C – 80 °C |
| Homologación | EAC, LLC CDC TYSK |
| Bobina | No |
| EAN | 5702422004189 |
| Función | NC |
| Tipo de conexión de entrada | Soldada, ODF |
| Tamaño de conexión de entrada | 3/8" |
| Valor Kv | 0,270 m ³ /h |
| Operación manual | No |
| Máxima presión de trabajo | 45,2 bar |
| Rango de temperatura medio | -40 °C – 105 °C |
| MOPD | Depende de la bobina |
| Tamaño de orificio | 3,30 mm |
| Tipo de conexión de salida | Soldada, ODF |
| Tamaño de conexión de salida | 3/8" |
| Refrigerante | HCFC, HFC |

Tabla 1.10.1.1. Características técnicas válvulas solenoide.

Solenoides de las válvulas.

Seleccionamos 4 solenoides **Danfoss BE230AS 018F6701** para las válvulas solenoides, con las siguientes características técnicas:

| Característica | Valor |
|-------------------------------|------------------|
| Tipo | BE230AS |
| Peso | 0,301 kg |
| Tamaño del actuador | 13,5 mm |
| Rango de temperatura ambiente | -40 °C – 80 °C |
| Homologación | LLC CDC TYSK |
| Conexión de la bobina | Caja de conexión |
| EAN | 5702428063920 |
| Clasificación IP | IP67 |
| Frecuencia eléctrica | 50 Hz |
| Voltaje de alimentación | 220 – 230 V |

Tabla 1.10.1.2. Características técnicas solenoide.



Figura 1.10.1.2. Solenoide.

1.11. Válvulas de cierre manual.

Suelen ser válvulas de bola y se ubican en todas las líneas ya sean de líquido, descarga, aspiración o retorno de aceite. Sirven para aislar una parte del circuito y realizar tareas de mantenimiento.

1.11.1. Línea de líquido.

Para la línea de líquido seleccionamos seis válvulas **Danfoss GBC 10S 009G7051P**, que cuenta con las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|------------------------------|--------------------------|
| Tipo | GBC 10s |
| Peso | 0,220 kg |
| Puerto de acceso | Si |
| Homologación | C UL US LISTED, CSA, EAC |
| Valor Cv | 6,570 gpm US |
| Dirección | Recta |
| EAN | 5702428435505 |
| Sentido de flujo | Doble sentido |
| Tipo de conexión de entrada | Soldada, ODF |
| Tamaño de conexión entrada | 3/8" |
| Valor Kv | 5680 m ³ /h |
| Presión de prueba máxima | 65,0 bar |
| Presión de trabajo máxima | 45,0 bar |
| Tipo de conexión de salida | Soldada, ODF |
| Tamaño de conexión de salida | 3/8" |
| Descripción del producto | Válvula de bola |
| Refrigerante | HCFC, HFC |
| Rango de temperaturas | -40 °C – 150 °C |

Tabla 1.11.1.1. Características técnicas válvulas manuales línea de líquido.

1.11.2. Línea de aspiración.

Para la línea de aspiración seleccionamos cuatro **válvulas Danfoss GBC 12s 009G7052**, que se instalarán a la salida de los evaporadores.

Estas tienen las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|------------------|------------------------------|
| Tipo | GBC 12s |
| Peso | 0,245 kg |
| Puerto de acceso | Si |
| Homologación | C UL US LISTED, CE, CSA, EAC |

| | |
|-------------------------------|-------------------------|
| Valor Cv | 12230 gpm US |
| Dirección | Recta |
| EAN | 5702428065788 |
| Dirección de flujo | Doble sentido |
| Tipo de conexión de entrada | Soldar, ODF |
| Tamaño de conexión de entrada | 1/2" |
| Valor Kv | 10580 m ³ /h |
| Presión de prueba máxima | 65,0 bar |
| Presión de trabajo máxima | 45,0 bar |
| Tipo de conexión de salida | Soldar, ODF |
| Tamaño de conexión de salida | 1/2" |
| Descripción del producto | Válvula de bola |
| Refrigerante | HCFC / HFC |
| Rango de temperatura | -40 °C – 150 °C |

Tabla 1.11.2.1. Características técnicas válvulas manuales línea de aspiración.



Figura 1.11.2.1. Válvulas manuales línea de líquido y aspiración.

1.11.3. Línea de retorno de aceite.

En la línea de retorno de aceite colocaremos dos válvulas manuales **Danfoss BML 10S 009G0122**, una para separar el circuito y otra para la recarga de aceite.

Estas presentan las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Tipo | BML 10s |
| Peso | 0,308 kg |
| Homologación | C UL US LISTED, EAC, LLC CDC TYSK |
| Diseño | Volante |
| Dirección | Recta |
| EAN | 5702422011200 |
| Tipo de conexión de entrada | Soldar, ODF |
| Tamaño de conexión de entrada | 3/8" |
| Valor Kv | 0,840 m ³ /h |
| Presión de prueba máxima | 36,4 bar |
| Presión de trabajo máxima | 28,0 bar |
| Tipo de conexión de salida | Soldar, ODF |
| Tamaño de conexión de salida | 3/8" |
| Refrigerante | HCFC / HFC / HC |
| Rango de temperatura | -55 – 100 °C |
| Rango de presión | 1 – 21 bar |

Tabla 1.11.3.1. Características técnicas válvulas de línea de retorno de aceite.



Figura 1.11.3.1. Válvula manual retorno de aceite.

1.12. Válvulas de presión constante.

Estas válvulas mantiene una presión de evaporación constante y por tanto una temperatura constante en la superficie del evaporador.

También previenen que la presión del evaporador disminuya (y por tanto la temperatura del evaporador esté por debajo de lo establecido), independientemente de cómo disminuye la presión en la tubería de aspiración debido a la acción del compresor.

En el caso de que haya un sistema de evaporación múltiple conectado a un único compresor y los evaporadores operen a temperaturas diferentes, se instala una válvula en la tubería de aspiración de cada uno de los evaporadores de alta como es nuestro caso.

1.12.1. Selección de las válvulas de presión constante.

Vamos a seleccionar dos válvulas **Danfoss KVP 12 034L0023**, las cuales se instalarán una a la salida del evaporador de la cámara de verduras y la otra a la salida del de la antecámara.

Estas válvulas presentan las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|-------------------------------|------------------------|
| Tipo | KVP 12 |
| Peso | 0,322 kg |
| Puerto de acceso | Si |
| Homologación | C UL US LISTED, EAC |
| EAN | 5702428411868 |
| Ajuste de fábrica | 2,00 bar |
| Tipo de conexión de entrada | Soldar, ODF |
| Tamaño de conexión de entrada | 1/2" |
| Valor Kv | 2500 m ³ /h |
| Presión de prueba máxima | 19,8 bar |
| Presión de trabajo máxima | 18,0 bar |
| Rango de temperatura medio | -45 °C – 105 °C |
| Tipo de conexión de salida | Soldar, ODF |
| Tamaño de conexión de salida | 1/2" |
| Refrigerante | HCFC / HFC / HC |
| Rango de regulación | 0,0 – 5,5 bar |

Tabla 1.12.1.1. Características técnicas válvulas de presión constante.



Figura 1.12.1.1. Válvula de presión constante.

1.13. Válvulas antirretorno.

Estas válvulas solo permiten el paso del fluido en una dirección. Se seleccionan dos válvulas iguales **Danfoss NRV 12s 020-1012**, que se sitúan cada una a la salida del separador de aceite.

Estas cuentan con las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|-------------------------------|-------------------------|
| Tipo | NRV 12s |
| Peso | 0,10 kg |
| Homologación | C UL US LISTED, EAC |
| Valor Cv | 2,370 gpm US |
| Dirección | Recta |
| EAN | 5702422026075 |
| Tipo de conexión de entrada | Soldar, ODF |
| Tamaño de conexión de entrada | 1/2" |
| Valor Kv | 2,050 m ³ /h |
| Presión de trabajo máxima | 46,0 bar |
| Pérdida de presión mínima | 0,05 bar |
| Tipo de conexión de salida | Soldar, ODF |
| Tamaño de conexión de salida | 1/2" |

| | |
|----------------------|-----------------|
| Refrigerante | HCFC / HFC / HC |
| Rango de temperatura | -50 °C – 140 °C |

Tabla 1.13.1. Características técnicas válvulas antirretorno.



Figura 1.13.1. Válvulas antirretorno.

1.14. Válvulas de seguridad.

Son válvulas que normalmente permanecen cerradas hasta que se alcanza una presión llamada, “presión de timbre”.

Se ubican en el recipiente de líquido y en los condensadores (ya que estos actúan como recipiente). En caso de una sobrepresión abren y permiten la salida del refrigerante al exterior del buque.

Se seleccionan dos válvulas **Danfoss SFA 15 148F330**. Estas cuentan con las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|----------------------------|---------------------|
| Tipo | SFA 15 |
| Peso | 1,93 kg |
| Homologación | CE, EAC |
| Categoría | IV |
| Conexión interna / externa | Externa |
| Tamaño de conexión | 1/2" |
| Tipo de conexión | G |
| Dirección | Ángulo |
| EAN | 5702428193641 |
| Área de flujo | 133 mm ² |
| Diámetro de flujo | 13 mm |

| | |
|----------------------|-----------------|
| Ajuste de presión | 30 bar |
| Refrigerante | HCFC / HFC |
| Rango de temperatura | -30 °C – 100 °C |

Tabla 1.14.1. Características técnicas válvulas de seguridad.



Figura 1.14.1. Válvula de seguridad.

1.15. Intercambiador de calor aspiración.

Se aplica a todos los circuitos de refrigeración, excepto a los que utilizan como fluido refrigerante R-717. Consiste en hacer pasar por el intercambiador al líquido procedente del condensador y al gas procedente de los evaporadores, con lo que se consigue subenfriar el líquido y recalentar el vapor que aspira el compresor.

Seleccionamos un intercambiador **Danfoss HE 1.0 015D0004**, que cuenta con las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|-------------------------------|---------------|
| Tipo | HE 1.0 |
| Peso | 0,520 kg |
| Homologación | EAC |
| EAN | 5702422006053 |
| Tipo de conexión de entrada | Soldar, ODF |
| Tamaño de conexión de entrada | 1 1/8" |
| Presión de trabajo máxima | 28,0 bar |
| Tipo de conexión de salida | Soldar, ODF |
| Tamaño de conexión de salida | 3/8" |

| | |
|--------------|-----------------|
| Refrigerante | HCFC / HFC / HC |
|--------------|-----------------|

Tabla 1.15.1. Características técnicas intercambiador de calor aspiración.



Figura 1.15.1. Intercambiador de calor aspiración.

1.16. Antivibradores.

Se instalan en las líneas de descarga y aspiración para eliminar las vibraciones producidas por el compresor a través de las tuberías.

Tubería de descarga.

Se seleccionan dos antivibradores **Carly EVCYDEAC 4 S**, uno para cada compresor.

Tubería de aspiración.

Se seleccionan dos antivibradores **Carly EVCYDEAC 9 S**, uno para cada compresor.

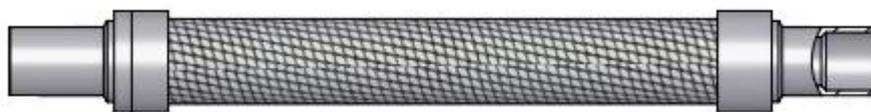


Figura 1.16.1. Antivibradores.

1.17. Presostatos.

1.17.1. Presostato combinado de alta y baja presión.

Los presostatos se utilizan para detener el compresor al alcanzar una cierta presión ya sea elevada (presostato de alta) o sea muy baja (presostato de baja). En esta instalación contaremos con un presostato combinado de alta y baja presión. Este tendrá dos conexiones, una a la tubería de aspiración y otra a la de descarga.

Se instalarán dos presostatos combinados **Danfoss KPU15B 060-5250**, uno por cada compresor. Estos cuentan con las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|---|-----------------------------|
| Tipo | KPU15B |
| Peso | 0,847 kg |
| Rango de temperatura ambiente | -40 °C – 50 °C |
| Homologación | C UL US UL873, CS C22.2, CE |
| Función de los contactos | SPST (NO + NC) |
| Clase de contacto | 144 A, 240 V ac |
| Clase de contacto | DC = 12 W piloto |
| Clase de contacto | FLA = 24 A, 120 V ac |
| Clase de contacto | LRA = 144 A, 120 V ac |
| Diferencial de baja presión | 0,70 – 4,00 bar |
| Diferencial de alta presión | 4,0 bar |
| EAN | 5702428063852 |
| Tamaño de conexión eléctrica | 7/8" |
| Grado IP | IP30 |
| Presión de trabajo máxima, baja presión | 17,0 bar |
| Presión de trabajo máxima, alta presión | 35,0 bar |
| Tipo de conexión de presión | Enroscar – 1/4" hembra |
| Regulación, baja presión | -0,20 – 7,50 bar |
| Regulación, alta presión | 8,0 – 32,0 bar |
| Rearme, baja presión | Auto |
| Rearme, alta presión | Manual |

Tabla 1.17.1.1. Características técnicas presostato combinado.



Figura 1.17.1.1. Presostato diferencial combinado.

1.17.2. Presostato diferencial de aceite.

Los presostatos diferenciales de aceite se utilizan como interruptores de seguridad para proteger compresores de refrigeración contra presiones de aceite de lubricación insuficientes.

Seleccionamos dos presostatos **Danfoss MP55 060B017266**, uno para cada compresor. Estos cuentan con las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|----------------------------------|------------------------------|
| Tipo | MP55 |
| Peso | 0,662 kg |
| Ajuste | Corte por pérdida de presión |
| Rango de temperatura ambiente | -40 °C – 60 °C |
| Aplicación R-717 | No |
| Homologación | CCC, CE, EAC, GL, RINA |
| Función contacto | SPDT |
| Clase de contacto | AC15 = 2 A, 250 V |
| Clase de contacto | DC13 = 0,2 A, 250 V |
| Rango diferencial | 0,30 – 4,50 bar |
| EAN | 5702428365536 |
| Conex. Eléctricas macho / hembra | Macho y hembra |
| Tamaño conexión eléctrica | PG 13,5 |
| Conexión eléctrica standard | EN 175301-803-A |

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| Norma de especificación eléctrica | EN 60947-5 |
| Protección | IP20 |
| Ajuste de fábrica | 0,65 bar |
| Lámpara fluorescente | No |
| Presión de prueba máxima | 22,0 bar |
| Presión de trabajo máxima | 17,0 bar |
| Rango regulación Pe | -1 – 12 bar |
| Tamaño conexión presión | 1/4" |
| Tipo de conexión de presión | Roscar |
| Presión macho / hembra | Macho |
| Refrigerante | HCFC / HFC |
| Tiempo de desconexión | 90 s |
| Función rearme | Min. |

Tabla 1.17.2.1. Características técnicas presostato diferencial de aceite.



Figura 1.17.2.1. Presostato diferencial de aceite.

1.17.3. Presostato de corte y capacidad.

Como dispositivo de corte y capacidad se seleccionan dos presostatos **Danfoss KP1 060-133266**. Estos cuentan con las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| Tipo | KP1 |
| Peso | 0,349 kg |
| Rango de temperatura ambiente | -25 °C – 65 °C |
| Homologación | BV, C UL US UL353, CS C22.2, C UL US |

| | |
|-----------------------------------|---|
| | UL873, CS C22.2, CCC, CE, DNV, EAC, GL, LR, PED, RINA, RMRS |
| Función de contacto | SPDT |
| Tipo de contacto | AC1 = 16 A, 400 V |
| Tipo de contacto | AC15 = 10 A, 400 V |
| Tipo de contacto | AC3 = 16 A, 400 V |
| Tipo de contacto | DC13 = 12 W, 220 V |
| Tipo de contacto | LR 112 A, 400 V |
| Diferencial de presión | 0,70 – 4,00 bar |
| EAN | 5702428832564 |
| Comentarios conexiones eléctricas | Pasacables de goma |
| Tamaño de conexión eléctrica | 6 – 14 mm |
| Grado IP | IP 30 |
| Presión de prueba máxima | 20,0 bar |
| Presión de trabajo máxima | 17,0 bar |
| Clasificación Nema | 1 |
| Tipo de conexión de presión | Soldar, ODF – 6 mm hembra |
| Categoría de presión | Baja presión |
| Refrigerante | HCFC / HFC |
| Rango de presión de regulación | -0,20 – 7,50 bar |

Tabla 1.17.3.1. Características técnicas presostato de corte y capacidad.



Figura 1.17.3.1. Presostato corte y capacidad.

1.18. Manómetros.

1.18.1. Manómetro de alta presión.

Seleccionamos dos manómetros para alta presión **BL60/40 R1/A4 07131033**, con las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|------------------|------------|
| Diámetro | 60 mm |
| Conexión | 1/8" |
| Rango de presión | 1 – 40 bar |
| Refrigerante | HCFC / HFC |
| Glicerina | Si |

Tabla 1.18.1.1. Características técnicas manómetros de alta presión.

1.18.2. Manómetro baja presión y de aceite.

Seleccionamos cuatro manómetros **BL60/20R1/A4 07131032**, dos para baja presión y dos para el presostato de aceite con las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|------------------|------------|
| Diámetro | 60 mm |
| Tamaño conexión | 1/8" |
| Rango de presión | 1 – 20 bar |
| Refrigerante | HCFC / HFC |
| Glicerina | Si |

Tabla 1.18.2.1. Características técnicas manómetros de baja presión.



Figura 1.18.2.1. Manómetros de alta y baja presión.

1.19. Filtro de aspiración.

Como elementos filtrantes en la aspiración del compresor se instalan dos filtros **Carly ACY 489 S**, uno por compresor, que cuentan con las siguientes características técnicas:

| Características | Valor |
|---------------------------------|----------------|
| Tipo de conexión de entrada | Soldar, ODF |
| Tamaño de conexión de entrada | 1 1/8" |
| Tipo de conexión de salida | Soldar, ODF |
| Tamaño de conexión de salida | 1 1/10" |
| Refrigerante | HCFC / HFC |
| Volumen | 1,92 l |
| Presión de trabajo máxima | 33 bar |
| Rango de temperatura de trabajo | -40 °C – 80 °C |

Tabla 1.19.1. Características técnicas filtro de aspiración.



Figura 1.19.1. Filtro de aspiración.

1.20. Válvula de agua presostática.

La función de estas válvulas es asegurar una alimentación automática de agua al condensador en función de la presión de condensación, ajustando el caudal de agua a las oscilaciones de la potencia calorífica del sistema.

Estas válvulas cuentan en su interior con una membrana en la cual uno de sus lados actúa la presión de alta del circuito, que al variar hace que sus oscilaciones

se transmitan mediante un vástago que abre o cierra en mayor o menor proporción el paso del agua.

Seleccionamos dos válvulas **Penn V46BA 9600**, una para cada condensador.



Figura 1.20.1. Válvula de agua presostática.

1.21. Calentador tubería de drenaje.

Se seleccionan como elementos para el calentamiento de la tubería de drenaje los **Raychem 5BTV2-CR**.



Figura 1.21.1 Elementos de calefacción de la tubería de drenaje.

1.22. Válvula de carga.

Se selecciona dos válvulas para la carga de refrigerante de la marca **Danfoss**.

1.23. Elementos de control de temperatura.

La instalación frigorífica además de los elementos anteriormente descritos, estará dotada de una serie de accesorios de control y de regulación los cuales aseguran un correcto funcionamiento de la instalación.

1.23.1. Reguladores digitales de refrigeración.

Se trata de dispositivos que sustituyen a los termostatos de ambiente, aunque suelen incorporar otras funcionalidades como permitir el control de los ventiladores de los evaporadores o de los ciclos de desescarche.

Se seleccionan cuatro termostatos digitales **Eliwell EWPC-901T PTC**, uno para cada cámara.



Figura 1.22.1.1. Termostato digital.

1.23.2. Sondas.

Seleccionamos ocho sondas **Eliwell PTC**, para el control de la temperatura de las cámaras.



Figura 1.22.2.1. Sonda PTC.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



“INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO”

ANEXO V – INSTALACIÓN ELÉCTRICA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

FECHA: **JULIO 2015**

AUTOR: David Novo Rojo

Fdo:

ÍNDICE ANEXO V – INSTALACIÓN ELÉCTRICA

| | | |
|--------|---|-----|
| 1. | Instalación eléctrica | 194 |
| 1.1. | Introducción. | 194 |
| 1.2. | Descripción de la instalación..... | 194 |
| 1.3. | Cuadro de fuerza. | 194 |
| 1.4. | Cuadro de maniobra. | 195 |
| 1.4.1. | Consideraciones generales. | 195 |
| 1.4.2. | Disposición de la instalación interior..... | 195 |
| 1.5. | Protecciones. | 195 |
| 1.5.1. | Protección contra sobrintensidades..... | 195 |
| 1.5.2. | Protección contra sobrecargas. | 195 |
| 1.5.3. | Protección contra cortocircuitos..... | 196 |
| 1.5.4. | Puesta a tierra. | 196 |
| 2. | Cálculo de la potencia eléctrica de la instalación. | 197 |
| 2.1. | Cálculo de la intensidad circulante..... | 197 |
| 2.2. | Cálculo del cableado..... | 199 |
| 2.2.1. | Línea de alimentación del cuadro principal al de gambuzas. | 199 |
| 2.2.2. | Compresores. | 199 |
| 2.2.3. | Bomba condensador. | 200 |
| 2.2.4. | Ventiladores cámaras de baja. | 201 |
| 2.2.5. | Ventiladores cámaras de alta. | 201 |
| 2.2.6. | Resistencias desescarche..... | 202 |
| 2.3. | Tabla resumen de intensidades y secciones. | 202 |
| 3. | Selección de los componentes. | 203 |
| 3.1. | Seccionador. | 203 |
| 3.2. | Contactores..... | 204 |
| 3.3. | Disyuntores magnetotérmicos y magnéticos..... | 205 |
| 3.3.1. | Ventiladores de las cámaras de baja y alta. | 205 |
| 3.3.2. | Resistencias de desescarche..... | 206 |
| 3.3.3. | Bomba condensador. | 206 |
| 3.3.4. | Compresores..... | 207 |
| 3.3.5. | Circuito de mando. | 207 |

| | |
|---|-----|
| 3.4. Selectores..... | 208 |
| 3.4.1. Selector de tensión cuadro de mando..... | 208 |
| 3.4.2. Selector compresor..... | 209 |
| 3.5. Luces señalización..... | 209 |
| 3.5.1. Marcha..... | 209 |
| 3.5.2. Paro..... | 210 |
| 3.5.3. Relés térmicos..... | 210 |
| 4. Esquemas eléctricos..... | 212 |

1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

1.1. Introducción.

En este apartado tenemos en cuenta las líneas eléctricas de alimentación a todos los equipos de la instalación así como también sus principales mecanismos y sus características.

Esta instalación cumple con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones complementarias, y en lo referente a la seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

Los circuitos eléctricos de alimentación de los sistemas frigoríficos están instalados de forma que la corriente se establezca independientemente de la alimentación de otras partes de la instalación.

1.2. Descripción de la instalación.

En los siguientes capítulos dimensionamos las redes eléctricas teniendo en cuenta la intensidad circulante por ellas, así como seleccionamos los componentes necesarios para los esquemas tanto de fuerza como de mando.

La alimentación al cuadro de gambuzas que es de donde se ubicará todos los equipos de control, se realizará desde el cuadro principal del buque, en el cual a efectos del presente proyecto suponemos que solo parte alimentación para esta función.

De el cuadro secundario o cuadro de gambuzas partirán todas las conexiones a los equipos de las cámaras y elementos necesarios para su funcionamiento.

1.3. Cuadro de fuerza.

La distribución de la red se realiza desde la acometida principal hasta el cuadro de control de las gambuzas.

En esta instalación debido a que los motores no representan grandes consumos, realizamos el arranque sin sistema estrella-triángulo.

1.4. Cuadro de maniobra.

1.4.1. Consideraciones generales.

Todos los armarios eléctricos disponen de los sistemas de control necesarios para que las cámaras funcionen correctamente.

Contaremos con dos sistemas de control iguales en el mismo cuadro, uno para cada grupo compresor. Los grupos compresores operarán por separado, encontrándose uno en funcionamiento cuando se requiera demanda frigorífica y el otro en stand-by, nunca los dos a la vez.

1.4.2. Disposición de la instalación interior.

El cableado se ubicará en bandejas y contará con tubos protectores ignífugos, cajas de derivación y cable ignífugo.

Las conexiones se realizan en cajas normalizadas de material apropiado y aislante mediante bornes de conexión según la instrucción ITC-BT 021.

El diámetro de los tubos y el radio de los codos será el apropiado para manejar los conductores sin dañarlos.

Los colores de los conductores son: negro, marrón y gris (fases), azul (neutro) y amarillo-verde (tierra).

1.5. Protecciones.

1.5.1. Protección contra sobrecargas.

Todo el circuito se encuentra protegido de las sobrecargas que puedan presentarse, para lo cual está dotado de los mecanismos magnetotérmicos necesarios (ITC-BT-22).

1.5.2. Protección contra sobrecargas.

La intensidad de corriente que admite cada conductor está garantizada por el dispositivo de protección utilizado (ITC-BT-22).

Entendemos por sobrecarga el exceso de intensidad en un circuito, debido a un defecto de aislamiento o bien, a una avería o demanda excesiva de la máquina conectada a un motor eléctrico.

Las sobrecargas deben de protegerse, ya que pueden dar lugar a la destrucción total de los aislamientos de una red o de un motor conectado a ella.

Según los reglamentos electrotécnicos, si el conductor neutro tiene la misma sección que las fases, la protección contra sobrecargas se hará con un dispositivo que proteja solamente las fases, por el contrario “si la sección del conductor neutro es inferior a la de las fases, el dispositivo de protección habrá de controlar también la corriente del neutro”. Además debe de colocarse una protección para cada circuito derivado de otro principal.

En nuestra instalación la sección del neutro será igual que la de las fases por lo cual los dispositivos contra sobrecargas como son los disyuntores magnetotérmicos actuarán solo en las fases.

1.5.3. Protección contra cortocircuitos.

Según los reglamentos electrotécnicos, “en el origen de todo circuito deberá colocarse un dispositivo de protección, de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en la instalación”. No obstante se admite una protección general contra cortocircuitos para varios circuitos derivados.

A tal efecto se usan los fusibles y los interruptores magnetotérmicos.

1.5.4. Puesta a tierra.

De acuerdo con la ITC-BT-18, la instalación consta de una red de tierra de todos los elementos metálicos, al objeto de limitar la tensión que puedan presentar estas masas con respecto a la de tierra.

De las derivaciones de las líneas principales parten los conductores de protección que unen eléctricamente las masas de la instalación. Las secciones de estas últimas se rigen por la instrucción ITC-BT-19.

2. CÁLCULO DE LA POTENCIA ELÉCTRICA DE LA INSTALACIÓN.

Vamos a calcular la potencia de uso de los cuadros de la instalación, para así obtener la intensidad circulante y la sección de conductores necesaria para el cuadro de control de las gambuzas y desde este hasta la maquinaria.

Empezamos por indicar en una lista los consumidores principales que tenemos en las cámaras:

| Elemento | Potencia eléctrica |
|--|---------------------|
| Compresor 1 | 14,30 kW |
| Compresor 2 | 14,30 kW |
| Ventilador cámara de carnes | 0,08 kW |
| Ventilador cámara de pescados | 0,08 kW |
| Ventiladores cámara de vegetales | 0,32 kW (2 x 160 W) |
| Ventiladores antecámara | 0,32 kW (2x 160 W) |
| Resistencias desescarce cámara de carnes | 1,65 kW (3 x 550 W) |
| Resistencias deescarce cámara de pescado | 1,65 kW (3 x 550 W) |
| Bomba condensador | 2,2 kW |
| Potencia total | 34,9 kW |
| Potencia total final (1,25 %) | 46,63 kW |

Tabla 2.1. Potencias eléctricas de los elementos.

Una vez obtenemos la potencia eléctrica total, utilizamos un coeficiente de seguridad de 1,25 % de la potencia total.

Suponemos que el cuadro principal del buque alimenta solamente al cuadro de las gambuzas, con lo cual esta será la potencia total que tendremos en cuenta a la hora de calcular la sección de cable que alimenta a nuestra instalación.

2.1. Cálculo de la intensidad circulante.

Empezamos por calcular la intensidad eléctrica que circula por los conductores.

Dado que las cargas consideradas en esta instalación no son resistivas ($\cos\varphi = 1$), sino que disponemos de motores los cuales al estar formados por bobinas se consideran como cargas reactivas o inductivas (generalmente $\cos\varphi = 0,80$ o $0,98$), por lo que debemos tener en cuenta esto a la hora de calcular la intensidad.

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\varphi \quad \text{Ec (2.1.1)}$$

En la cual:

P = Potencia eléctrica, en W.

V = Voltaje, en V.

I = Intensidad eléctrica, en A.

$\cos\varphi$ = Factor de potencia, supondremos 0,80 (estimado).

Realizamos los cálculos en el EES para todas las líneas y los detallamos en la siguiente tabla:

| Característica | Valor |
|---|------------------------|
| Datos | |
| Pot.comp=14300*Coef.seg | |
| Pot.vent.carnes=80*Coef.seg | |
| Pot.vent.ant=320*Coef.seg | |
| Resist.des=1650*Coef.seg | |
| Pot.bomb.cond=2200*Coef.seg | |
| Coef.seg=1,25 | |
| Pot.tot=(2*Pot.comp+2*Pot.vent.carnes+2*Pot.vent.ant+2*Resist.des+2*Pot.vent.ant+Pot.bomb.cond) | |
| fi=0,8 | |
| V=380 | |
| | |
| Intensidad total | |
| Pot.tot= $V \cdot \sqrt{3} \cdot I_{tot} \cdot \cos(fi)$ | I.tot=67,5 A |
| | |
| Intensidad compresores | |
| Pot.comp= $V \cdot \sqrt{3} \cdot I_{comp} \cdot \cos(fi)$ | I.comp=27,16 A |
| | |
| Intensidad ventiladores cámaras de baja | |
| Pot.vent.carnes= $V \cdot \sqrt{3} \cdot I_{vent.carnes} \cdot \cos(fi)$ | I.vent.carnes=0,1519 A |
| | |
| Intensidad ventiladores cámaras de alta | |
| Pot.vent.ant= $V \cdot \sqrt{3} \cdot I_{vent.ant} \cdot \cos(fi)$ | I.vent.ant=0,6078 A |
| | |
| Intensidad resistencias de desescarhe | |
| Resist.des= $V \cdot \sqrt{3} \cdot I_{resist.des} \cdot \cos(fi)$ | I.resist.des=3,134 A |
| | |
| Intensidad bomba condensador | |

| | |
|---|----------------------|
| $Pot.bomb.cond=V*\sqrt{3}*I.bomb.cond*\cos(\phi)$ | $I.bomb.cond=3,34 A$ |
|---|----------------------|

Tabla 2.1.1. Cálculos de intensidad en EES.

2.2. Cálculo del cableado.

Para la selección del cableado, vamos a utilizar el software **TopMatic**, el cual nos permite seleccionar el más adecuado para la instalación y calcular sus principales parámetros. Este software considera la caída máxima de tensión y utiliza la norma **UNE 10460-5-523** como referencia para las intensidades admisibles, aplicando la normativa del **REBT 2002** (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión).

2.2.1. Línea de alimentación del cuadro principal al de gambuzas.

Para el cálculo de esta línea debemos introducir los siguientes datos en el software:

| Característica | Valor |
|------------------------------|--------------------|
| Potencia total final | 40,88 kW |
| Tensión | 400 V trifásica |
| $\cos \phi$ | 0,8 (Por defecto) |
| Caída de tensión | 1% (Por REBT 2002) |
| Longitud | 20 m (estimación) |
| Número de líneas en paralelo | 1 |
| Temperatura conductor | 60 °C |
| Número de conductores | Unipolar |
| Tipo de instalación | Aire |
| Temperatura del aire | 50 °C (estimación) |
| Número de líneas por bandeja | 1 |

Tabla 2.2.1. Valores de entrada en el software de selección.

Obtenemos una sección de cable de **16 mm²** y una caída de tensión de **3,27 V**.

Seleccionamos un cable **XTREM H07RN-F**.

2.2.2. Compresores.

Para el cálculo de la línea de los compresores utilizamos los siguientes parámetros:

| Característica | Valor |
|------------------------------|--------------------|
| Potencia total final | 17,88 kW |
| Tensión | 400 V trifásica |
| $\cos \varphi$ | 0,8 (Por defecto) |
| Caída de tensión | 5% (Por REBT 2002) |
| Longitud | 15 m (estimación) |
| Número de líneas en paralelo | 3 |
| Temperatura conductor | 60 °C |
| Número de conductores | Unipolar |
| Tipo de instalación | Aire |
| Temperatura del aire | 50 °C (estimación) |
| Número de líneas por bandeja | 3 |

Tabla 2.2.2.1. Parámetros selección cable compresores.

Obtenemos una sección de cable de **1,5 mm²** y una caída de tensión de **3,54 V**.

Seleccionamos un cable **XTREM H07RN-F**.

2.2.3. Bomba condensador.

Para el cálculo de la línea de la bomba del condensador utilizamos los siguientes parámetros:

| Característica | Valor |
|------------------------------|--------------------|
| Potencia total final | 2,75 kW |
| Tensión | 400 V trifásica |
| $\cos \varphi$ | 0,8 (Por defecto) |
| Caída de tensión | 5% (Por REBT 2002) |
| Longitud | 15 m (estimación) |
| Número de líneas en paralelo | 3 |
| Temperatura conductor | 60 °C |
| Número de conductores | Unipolar |
| Tipo de instalación | Aire |
| Temperatura del aire | 50 °C (estimación) |
| Número de líneas por bandeja | 3 |

Tabla 2.2.3.1. Parámetros selección cable de la bomba del condensador.

Obtenemos una sección de cable de **1,5 mm²** y una caída de tensión de **0,64 V**.

Seleccionamos un cable **XTREM H07RN-F**.

2.2.4. Ventiladores cámaras de baja.

Para el cálculo de las líneas de los ventiladores de las cámaras de baja utilizamos los siguientes valores:

| Característica | Valor |
|------------------------------|--------------------|
| Potencia total final | 0,1 kW |
| Tensión | 400 V trifásica |
| $\cos \varphi$ | 0,8 (Por defecto) |
| Caída de tensión | 5% (Por REBT 2002) |
| Longitud | 20 m (estimación) |
| Número de líneas en paralelo | 6 |
| Temperatura conductor | 60 °C |
| Número de conductores | Unipolar |
| Tipo de instalación | Aire |
| Temperatura del aire | 50 °C (estimación) |
| Número de líneas por bandeja | 6 |

Tabla 2.2.4.1. Parámetros selección cable ventiladores cámaras de baja.

Obtenemos una sección de cable de **1,5 mm²**.

Seleccionamos un cable **XTREM H07RN-F**.

2.2.5. Ventiladores cámaras de alta.

Para el cálculo de las líneas de los ventiladores de las cámaras de alta utilizamos los siguientes valores:

| Característica | Valor |
|------------------------------|--------------------|
| Potencia total final | 0.4 kW |
| Tensión | 400 V trifásica |
| $\cos \varphi$ | 0,8 (Por defecto) |
| Caída de tensión | 5% (Por REBT 2002) |
| Longitud | 20 m (estimación) |
| Número de líneas en paralelo | 6 |
| Temperatura conductor | 60 °C |
| Número de conductores | Unipolar |
| Tipo de instalación | Aire |
| Temperatura del aire | 50 °C (estimación) |
| Número de líneas por bandeja | 6 |

Tabla 2.2.5.1. Parámetros selección cableado ventiladores cámaras de alta.

Obtenemos una sección de cable de $1,5 \text{ mm}^2$.

Seleccionamos un cable **XTREM H07RN-F**.

2.2.6. Resistencias desescarche.

Para el cálculo de las líneas de las resistencias utilizamos los siguientes valores:

| Característica | Valor |
|------------------------------|--------------------|
| Potencia total final | 1,65 kW |
| Tensión | 400 V trifásica |
| $\cos \varphi$ | 0,8 (Por defecto) |
| Caída de tensión | 5% (Por REBT 2002) |
| Longitud | 20 m (estimación) |
| Número de líneas en paralelo | 6 |
| Temperatura conductor | 60 °C |
| Número de conductores | Unipolar |
| Tipo de instalación | Aire |
| Temperatura del aire | 50 °C (estimación) |
| Número de líneas por bandeja | 6 |

Tabla 2.2.6.1. Parámetros selección cable ventiladores.

Obtenemos una sección de cable de $1,5 \text{ mm}^2$ y una caída de tensión de **0,43 V**.

Seleccionamos un cable **XTREM H07RN-F**.

2.3. Tabla resumen de intensidades y secciones.

| Zona | Intensidad | Sección conductor |
|---|------------|--------------------|
| Cuadro principal al de gambuzas | 76,5 A | 16 mm^2 |
| Alimentación a los compresores | 27,16 A | $1,5 \text{ mm}^2$ |
| Alimentación ventiladores cámaras de baja | 0,1519 A | $1,5 \text{ mm}^2$ |
| Alimentación ventiladores cámaras de alta | 0,6078 A | $1,5 \text{ mm}^2$ |
| Alimentación resistencias desescarche | 3,134 A | $1,5 \text{ mm}^2$ |
| Alimentación bomba condensador | 4,179 A | $1,5 \text{ mm}^2$ |

Tabla 2.3.1. Resumen intensidades y secciones.

3. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES.

3.1. Seccionador.

Seleccionamos un seccionador trifásico **Schneider Electric Compact INS/INV 28908**, para dar tensión al cuadro eléctrico de gambuzas.

Este seccionador cuenta con las siguientes características técnicas:

| Característica | Valor |
|----------------------------------|---|
| Gama | Compact |
| Número de polos | 3 P |
| Tipo de red | CA, CC |
| Frecuencia asignada de empleo | 50 / 60 Hz |
| Intensidad asignada de empleo | DC-23A : 100 A CC 125 V 2 polos en serie DC-22A : 100 A CC 125 V 2 polos en serie AC-23A : 63 A CA 50/60 Hz 660/690 V AC-23A : 100 A CA 50/60 Hz 500 V AC-23A : 100 A CA 50/60 Hz 480 V NEMA AC-23A : 100 A CA 50/60 Hz 440/480 V AC-23A : 100 A CA 50/60 Hz 380/415 V AC-23A : 100 A CA 50/60 Hz 220/240 V AC-22A : 100 A CA 50/60 Hz 660/690 V AC-22A : 100 A CA 50/60 Hz 500 V AC-22A : 100 A CA 50/60 Hz 480 V NEMA AC-22A : 100 A CA 50/60 Hz 440/480 V AC-22A : 100 A CA 50/60 Hz 380/415 V AC-22A : 100 A CA 50/60 Hz 220/240 V |
| Tensión asignada de aislamiento | 750 V CA 50 / 60 Hz |
| Tensión asignada de choque | 8 kV |
| Intensidad térmica convencional | 100 A (60 °C) |
| Poder de cierre en cortocircuito | 20 kA 690 V AC 50 / 60 Hz interruptor seccionador 154 kA 690 V CA 50 / 60 Hz con interruptor automático aguas arriba. |
| Tensión asignada de empleo | 690 V CA 50 / 60 Hz 125 V CC |
| Indicación de contacto positivo | Si |
| Corte visible | No |
| Grado de contaminación | 3 |

Tabla 3.1.1. Características técnicas seccionador.



Figura 3.1.1. Seccionador trifásico.

3.2. Contactores.

Seleccionamos once contactores trifásicos **Schneider Electric TeSys D LC1D1156P7**. Dos de ellos se usarán a modo de contactores auxiliares y los otros nueve se utilizarán para la conexión de las cargas.

Estos cuentan con las siguientes características técnicas:

| Característica | Valor |
|-------------------------------|--|
| Gama | TeSys D |
| Tipo de producto | Conector |
| Aplicación del contacto | Control del motor Carga resistiva |
| Categoría de empleo | AC-1, AC-3 |
| Número de polos | 3P |
| Comp.contacto polo | 3 NO |
| Tensión asignada de empleo | ≤ 300 V CC para circuito de alimentación ≤ 1000 V CA 25...400 Hz para circuito de alimentación |
| Intensidad asignada de empleo | 115 A (≤ 60 °C) en ≤ 440 V CA AC-3 para circuito de alimentación 200 A (≤ 60 °C) en ≤ 440 V CA AC-1 para circuito de alimentación |
| Potencia del motor en kW | 65 kW en 1000 V CA 50/60 Hz |

| | |
|---------------------------------|--|
| | 80 kW en 660...690 V CA 50/60 Hz 75 kW en 500 V CA 50/60 Hz 59 kW en 415...440 V CA 50/60 Hz 55 kW en 380...400 V CA 50/60 Hz 30 kW en 220...230 V CA 50/60 Hz |
| Tensión del circuito de control | 230 V CA 50 / 60 Hz |
| Composición contacto auxiliar | 1 a + 1 NC |
| Tensión asignada de choque | 8 kV de acuerdo con IEC 60947 |
| Categoría de sobretensión | 3 |

Tabla 3.2.1. Características técnicas contactores.



Figura 3.2.1. Contactor.

3.3. Disyuntores magnetotérmicos y magnéticos.

3.3.1. Ventiladores de las cámaras de baja y alta.

Seleccionamos para los motores de los ventiladores de las cámaras de baja y alta cuatro disyuntores magnetotérmicos **Schneider Electric GV2LE03**, que cuentan con las siguientes características técnicas:

| Característica | Valor |
|-----------------------------------|---|
| Tipo de control | Palanca oscilante |
| Corriente nominal | 0 – 1,6 A |
| Corriente de disparo magnética | 5 A |
| Aplic. Interruptor automático | Protección motores |
| Adecuación para aislamiento | Sí IEC 60947-1 § 7-1-6 |
| Tensión de funcionamiento nominal | 690 V AC 50/60 Hz AC-3 IEC 60947-4-1 690 V AC 50/60 Hz A IEC 60947-2 |

| | |
|--------------------------|---------|
| Categoría de utilización | A, AC-3 |
| Descripción de polos | 3P |
| Tipo de red | AC |

Tabla 3.3.1.1. Características técnicas disyuntor magnetotérmico ventiladores.

3.3.2. Resistencias de desescarche.

Seleccionamos para las resistencias de desescarche de las cámaras de baja dos disyuntores magnetotérmicos **Schneider Electric GV2LE08**, que cuentan con las siguientes características técnicas:

| Característica | Valor |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Tipo de control | Palanca oscilante |
| Corriente nominal | 4 A |
| Corriente de disparo magnética | 51 A |
| Aplic. Interruptor automático | Protección motores |
| Adecuación para aislamiento | Sí IEC 60947-1 § 7-1-6 |
| Categoría de utilización | AIEC60947-2 AC-3 IEC 60947-4-1 |
| Tensión de funcionamiento nominal | 690 V AC 50/60 Hz A IEC 60947-2 |
| Categoría de utilización | AC-3 |
| Descripción de polos | 3P |
| Tipo de red | AC |

Tabla 3.3.2.1. Características técnicas disyuntor magnetotérmico resistencias.

3.3.3. Bomba condensador.

Se selecciona para la alimentación a la bomba del condensador un disyuntor magnetotérmico **Schneider Electric GV2LE10**, que cuenta con las siguientes características técnicas:

| Característica | Valor |
|--------------------------------|------------------------|
| Tipo de control | Palanca oscilante |
| Corriente nominal | 6,3 A |
| Corriente de disparo magnética | 78 A |
| Aplic. Interruptor automático | Protección motores |
| Adecuación para aislamiento | Sí IEC 60947-1 § 7-1-6 |
| Categoría de utilización | AIEC60947-2 |

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| | AC-3 IEC 60947-4-1 |
| Tensión de funcionamiento nominal | 690 V AC 50/60 Hz A IEC 60947-2 |
| Categoría de utilización | AC-3 |
| Descripción de polos | 3P |
| Tipo de red | AC |

Tabla 3.3.3.1. Características técnicas disyuntor magnetotérmico resistencias.

3.3.4. Compresores.

Seleccionamos para la alimentación a los compresores dos disyuntores magnetotérmicos **Schneider Electric GV2P32**, que cuentan con una corriente nominal de 32 A.

| Característica | Valor |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Tipo de control | Palanca oscilante |
| Corriente nominal | 32 A |
| Corriente de disparo magnética | 416 A |
| Aplic. Interruptor automático | Protección motores |
| Adecuación para aislamiento | Sí IEC 60947-1 § 7-1-6 |
| Categoría de utilización | AIEC60947-2 AC-3 IEC 60947-4-1 |
| Tensión de funcionamiento nominal | 690 V AC 50/60 Hz A IEC 60947-2 |
| Categoría de utilización | AC-3 |
| Descripción de polos | 3P |
| Tipo de red | AC |

Tabla 3.3.4.1. Características técnicas disyuntor magnetotérmico compresor.

3.3.5. Circuito de mando.

Seleccionamos un disyuntor magnetotérmico como mecanismo de protección para el circuito de mando, ya que este soporta las cargas de las resistencias de cárter de los compresores, resistencias de los desagües de drenaje, bobinas de los contactores y demás válvulas de la instalación.

Escogemos un modelo **Schneider Electric GV2P14**, que cuenta con las siguientes características técnicas:

| Característica | Valor |
|----------------|-------|
|----------------|-------|

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Tipo de control | Mando giratorio |
| Corriente nominal | 10 A |
| Corriente de disparo magnética | 138 A |
| Aplic. Interruptor automático | Protección motores |
| Adecuación para aislamiento | Sí IEC 60947-1 § 7-1-6 |
| Categoría de utilización | AIEC60947-2 AC-3 IEC 60947-4-1 |
| Tensión de funcionamiento nominal | 690 V AC 50/60 Hz A IEC 60947-2 |
| Categoría de utilización | A, AC-3 |
| Descripción de polos | 3P |
| Tipo de red | AC |

Tabla 3.3.5.1. Características técnicas disyuntor magnetotérmico mando.



Figura 3.3.5.1 Disyuntor magnetotérmico.

3.4. Selectores.

3.4.1. Selector de tensión cuadro de mando.

Para conectar y cortar la tensión en el cuadro de mando, en caso de tener que realizar alguna reparación, vamos a disponer a la entrada de este, de un selector **Schneider Electric ZB4 BD2** de dos posiciones (conectado o desconectado).



Figura 3.4.1.1. Selector tensión mando.

3.4.2. Selector compresor.

Para la selección del compresor escogemos un selector **Schneider Electric XB4 BD33**, este cuenta con 3 posiciones (compresor 1, parado o compresor 2).



Figura 3.4.2.1. Selector compresor.

3.5. Luces señalización.

3.5.1. Marcha.

Para la señalización de la marcha de los compresores seleccionamos dos lámparas **Schneider Electric XB7EV63P**, una para cada compresor.



Figura 3.5.1.1. Lámpara de marcha.

3.5.2. Paro.

Para la señalización del paro de los compresores seleccionamos dos lámparas **Schneider Electric XB7EV780P**, una para cada compresor.



Figura 3.5.2.1. Lámpara paro.

3.5.3. Relés térmicos.

Para la señalización de los relés térmicos seleccionamos nueve lámparas **Schneider Electric XB7EV64P**.



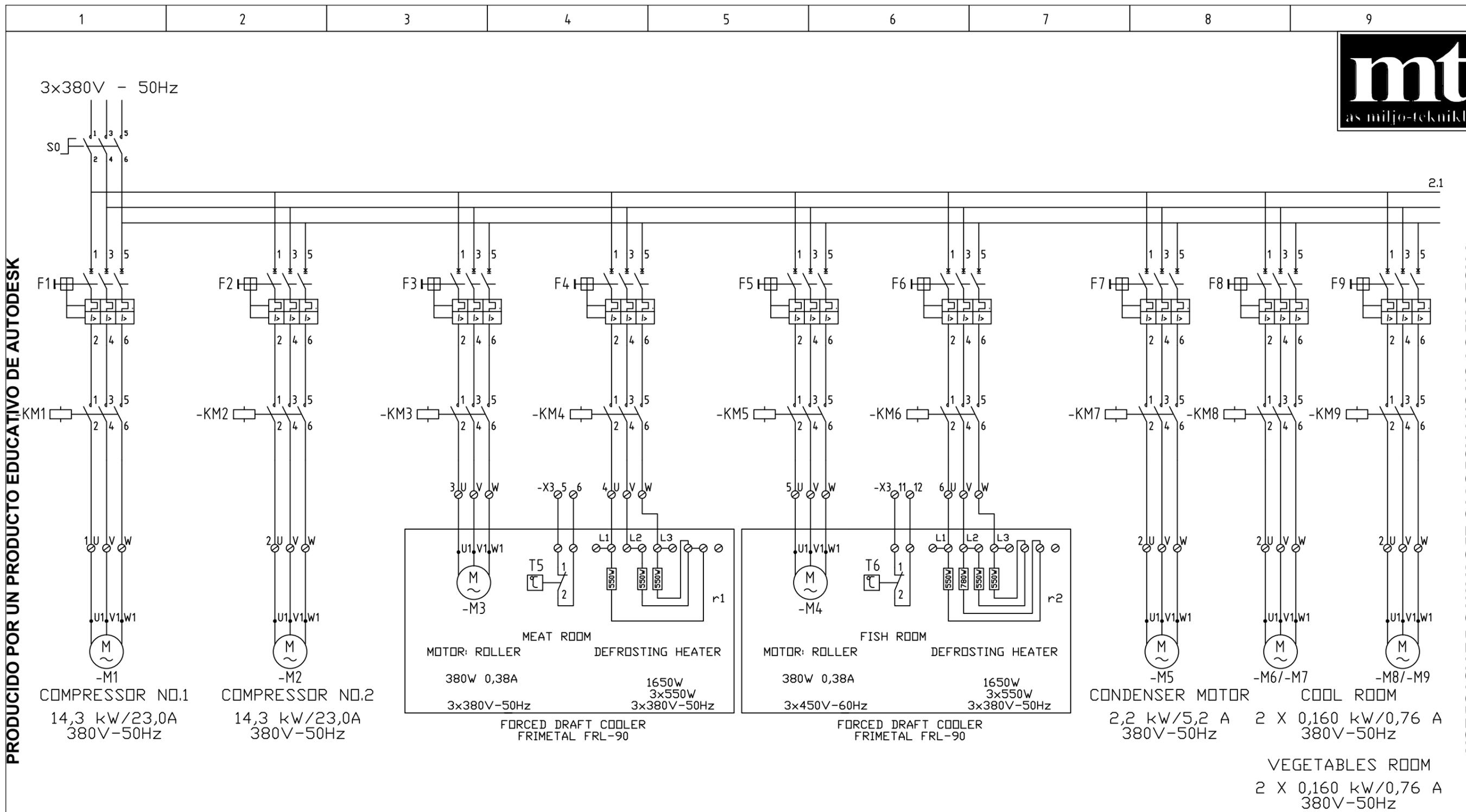
Figura 3.5.3.1. Lámpara señalización relés térmicos.

Todas estas lámparas cuentan con las siguientes características técnicas:

| Característica | Valor |
|-------------------------|-------|
| Diámetro de montaje | 22 mm |
| Base de bombilla | BA 9s |
| Tensión de alimentación | 250 V |

Tabla 3.5.3.1. Características técnicas comunes lámparas.

4. ESQUEMAS ELÉCTRICOS.



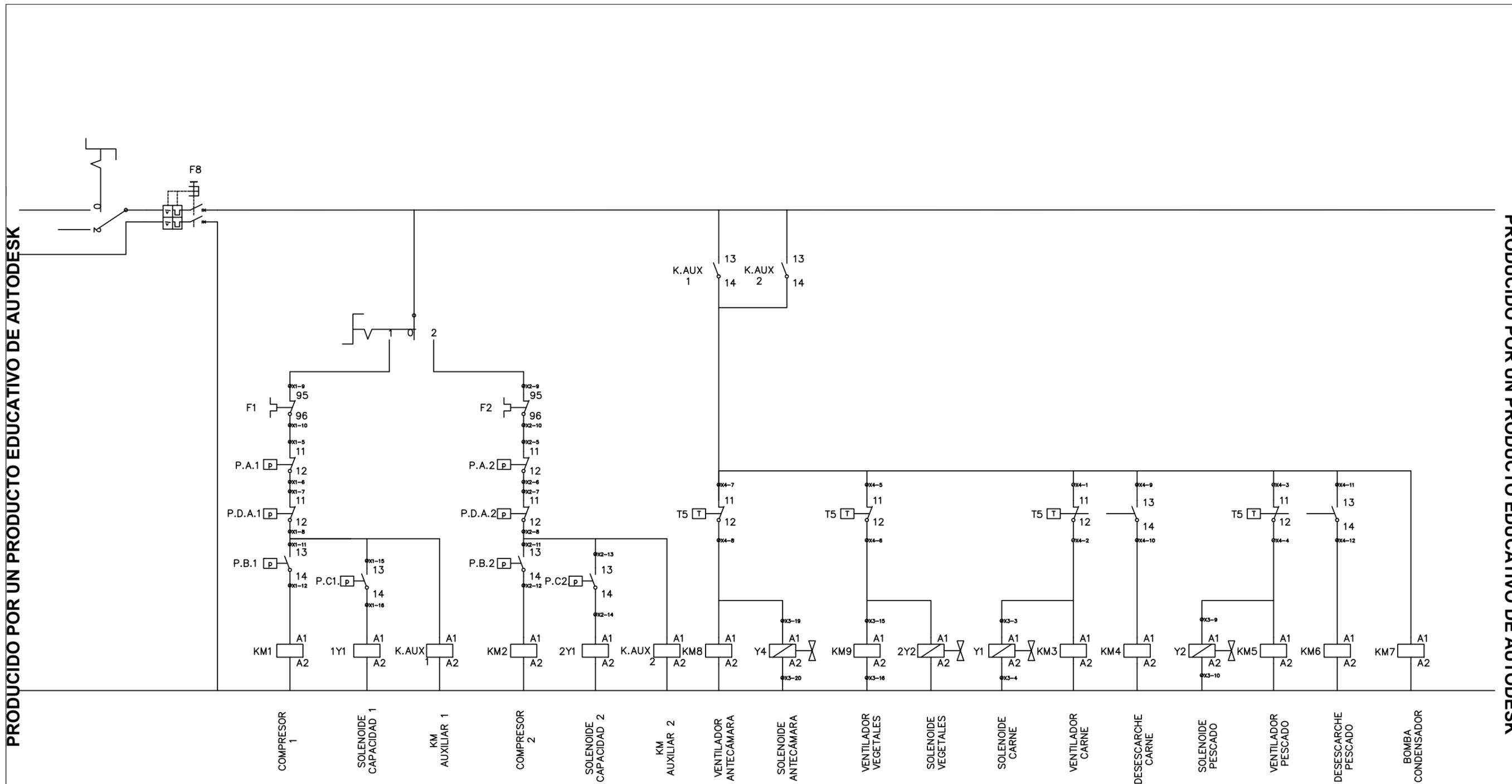
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

| | | |
|--|--------|--|
| | | PROYECTO DE FIN DE GRADO TFG/GEME-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUSAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: ESQUEMA FUERZA | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: ELEC-1 |

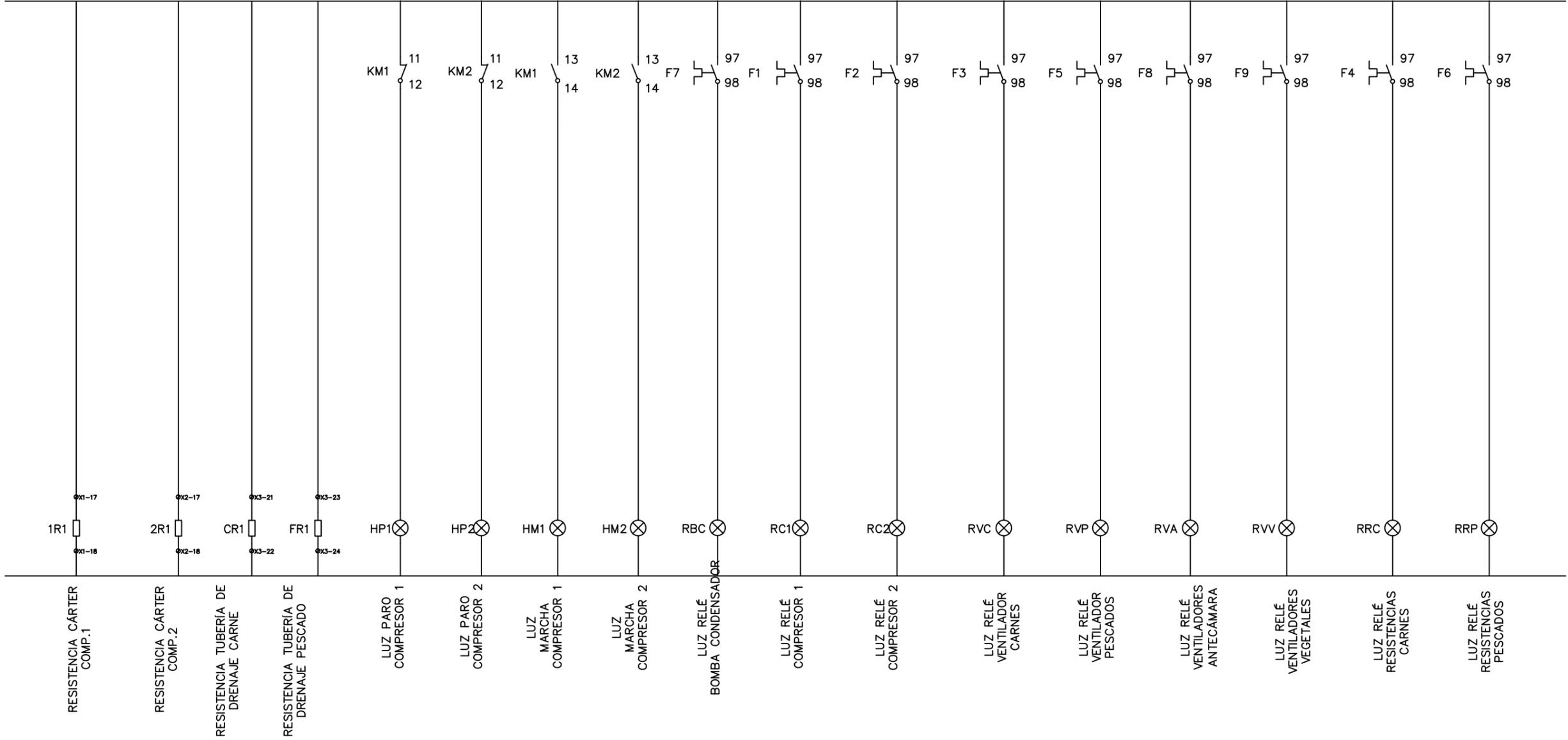
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



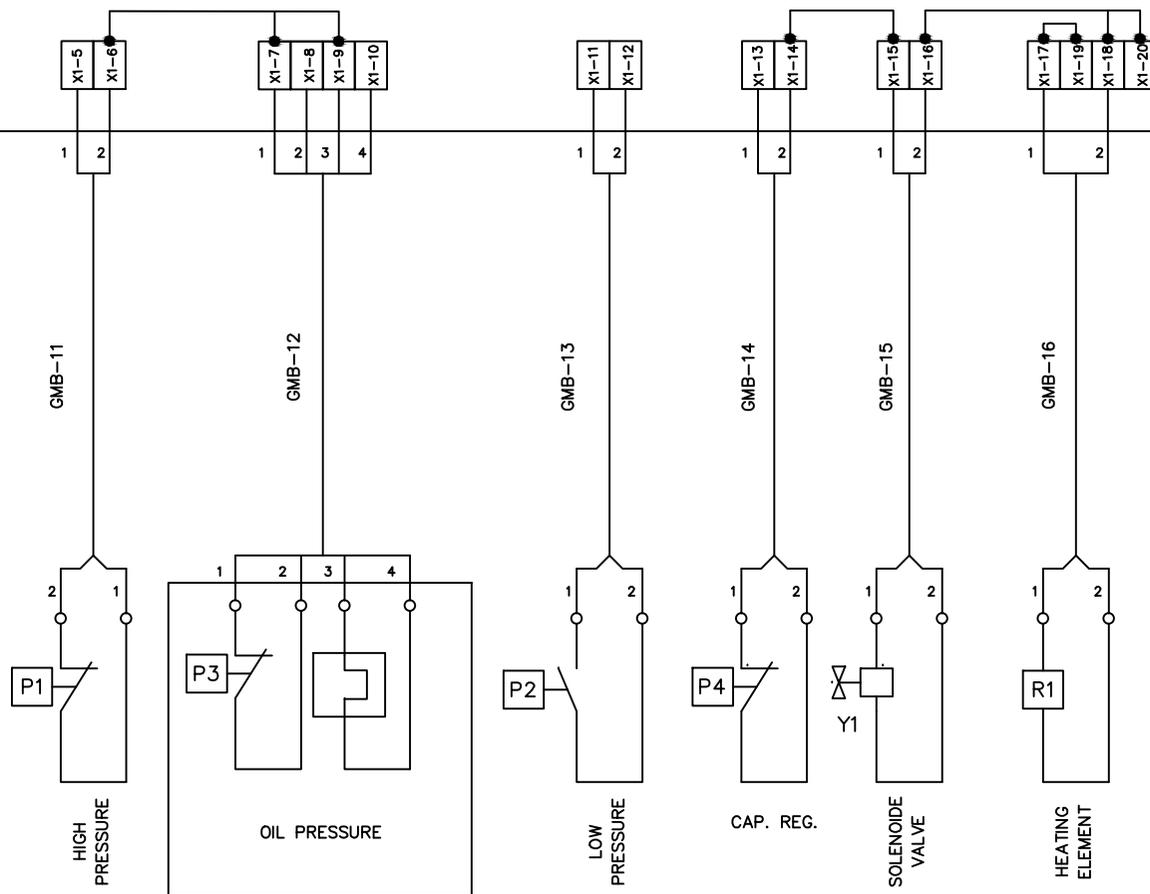
COMPRESOR 1 SOLENOIDE CAPACIDAD 1 KM AUXILIAR 1 COMPRESOR 2 SOLENOIDE CAPACIDAD 2 KM AUXILIAR 2 VENTILADOR ANTECAMARA SOLENOIDE ANTECAMARA VENTILADOR VEGETALES SOLENOIDE VEGETALES SOLENOIDE CARNE VENTILADOR CARNE DESESCARCHE CARNE SOLENOIDE PESCADO VENTILADOR PESCADO DESESCARCHE PESCADO BOMBA CONDENSADOR

| | | |
|---|--------|---|
|  UNIVERSIDADE DA CORUÑA  | | PROYECTO DE FIN DE GRADO TFG/GEM/E-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUIÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: ESQUEMA MANDO CONTROL | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: ELEC-2 |



| | | |
|---|--------|---|
|  UNIVERSIDADE DA CORUÑA  | | PROYECTO DE FIN DE GRADO TFG/GEM/E-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: ESQUEMA MANDO SEÑALIZACIÓN, RESISTENCIAS | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: ELEC-3 |

CP-3 GAMBUZA REFRIGERACIÓN



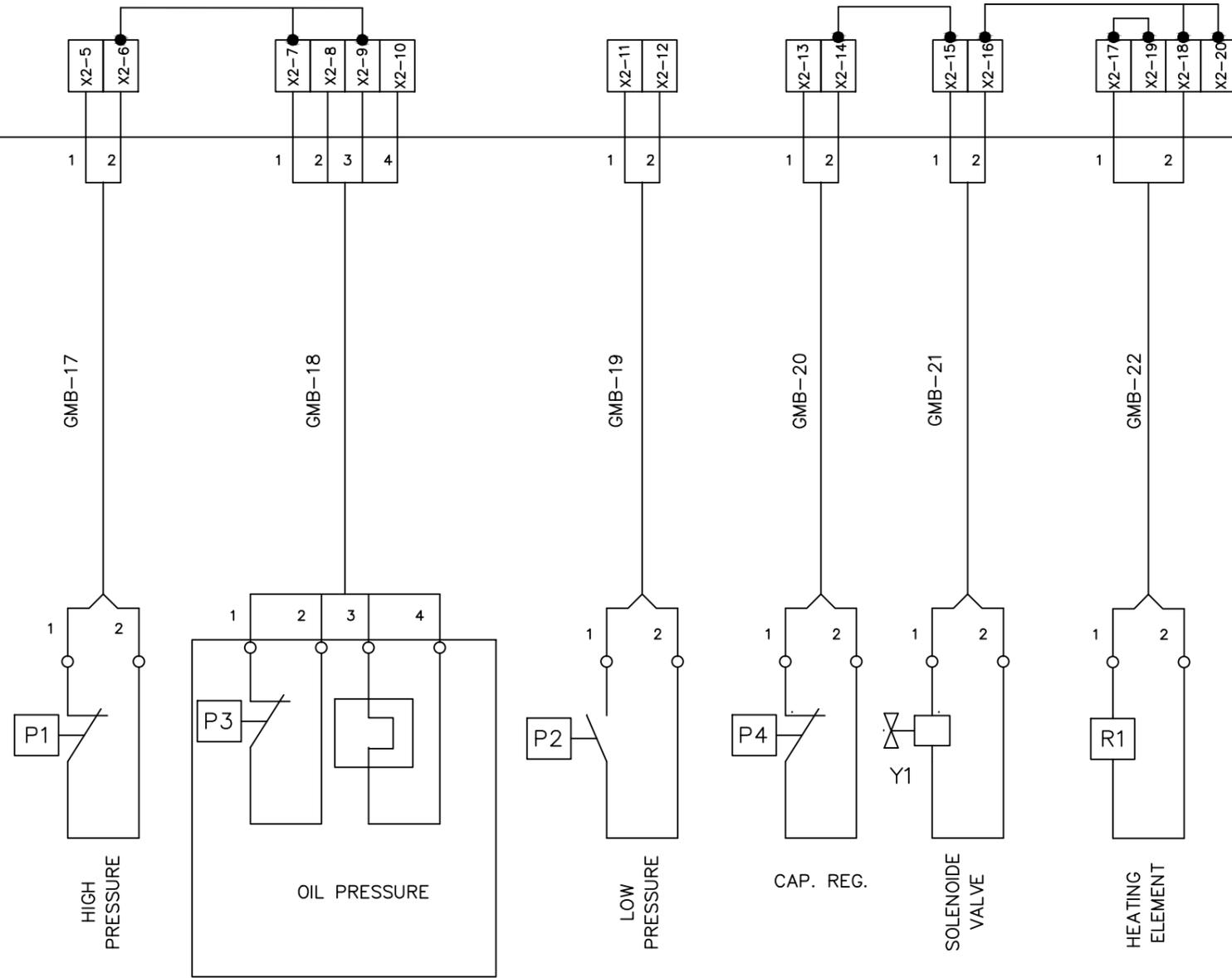
COMPRESOR Nº 1

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

| | | |
|--|--------|--|
|  UNIVERSIDADE DA CORUÑA  | | PROYECTO DE FIN DE GRADO TFG/GEME-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: UNIFILAR COMPRESOR 1 | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO RGJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: ELEC-4 |

CP-3 GAMBUZA REFRIGERACIÓN



COMPRESOR Nº 2

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

| | | |
|---|--------|---|
|  UNIVERSIDADE DA CORUÑA  | | PROYECTO DE FIN DE GRADO TFG/GEM/E-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: UNIFILAR COMPRESOR 2 | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: ELEC-5 |

CP-3 GAMBUSA REFRIGERACIÓN

L1 L2 L3

1 U V W

2 U V W

3 U V W

X3-5 X3-6

4 U V W

5 U V W

X3-11 X3-12

6 U V W

ALIMENTACION

GMB-1

GMB-2

GMB-3

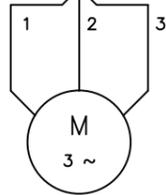
GMB-4

GMB-5

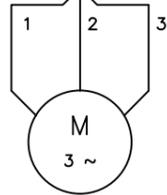
GMB-6

GMB-7

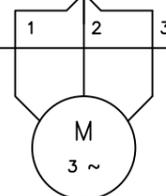
GMB-8



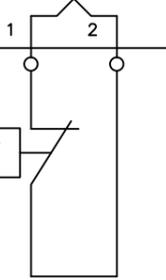
COMPRESOR 1
14,3 kW / 23.0 A



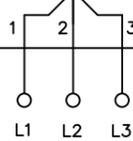
COMPRESOR 2
14,3 kW / 23.0 A



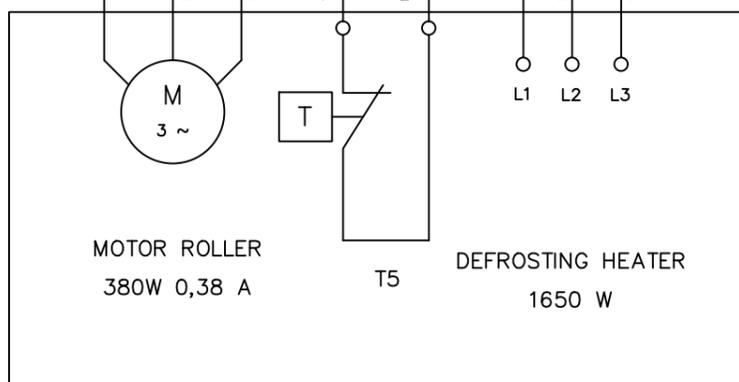
MOTOR ROLLER
380W 0,38 A



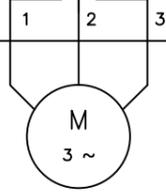
T5



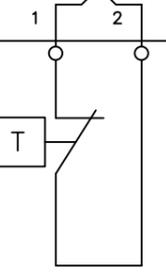
DEFROSTING HEATER
1650 W



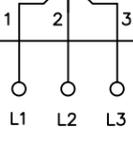
MEAT ROOM
FORCED DRAFT COOLER



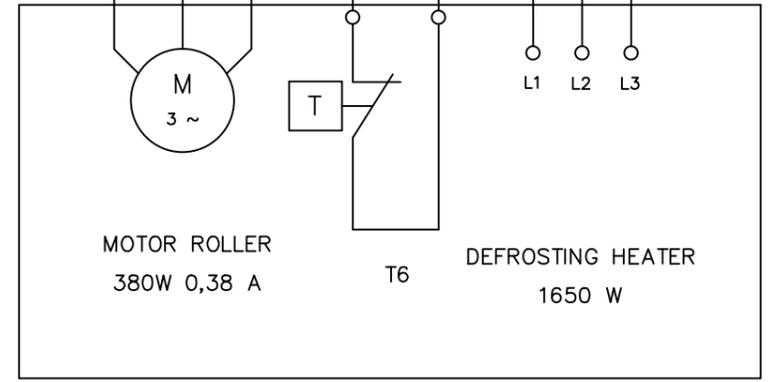
MOTOR ROLLER
380W 0,38 A



T6



DEFROSTING HEATER
1650 W



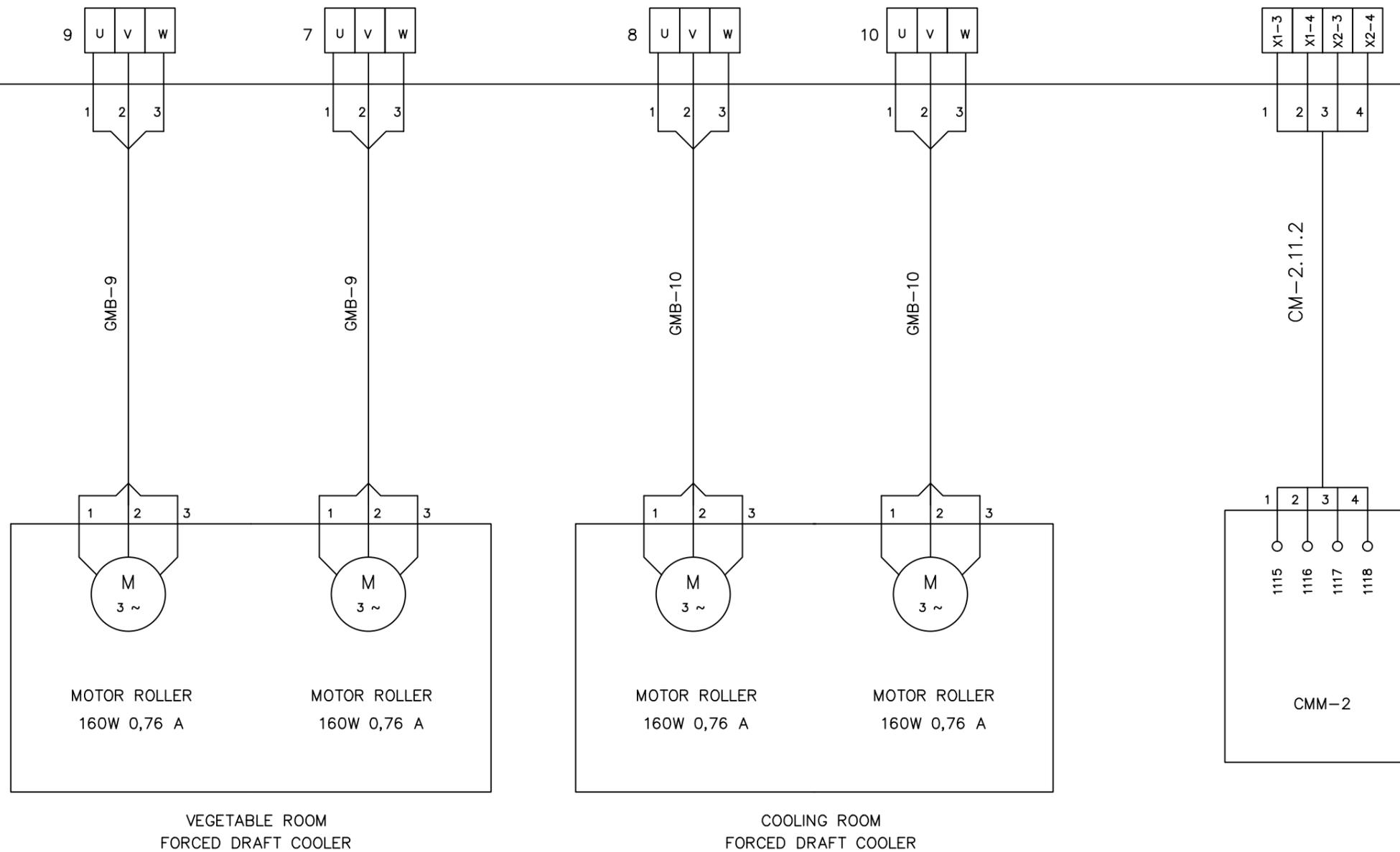
FISH ROOM
FORCED DRAFT COOLER

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

| | | |
|---|--------|---|
|  UNIVERSIDADE DA CORUÑA  | | PROYECTO DE FIN DE GRADO TFG/GEM/E-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: UNIFILAR COMPRESORES, CARNES Y PESCADOS | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: ELEC-6 |

CP-3 GAMBUZA REFRIGERACIÓN

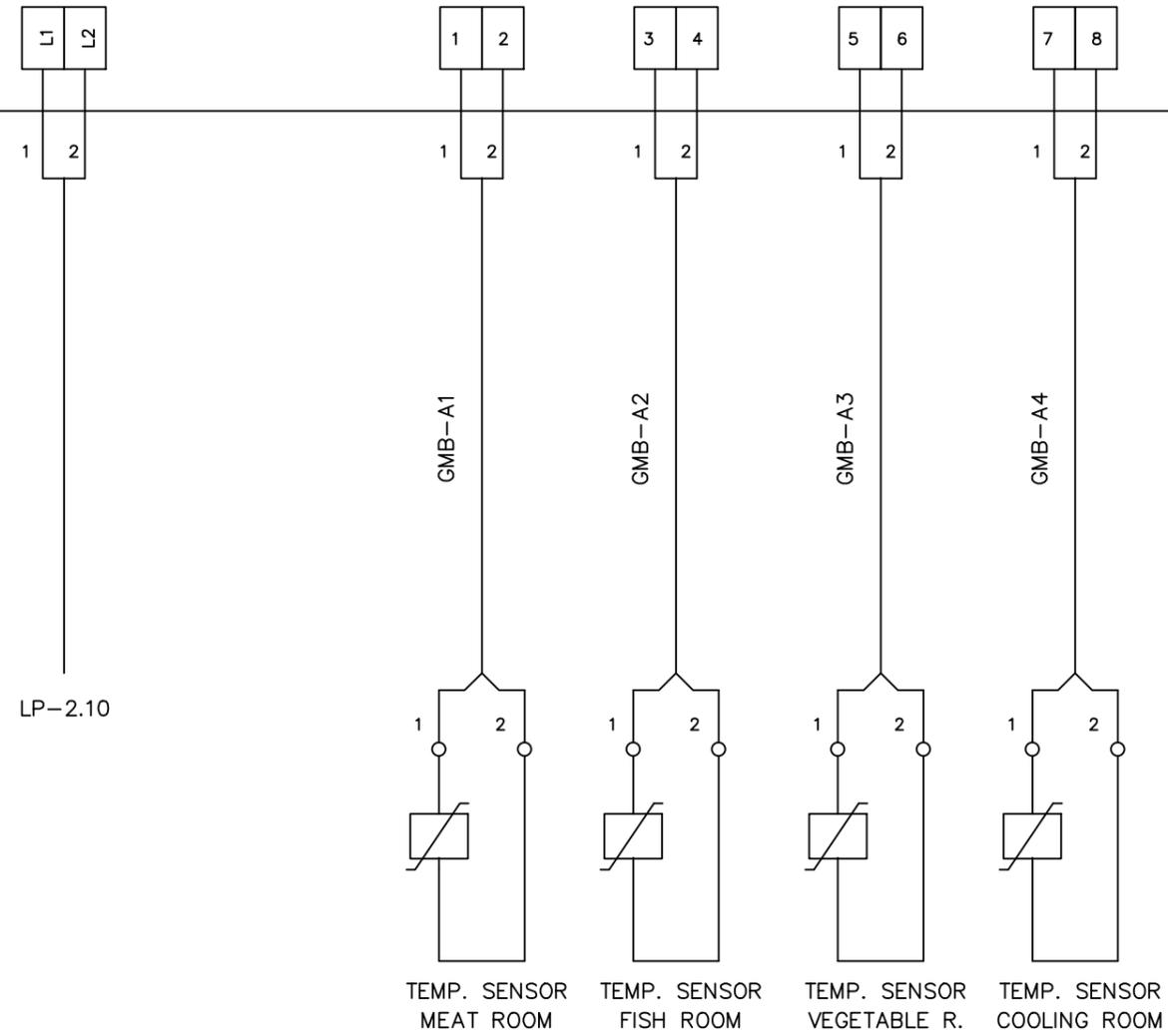


PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

| | | |
|---|--------|---|
|  UNIVERSIDADE DA CORUÑA  | | PROYECTO DE FIN DE GRADO TFG/GEM/E-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: UNIFILAR ANTECÁMARA Y VEGETALES | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: ELEC-7 |

DISPLAY DE TEMPERATURA DE CAMBUZAS EN COCINA

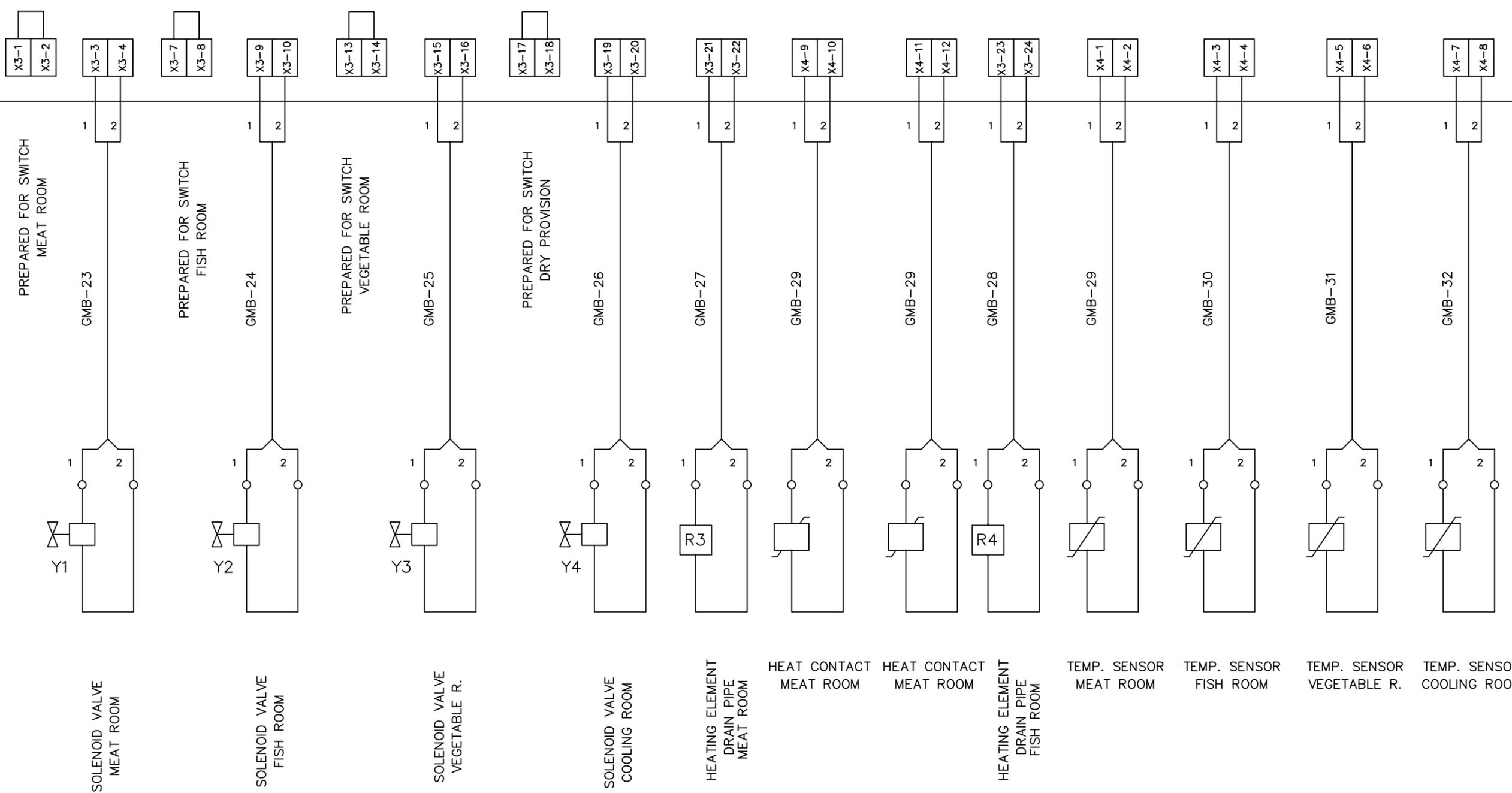


PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

| | | |
|---|--------|---|
|  UNIVERSIDADE DA CORUÑA  | | PROYECTO DE FIN DE GRADO TFG/GEM/E-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUSAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: UNIFILAR DISPLAY COCINA | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: ELEC-8 |

CP-3 GAMBUZA REFRIGERACIÓN

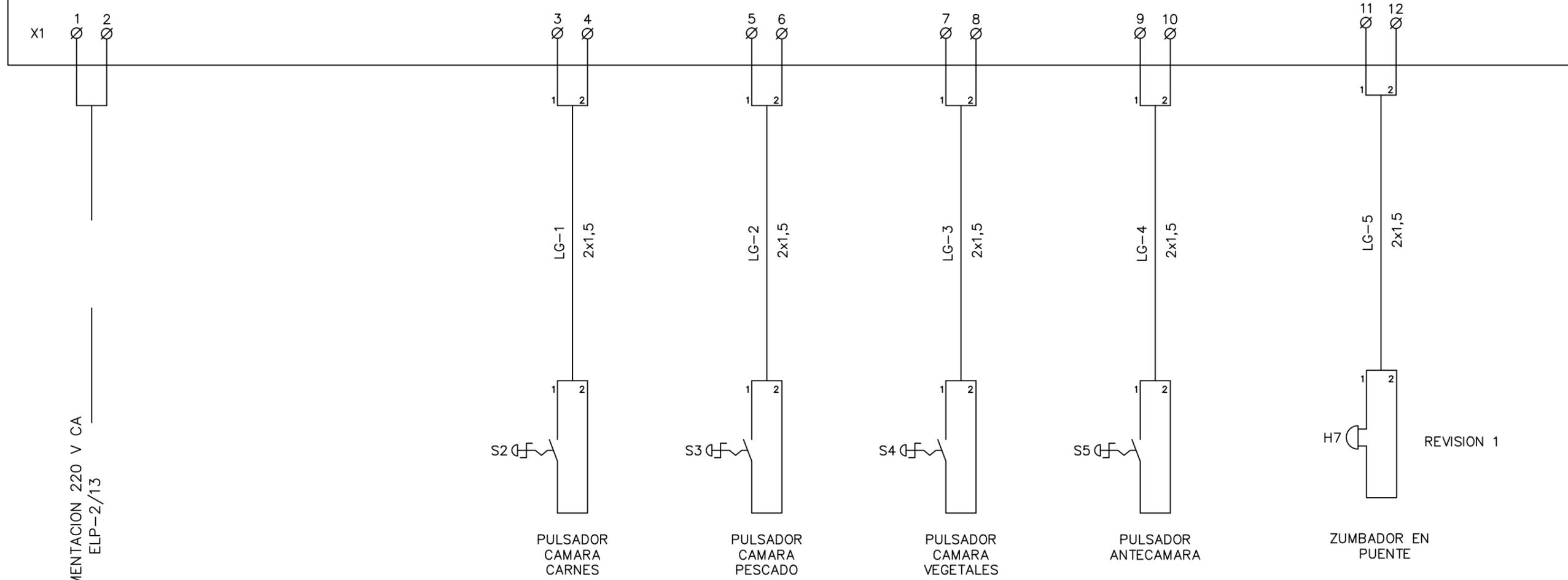


PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

| | | |
|---|--------|---|
|  UNIVERSIDADE DA CORUÑA  | | PROYECTO DE FIN DE GRADO TFG/GEM/E-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: UNIFILAR SOLENOIDES, TERMOSTATOS, RESISTENCIAS | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: ELEC-9 |

CAJA ALARMA HOMBRE ENCERRADO EN GAMBUZA (COCINA)



ALIMENTACION 220 V CA
ELP-2/13

PULSADOR
CAMARA
CARNES

PULSADOR
CAMARA
PESCADO

PULSADOR
CAMARA
VEGETALES

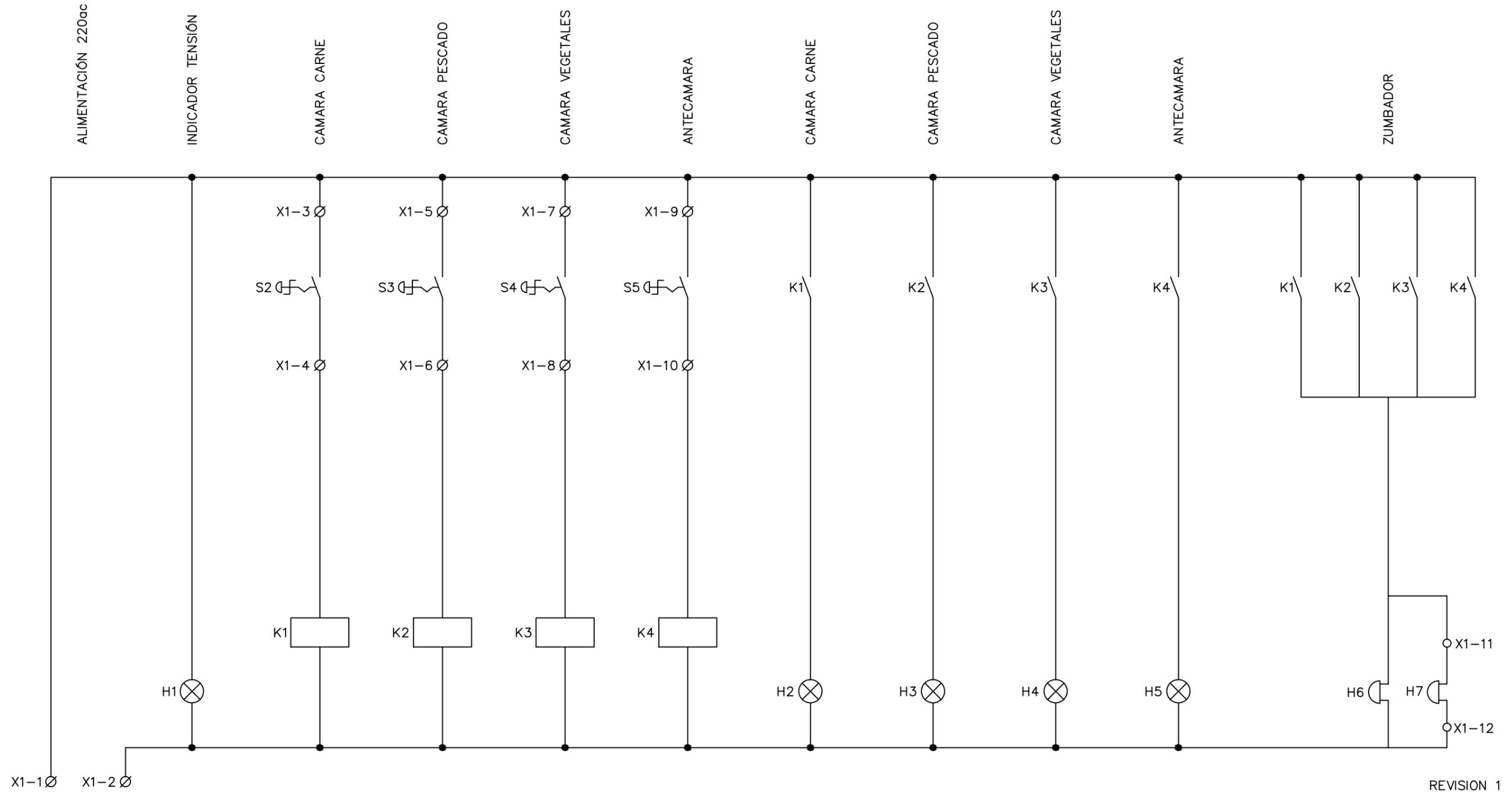
PULSADOR
ANTECAMARA

ZUMBADOR EN
PUENTE

REVISION 1

| | | |
|---|--------|---|
|  UNIVERSIDADE DA CORUÑA  | | PROYECTO DE FIN DE GRADO TFG/GEM/E-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: UNIFILAR HOMBRE ENCERRADO | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: H-1 |

CAJA ALARMA HOMBRE ENCERRADO EN GAMBUZA (COCINA)



220 V 50 Hz. ELP-2/13

REVISION 1

| | | |
|---|--------|---|
|  UNIVERSIDADE DA CORUÑA  | | PROYECTO DE FIN DE GRADO TFG/GEM/E-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: MANDO HOMBRE ENCERRADO | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: H-2 |



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



“INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO”

ANEXO VI – PLANOS



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

FECHA: **JULIO 2015**

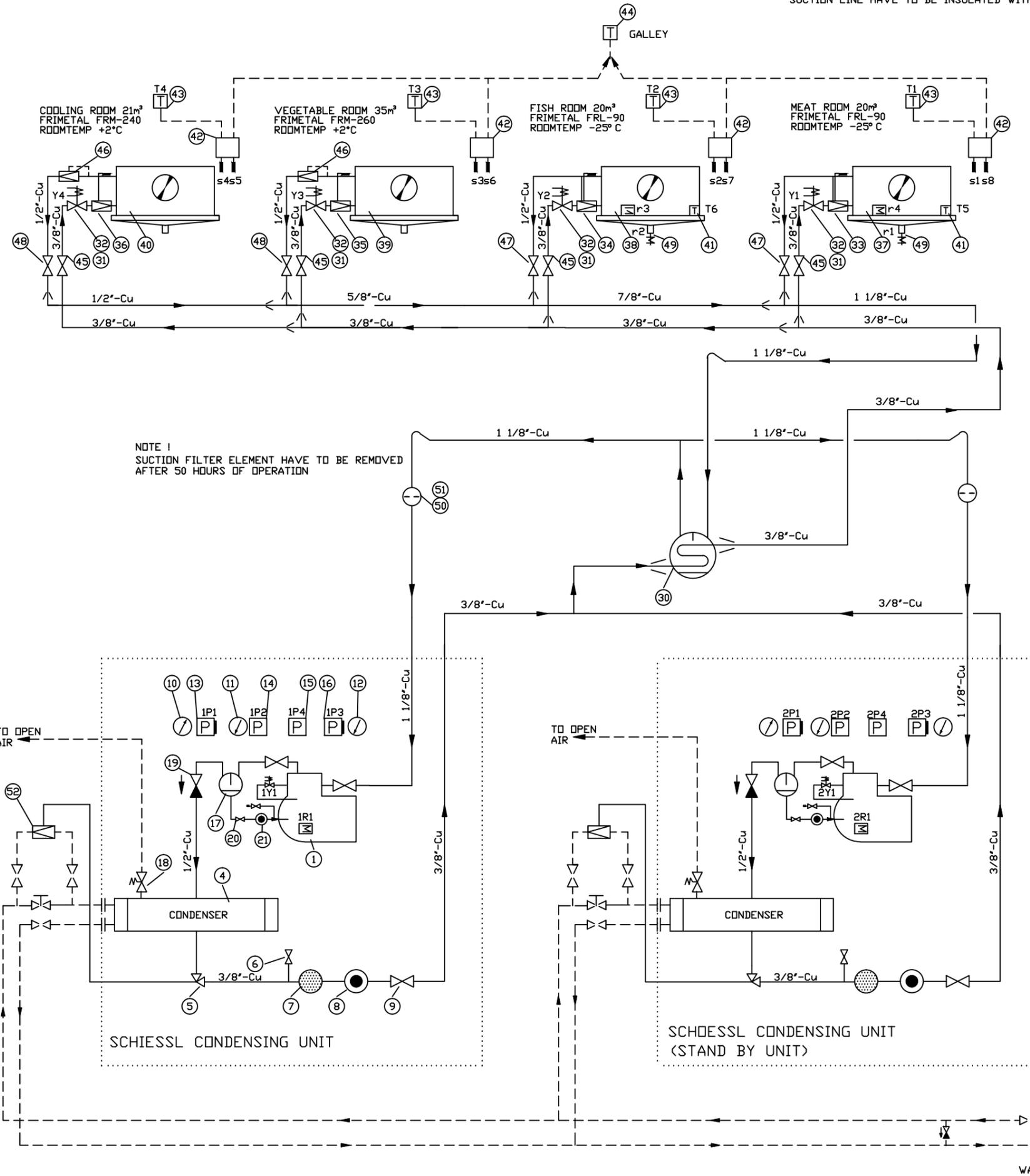
AUTOR: David Novo Rojo

Fdo:

ÍNDICE ANEXO VI – PLANOS

1. Circuito frigorífico.....Plano 1
2. Localización gambuzas.....Plano 2
3. Bancada compresor.....Plano 3

NOTE 1
 THE TUBES ALWAYS HAVE TO BE CLEAN AND WITHOUT DIRT AND FORGE
 SCALES. THIS HAS TO BE CONTROLLED BEFORE ERECTION.
 IT ALWAYS HAS TO BE A RUBBER LINER BETWEEN FASTENERS AND PIPELINES.
 SUCTION LINE HAVE TO BE INSULATED WITH DIFFUSION TIGHT OUTSIDE MATERIAL.



NOTE 1
 SUCTION FILTER ELEMENT HAVE TO BE REMOVED
 AFTER 50 HOURS OF OPERATION

HIGH PRESSURE SIDE
 DESIGN PRESSURE : 26,0 BAR
 TEST PRESSURE : 32,5 BAR

LOW PRESSURE SIDE
 DESIGN PRESSURE : 20,3 BAR
 TEST PRESSURE : 26,4 BAR

COMPRESSOR CAPACITY (EACH)
 CAPACITY : 14,3 kW
 EVAPORATOR TEMP. : -32°C
 CONDENSER TEMP. : +43°C
 1 UNIT ACTS AS STAND BY

CONDENSER
 WATER CONSUMPTION : 1,81 m3/h
 PRESSURE LOSS : 0,05 bar

CU TUBE MATERIAL QUALITY
 ANSI Ø 3/8"x0,81mm
 ANSI Ø 1/2"x0,81mm
 ANSI Ø 5/8"x0,89mm
 ANSI Ø 7/8"x1,14mm
 ANSI Ø 1 1/8"x0,89mm

MAX. TUBELENGTH 19M
 MAX. VERTICAL DIST. 9M

| | | | |
|----|---|--------------------------|--|
| 52 | 2 | AUTOMATIC SEAWATER VALVE | PENN V46BA 9600 3/8"BSP |
| 51 | 2 | FILTER ELEMENTS | CARLY ACY 489MMS |
| 50 | 2 | SUCTION FILTER | CARLY BCY 489MMS 1 1/10' Id |
| 49 | 2 | DRAIN PIPE HEATER | 5BTV2-CR 17 W/M 220V L=4M |
| 48 | 2 | STOP VALVE | DANFOSS GBC-12S 1/2' Id 009G7052 |
| 47 | 2 | STOP VALVE | DANFOSS GBC-12S 1/2' Id 009G7052 |
| 46 | 2 | CONSTANT PRESSURE VALVE | DANFOSS KVP-12 1/2' Id 034L0023 |
| 45 | 4 | STOP VALVE | DANFOSS GBC-10S 3/8' Id 009G7051P |
| 44 | 1 | TEMPERATURE DISPLAY | TEKNOTHERM 3-5188 |
| 43 | 4 | ROOM THERMOSTAT | ELIWELL EWPC-901/T PTC MOUNTED IN EL-PANEL |
| 42 | 4 | SENSOR BOX W / 2 SENSORS | ELIWELL PTC |
| 41 | 1 | SAFETY THERMOSTAT | ROLLER |
| 40 | 1 | FORCED DRAFT COOLER | FRIMETAL FRM-240 DRY COOLING ROOM |
| 39 | 1 | FORCED DRAFT COOLER | FRIMETAL FRM-260 VEGETABLE ROOM |
| 38 | 1 | FORCED DRAFT COOLER | FRIMETAL FRL-90 FISH ROOM |
| 37 | 1 | FORCED DRAFT COOLER | FRIMETAL FRL-90 MEAT ROOM |
| 36 | 1 | THERM. EXP. VALVE | DANFOSS TUAE 3 068U1714 |
| 35 | 1 | THERM. EXP. VALVE | DANFOSS TUAE 4 068U1714 |
| 34 | 1 | THERM. EXP. VALVE | DANFOSS TUAE 3 068U1714 |
| 33 | 1 | THERM. EXP. VALVE | DANFOSS TUAE 3 068U1714 |
| 32 | 4 | SOLENOID COIL | DANFOSS BE230AS 018F7601 |
| 31 | 4 | SOLENOID VALVE | DANFOSS EVR-3, 3/8' Id 032F1204 |
| 30 | 1 | SUCTION TRAP | DANFOSS HE 1.0 015D0004 |

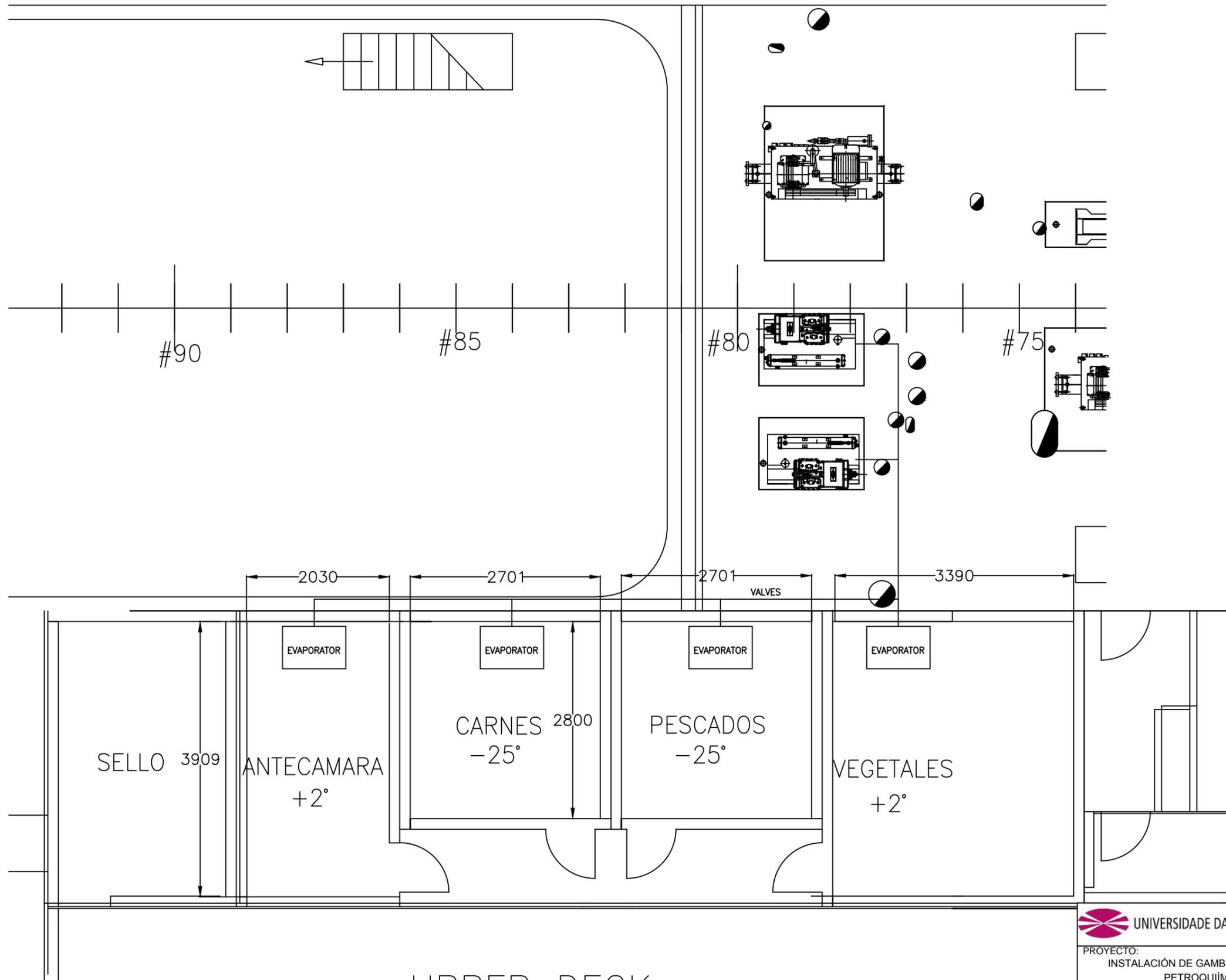
| | | | |
|----|---|---------------------------|---------------------------|
| 21 | 2 | SIGHT GLASS | CARLY HCYPV 23 |
| 20 | 2 | STOP VALVE | DANFOSS BML 10S 00G0122 |
| 19 | 2 | CHECK VALVE | DANFOSS NRV 12s 020-1012 |
| 18 | 2 | SAFETY RELIEF VALVE | DANFOSS SFA 15 148F330 |
| 17 | 2 | OIL SEPARATOR | CARLY TURBOIL 1504S |
| 16 | 2 | OIL SAFETY SWITCH W/RESET | DANFOSS MP55 060B017266 |
| 15 | 2 | L.P. CAP.REG | DANFOSS KP1 060-133266 |
| 14 | 2 | L.P. CUT OUT | DANFOSS KPU 15B 060-5250 |
| 13 | 2 | HP CUT OUT W/RESET | DANFOSS KPU 15B 060-5250 |
| 12 | 2 | D.P. GAUGE | BL60/20 R1/A4 07131032 |
| 11 | 2 | L.P. GAUGE | BL60/20 R1/A4 07131032 |
| 10 | 2 | HP GAUGE | BL60/40 R1/A4 07131033 |
| 9 | 2 | STOP VALVE | DANFOSS GBC 10S 009G7051P |
| 8 | 2 | SIGHT GLASS | DANFOSS SGP 10S 014L0035 |
| 7 | 2 | DRIER | DANFOSS DCL-303 023Z0012 |
| 6 | 2 | CHARGING VALVE R-410A | DANFOSS BML 10S 00G0122 |
| 5 | 2 | STOP VALVE | DANFOSS GBC 10S 009G7051P |
| 4 | 2 | CONDENSER | BITZER K073H 015D0004 |
| 1 | 2 | COMPRESSOR | BITZER 4VDC-10Y-40P |

AS-BUILT

| | | |
|--|--------|--|
| | | PROYECTO DE FIN DE GRADO: TFG/GEM/E-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUSAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: CIRCUITO FRIGORÍFICO | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: 1 |

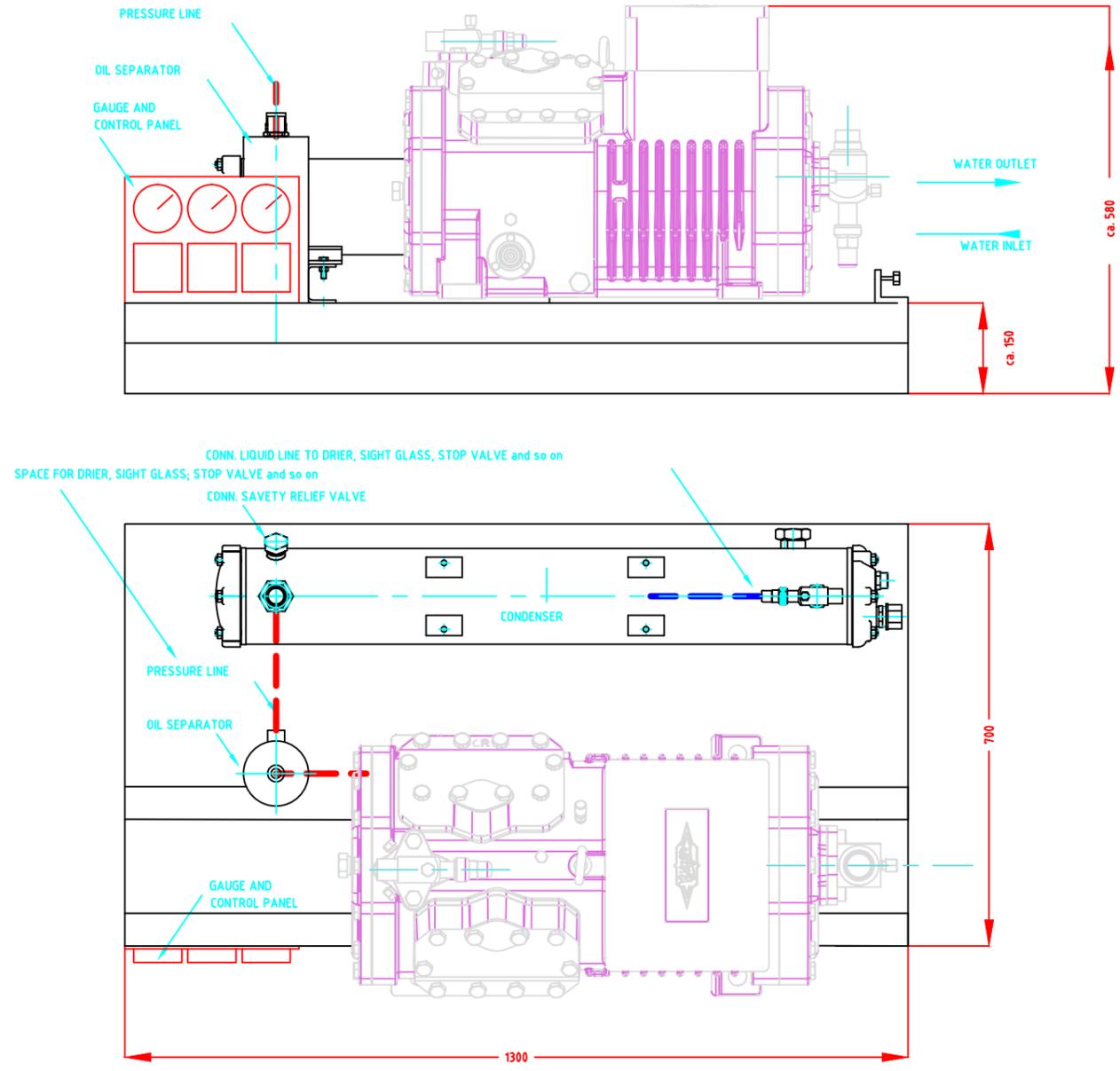
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



UPPER DECK

| | | |
|--|--------|---|
|  UNIVERSIDADE DA CORUÑA | | PROYECTO DE FIN DE GRADO: TFG/GEM/E-22-15/ |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: DISTRIBUCIÓN PLANTA | | ESCALA: 1/40 |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: 2 |



| | | |
|---|--------|--|
|  UNIVERSIDADE DA CORUÑA  | | PROYECTO DE FIN DE GRADO TFG/GEME-22-15 |
| PROYECTO: INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO | | FECHA: JULIO 2015 |
| PLANO: BANCADA COMPRESOR | | ESCALA: S/E |
| AUTOR: DAVID NOVO ROJO | FIRMA: | Nº DE PLANO: 3 |



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



“INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO”

ANEXO VII – PLIEGO DE CONDICIONES



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

FECHA: **JULIO 2015**

AUTOR: David Novo Rojo

Fdo:

ÍNDICE ANEXO VII – PLIEGO DE CONDICIONES

| | |
|---|-----|
| 1. Pliego de condiciones generales..... | 232 |
| 1.1. Objeto..... | 232 |
| 1.1.1. Mandos y responsabilidad..... | 232 |
| 1.2. Reglamentos y normativa de aplicación..... | 233 |
| 1.3. Materiales..... | 236 |
| 1.4. Organización..... | 236 |
| 1.5. Ejecución de las obras..... | 237 |
| 1.5.1. Programa de trabajo..... | 237 |
| 1.5.2. Comienzo..... | 237 |
| 1.5.3. Interpretación y desarrollo del proyecto..... | 237 |
| 1.5.4. Plazos de ejecución..... | 237 |
| 1.5.5. Plazo de garantía..... | 238 |
| 2. características y calidad de materiales y equipos..... | 239 |
| 2.1. Características generales de los equipos frigoríficos..... | 239 |
| 2.2. Refrigerantes..... | 239 |
| 2.3. Compresores..... | 240 |
| 2.4. Tuberías y conexiones..... | 240 |
| 2.5. Bombas de refrigerante..... | 241 |
| 2.6. Aparatos indicadores y de medida..... | 241 |
| 2.6.1. Indicadores de nivel de refrigerante..... | 241 |
| 2.6.2. Manómetros para fluidos frigorígenos..... | 241 |
| 2.7. Elementos de control, protección y seguridad..... | 242 |
| 2.7.1. Limitadores de presión..... | 242 |
| 2.7.2. Válvulas de seguridad..... | 242 |
| 2.7.3. Válvulas de seccionamiento..... | 242 |

| | |
|---|-----|
| 3. condiciones de ejecución y montaje..... | 243 |
| 3.1. Maquinaria frigorífica..... | 243 |
| 3.2. Sala de máquinas..... | 244 |
| 3.3. Tuberías y conexiones..... | 245 |
| 3.4. Protecciones contra sobrepresiones..... | 247 |
| 3.4.1. Fusibles térmicos..... | 247 |
| 3.4.2. Válvulas de seguridad..... | 248 |
| 3.4.3. Presostatos de seguridad y alta presión..... | 248 |
| 3.5. Instalación eléctrica..... | 249 |
| 3.6. Instalación de fontanería..... | 249 |
| 3.7. Almacenamiento de refrigerante..... | 250 |
| 3.8. Carga de refrigerante de la instalación..... | 250 |

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.

1.1. Objeto.

E presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares tiene por objeto determinar las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de la instalación frigorífica, así como definir las características y calidad de los materiales a emplear.

La empresa encargada de la obra está obligada al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación de un seguro obligatorio y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

1.1.1. Mandos y responsabilidad.

Supervisor:

El contratista dispondrá a pie de obra de un técnico cualificado, quien ejercerá como Supervisor, controlará y organizará los trabajos objeto del contrato siendo el interlocutor válido frente a la propiedad.

Vigilancias:

El contratista será el único responsable de la vigilancia de los trabajos que tenga contratados hasta su recepción provisional.

Limpieza:

El contratista mantendrá en todo momento el recinto de la obra libre de acumulación de materiales de desecho, desperdicios o escombros debiendo retirarlos a medida que estos se produzcan.

El contratista está obligado a eliminar adecuadamente y por su cuenta en un vertedero autorizado los desechos que se produzcan durante los trabajos a ejecutar.

Al abandonar el trabajo cada día deberá dejarse el puesto y las zonas de trabajo ordenadas.

Al finalizar la obra, esta se entregará completamente limpia, libre de herramientas andamiajes y materiales sobrantes.

Será por cuenta del contratista el suministro, la distribución y el consumo de todas las energías y fluidos provisionales que sean necesarios para el correcto y normal desarrollo de los trabajos objeto de su oferta.

Subcontratación:

El contratista podrá subcontratar parcialmente las obras contratadas. En todo caso el contratista responderá ante la Dirección Facultativa de Obra y la Propiedad de la labor de sus subcontratistas como si fuese labor propia.

La propiedad podrá recusar antes la contratación de cualquiera de las subcontratas que el subcontratista tenga previsto utilizar, teniendo este la obligación de presentar nombres alternativos.

Durante la ejecución de las obras, la Propiedad podrá recusar a cualquiera de los subcontratistas que no realice las obras adecuadamente, tanto en calidad como en plazo, lo que notificará por escrito al Contratista. Este deberá sustituir al subcontratista sin que dicho cambio pueda originar derecho a compensación alguna en cuanto a precio o plazo de obra.

1.2. Reglamentos y normativa de aplicación.

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los reglamentos de seguridad y normas técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalación, tanto de ámbito internacional, como nacional o autonómico, así como todas las otras que se establezcan convenientes.

Se adaptarán además a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los reglamentos y citadas normas.

DECRETO 3099/1977 de 8 de septiembre de 1977 del Mº de Industria y Energía por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, (B.O.E. de 6 de diciembre de 1977, núm. 291) y

rectificaciones posteriores (B.O.E. 11-1-1978, núm. 9 y B.O.E. 9-2-1978, núm. 34).

Real Decreto 394/1979, de 2 de febrero, por el que se modifica el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas (B.O.E. Nº 57 publicado el 7/3/1979).

ORDEN de 24 de Enero de 1978 del Mº de Industria y Energía, por el que se aprueban las Instrucciones Complementarias al Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, denominadas MI-IF (B.O.E. 3-2- 1978, núm. 29).

Orden de 4 de abril de 1979, por la que se modifican las Instrucciones Técnicas Complementarias MIE-IF-007 y MIEIF-014 aprobadas por orden de 24 de enero de 1978, del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas (B.O.E. Nº 112 publicado el 10/5/1979).

ORDEN de 30 de septiembre de 1980, por la que se modifican las instrucciones MI-IF-013 y MI-IF-014 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

Real Decreto 754/1981, de 13 de marzo, por el que se modifican los artículos 28, 29 y 30 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas (B.O.E. Nº 101 publicado el 28/4/1981).

ORDEN de 21 de julio de 1983, por la que se modifican las instrucciones MI-IF-004 y MI-IF-016 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

ORDEN de 19 de noviembre de 1987, por la que se modifica la Orden 21 de julio de 1983.

ORDEN de 4 de noviembre de 1992, por la que se modifica la instrucción MI-IF-005 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

Orden de 23 de noviembre de 1994, por la que se adaptan al progreso técnico las instrucciones técnicas complementarias MI-IF 002, MI-IF 004, MI-IF 009 y MI-

IF 010 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas (B.O.E. Nº 288 publicado el 2/12/1994).

ORDEN de 24 de abril de 1996, por la que se modifican las instrucciones técnicas complementarias MI-IF-002, MI-IF-004, MI-IF-008, MI-IF-009, MI-IF-010 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

ORDEN de 26 de febrero de 1997, por la que se rectifica la tabla I de la MI-IF-004 de la orden 24 de abril de 1996 por la que se modificaron las instrucciones técnicas complementarias MI-IF-002, MI-IF-004, MI-IF-008, MI-IF-009, MI-IF-010 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

ORDEN de 23 de diciembre de 1998, por la que se modifican las instrucciones técnicas complementarias MI-IF-002 MI-IF- 004 MI-IF-009 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

ORDEN de 29 de noviembre de 2001, por la que se modifican las instrucciones técnicas complementarias MIIF002, MI-IF004 y MI-IF009 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas (B.O.E. de 7 de diciembre de 2001).

Orden CTE/3190/2002,de 5 de diciembre, por la que se modifican las Instrucciones Técnicas Complementarias MIIF002,MI-IF004 y MI-IF009 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas. (B.O.E. Nº 301 publicado el 17/12/2002).

Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

REAL DECRETO 842/2002 de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, (BOE 18-9-2002).

Salvo que se trate de prescripciones cuyo cumplimiento esté obligado por la vigente legislación, en caso de discrepancia entre el contenido de los documentos anteriormente mencionados se aplicará el criterio correspondiente al que tenga una fecha de aplicación posterior. Con idéntica salvedad, será de aplicación preferente, respecto de los anteriores documentos, lo expresado en este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

1.3. Materiales.

Todos los materiales empleados serán de primera calidad. Cumplirán las especificaciones y tendrán las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas, así como todas las relativas a la conservación de los mismos atendiendo a las particularidades de un medio hostil como es el marino.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en cualquier documento del proyecto, aún sin figurar en los restantes es igualmente obligatoria.

En caso de existir contratación u omisión en los documentos del proyecto, el taller que realizará las obras tendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de Obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente y por decisión propia sin la autorización expresa.

1.4. Organización.

La empresa encargada de la obra actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades que le correspondan y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas y en general, a todo cuanto legisle en decretos u órdenes sobre el particular ante o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la obra o así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo de la empresa encargada de la obra a quien le corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

La empresa encargada de la obra, sin embargo, deberá informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes de éste en relación con datos extremos.

Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares que la empresa encargada de la obra considere oportuno llevar a cabo y que no estén reflejados en el presente, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, corriendo a cuenta propia de la Empresa encargada de la obra.

1.5. Ejecución de las obras.

1.5.1. Programa de trabajo.

En el plazo de 15 días hábiles a partir de la adjudicación definitiva, la empresa encargada de la obra presentará el programa de trabajo de la obra, ajustándose a lo que especifique el Director de Obra, siguiendo el orden de obra que considere oportuno para la correcta realización de la misma, previa notificación por escrito a la dirección de lo mencionado anteriormente.

Cuando el programa de trabajo se deduzca la necesidad de modificar cualquier condición contractual, dicho programa deberá ser redactado contradictoriamente por la empresa encargada de la obra y el Director de Obra, acompañándose la correspondiente modificación para su tramitación.

1.5.2. Comienzo.

La empresa encargada de la obra estará obligada a notificar por escrito o personalmente de forma directa al Director de Obra la fecha de comienzo de los trabajos.

1.5.3. Interpretación y desarrollo del proyecto.

La interpretación técnica de los documento del proyecto corresponde al Técnico Director de Obra. La empresa encargada de la obra está obligada a someter a éste a cualquier duda, aclaración o discrepancia que surja durante la ejecución de la obra por causa del proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto con el fin de darle solución lo antes posible.

La empresa se hace responsable de cualquier error motivado por la omisión de esta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del proyecto.

1.5.4. Plazos de ejecución.

Los plazos de ejecución de los trabajos quedan fijados en el programa de obra o en su defecto en el pliego de condiciones. Todo retraso de la fecha de terminación

de una fase del programa o fin de obra, da lugar a penalizaciones por retraso impuestas al contratista, pudiendo ser deducidas por parte del Director de Obra.

1.5.5. Plazo de garantía.

El plazo de garantía es el comprendido entre la recepción provisional y la definitiva.

Durante este plazo, el contratista, tendrá que corregir a su cargo cuantos defectos se produzcan.

En caso de no ejecución, el Director de Obra podrá hacerlos realizar a otra empresa, con cargo al contratista.

En el caso de que durante el plazo de garantía de un año, se observen defectos en las obras realizadas que requieran una corrección importante, a juicio del Director de Obra, el plazo de garantía sobre los elementos a que se refiere este defecto, continuará durante otro año, a partir de la corrección de los mismos.

2. CARACTERÍSTICAS Y CALIDAD DE MATERIALES Y EQUIPOS.

2.1. Características generales de los equipos frigoríficos.

Los elementos de los equipos frigoríficos deberán ser proyectados, construidos y ajustados de manera que cumplan las prescripciones señaladas en el vigente Reglamento de Aparatos a Presión.

Los materiales empleados en la construcción e instalación de los equipos frigoríficos deberán ser resistentes a la acción de las materias con las que estén en contacto, de forma que no puedan deteriorarse en condiciones normales de utilización; en especial se tendrá en cuenta su resistencia a efectos de fragilidad a bajas temperaturas.

Se prohíbe el uso de los siguientes metales y aleaciones en la construcción de equipos frigoríficos:

- El cobre con el amoníaco y el formiato de metilo.
- El aluminio con el cloruro de metilo.
- El magnesio.
- El cinc con el amoníaco, cloruro de metilo y fluidos frigorígenos clorados.
- El estaño y las aleaciones plomo-estaño con hidrocarburos fluorados para temperaturas de servicio inferiores a -10 °C.
- Las aleaciones de estaño para soldaduras blandas a temperaturas de servicio inferiores a -10 °C.

2.2. Refrigerantes.

El refrigerante o refrigerantes a utilizar, serán los especificados en la Memoria del Proyecto. No obstante, a la vista de las ofertas presentadas y a juicio de la Dirección Técnica, se podrán sustituir por otros siempre que queden garantizadas las condiciones técnicas y de seguridad de la instalación.

Los refrigerantes se denominarán o expresarán por su fórmula o por su denominación química, o si procede, por su denominación simbólica numérica

según establecen las Instrucciones Técnicas Complementarias correspondientes. En ningún caso será suficiente el nombre comercial.

2.3. Compresores.

Serán de diseño moderno, accionados directamente por el motor, el cual se encuentra en el cuerpo del compresor semihermético.

El arranque se realizará con los cilindros descargados admitiéndose el bypass para el arranque en vacío.

El engrase se efectuará por medio de bomba, con presostato diferencial de protección.

Dispondrá en su caso de regulación de capacidad en función de la presión de aspiración.

En caso de construir una central, deberá asegurarse el equilibrio de aceite en los “cárter” de los compresores que lo constituyan.

Dispondrán en general de separador de aceite.

El motor de accionamiento del compresor será el adecuado, el cual viene ya determinado por el fabricante al tratarse de un grupo semihermético.

Los compresores dispondrán de presostato de alta y baja para regular la parada y marcha de los compresores y una válvula de seguridad en la descarga, que en caso de apertura de la misma, descargue en la línea de baja presión.

Los compresores irán provistos de manómetros.

2.4. Tuberías y conexiones.

Los tubos empleados en conexiones y tuberías de paso de refrigerantes deberán ser de acero estirado, acero soldado longitudinalmente a tope, por soldeo eléctrico, por resistencia (contacto o inducción) o por cualquier procedimiento que asegure una soldadura técnicamente equivalente, u otro tipo de tubo de acero que ofrezca características de seguridad equiparables. Podrán ser también de cobre electrolítico pulido y deshidratado.

Cuando se prevean temperaturas de servicio inferiores a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, independientemente del refrigerante utilizado, se deberá utilizar acero calmado como material de base.

En tubo de cobre, las uniones se harán por soldadura fuerte, pudiéndose recurrir a la soldadura blanda en caso de refrigerantes no combustibles y no tóxicos.

Los conductos de cobre por los que pasen refrigerantes que puedan ser combustibles o de acción tóxica estarán protegidos por tubos metálicos, rígidos o flexibles.

Los evaporadores tendrán la capacidad frigorífica suficiente para atender las necesidades del recinto a enfriar.

Tendrán previsto un eficaz sistema de recogida de agua de desescarche.

2.5. Bombas de refrigerante.

En caso de que la alimentación de los evaporadores se efectúe mediante bombeo, las bombas a instalar tendrán las características técnicas adecuadas para los caudales y las presiones de trabajo y el tipo de refrigerantes a utilizar.

Las bombas dispondrán de válvula de seguridad en la descarga y estarán provistas de un manómetro en el sector de alta presión o de impulsión.

2.6. Aparatos indicadores y de medida.

2.6.1. Indicadores de nivel de refrigerante.

Los indicadores visuales de nivel de refrigerante líquido de tipo tubo comunicante o similar, de mirilla continua, estarán dotados de protección exterior adecuada para el material transparente y tendrán en sus extremos dispositivos de bloqueo automático para caso de rotura, con válvulas de seccionamiento manuales.

2.6.2. Manómetros para fluidos frigorígenos.

Los manómetros estarán graduados en unidades de presión, siendo adecuados para los fluidos frigorígenos que se utilicen.

Los manómetros instalados permanentemente en el sector de alta presión deberán tener una graduación superior a un 20 % de la presión máxima de servicio, como mínimo.

La presión de servicio máxima de la instalación estará indicada claramente con una fuerte señal roja.

2.7. Elementos de control, protección y seguridad.

2.7.1. Limitadores de presión.

El limitador de presión no estará tarado a presión superior a la máxima de trabajo del sector de alta del compresor, certificada por el fabricante.

2.7.2. Válvulas de seguridad.

Las válvulas de seguridad instaladas con carácter obligatorio, y sus conexiones, tendrán una capacidad de descarga tal que impida una sobrepresión de un 10% sobre la presión de timbre.

Esta condición tendrá que ser cumplida por cada una de las válvulas de seguridad consideradas independientemente.

Las válvulas de seguridad no estarán taradas a presión superior a la de timbre, ni superior a la de prueba de estanqueidad.

Las válvulas de seguridad dispondrán del reglamentario precinto como garantía de su correcto tarado. La instalación de tales precintos podrá realizarse por los fabricantes, instaladores y conservadores-reparadores frigoristas autorizados.

2.7.3. Válvulas de seccionamiento.

Las válvulas de seccionamiento deberán estar rotuladas o numeradas. Las que se instalen en tuberías de cobre deberán tener apoyos independientes de las tuberías, de resistencia y seguridad adecuadas.

3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN Y MONTAJE.

Las condiciones que se han de cumplir en la construcción y montaje de las Instalaciones Frigoríficas, así como en la protección de las mismas, serán determinadas en las Instrucciones Complementarias del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

3.1. Maquinaria frigorífica.

Según IF-06. En la instalación de maquinaria frigorífica deberán observarse las siguientes prescripciones:

- La maquinaria frigorífica y los elementos complementarios deben estar dispuestos de forma que todas sus partes sean fácilmente accesibles e inspeccionables y en particular, las uniones mecánicas deben ser observables en todo momento.
- En el caso de emplear aparatos autónomos montado en fábrica, deberá preverse la posibilidad de que los aparatos deban ser reparados y puestos a punto nuevamente fuera de la instalación. Por lo tanto, la instalación deberá disponer de accesos libres y practicables para el movimiento de los citados aparatos.
- Entre los distintos elementos de la sala de máquinas existirá el espacio libre mínimo recomendado por el fabricante de los elementos para poder efectuar las operaciones de mantenimiento.
- Toda la instalación frigorífica debe exhibir fijada en la sala de máquinas o en alguno de sus elementos principales, una placa metálica, en lugar bien visible, con el nombre del instalador, presión máxima de servicio, carga máxima del refrigerante para el cual se ha proyectado y año de construcción y fabricación.
- Todas las partes del circuito del refrigerante se deberán diseñar y construir para mantener la estanqueidad y soportar la presión que pueda producirse durante el funcionamiento, reposo y transporte teniendo en cuenta las tensiones térmicas, físicas y químicas que puedan preverse.

- El valor mínimo para la presión máxima admisible se determinará de acuerdo con la presión de saturación del refrigerante para las temperaturas de diseño, que con el sector de alta presión con condensador enfriado por el agua de mar, será de 45 °C y en el evaporador 5 °C.
- La presión de diseño de cada componente no será inferior a la presión máxima admisible “PS” del sistema o de la parte del mismo donde vaya instalado. Este punto no será de aplicación a los compresores que cumplan con la Norma UNEEN-60335-2-34 o con la EN 12693.
- Todas las tuberías del circuito de refrigerante deberán cumplir con las normas aplicables especificadas en la solicitud de evaluación de conformidad cuando sea perceptivo y se diseñarán, construirán e instalarán para mantenerla estanqueidad y resistir las presiones y temperaturas que puedan producirse durante el funcionamiento, las paradas y el transporte, teniendo en cuenta los esfuerzos térmicos, físicos y químicos que se prevean.

Según IF-05. Materiales empleados en la construcción de los equipos frigoríficos.

- En el diseño y construcción se utilizan las normas UNE o cualquier otra norma aceptada por los países miembros de la CEE.
- Todos los elementos de los equipos frigoríficos se proyectan, construyen y ajustan de manera que cumplan las prescripciones señaladas en el Vigente Reglamento de Aparatos y Recipientes a Presión.
- Todo material empleado en la construcción e instalación de los equipos frigoríficos es resistente a la acción de los materias con las que entra en contacto, de forma que no pueda deteriorarse en condiciones normales de utilización.
- El cobre en contacto con refrigerantes deberá estar exento de oxígeno o será desoxidado.

3.2. Sala de máquinas.

Las salas de máquinas deberán estar dotadas de iluminación artificial adecuada, al mismo tiempo que deberá tener medios suficientes de ventilación al exterior, que podrá ser natural o forzada.

Cualquier abertura o comunicación de una sala de máquinas con el resto del edificio a que pertenece estará dotada de puertas o ventanas debidamente ajustadas de modo que impida el paso de escapes de refrigerante.

En el interior y exterior de la sala de máquinas figurará un cartel con las siguientes indicaciones:

- Nombre, dirección y teléfono de la persona encargada del taller o talleres para solicitar asistencia.
- Instrucciones claras y precisas para parar la instalación, en caso de emergencia.

3.3. Tuberías y conexiones.

Las uniones de tuberías o elementos que contienen refrigerante que vayan a ir cubiertas o protegidas deberán ser expuestas para inspección visual y probadas antes de cubrir o de colocar las protecciones.

No podrán colocarse tuberías de paso de refrigerante en zonas de paso exclusivo, como vestíbulos, entradas y escaleras; tampoco podrán ser colocadas en huecos con elevadores u objetos móviles. Como excepción, podrán cruzar un vestíbulo si no hay uniones en la sección correspondiente, debiendo estar protegidos por un tubo o conducto rígido de metal los tubos de metales no férreos de diámetro interior igual o inferior a 2,5 cm.

En espacios libres utilizables como paso, así como en los pasillos de acceso a las cámaras, deberán ser colocados a una altura mínima de 2,25 metros del suelo o junto al techo.

Las tuberías de paso de refrigerante en locales no industriales no podrán atravesar cubiertas en general, con las siguientes excepciones:

- Podrán atravesar el piso entre la cubierta baja y las inmediatas superior e inferior, o desde la última cubierta a una sala de máquinas situada en la cubierta superior.
- La tubería de descarga, desde los compresores hasta los condensadores, situados en la cubierta o azotea, podrá atravesar los pisos intermedios colocándola en el interior de un conducto resistente al fuego, continuo, sin aberturas a los pisos y con ventilación al exterior, que no contenga instalaciones eléctricas, objetos móviles ni conducciones ajenas a la instalación frigorífica.
- En instalaciones frigoríficas con refrigerantes no combustibles ni de acción tóxica, todas las tuberías de paso de refrigerante puede atravesar los pisos necesarios mediante un conducto similar al indicado en el punto anterior; si la instalación se efectúa mediante sistema de refrigeración directo con refrigerantes no combustibles y no tóxicos, las tuberías de paso podrán instalarse sin conductos aislantes, siempre que atraviesen locales por la propia instalación.

En todos los demás casos las tuberías deberán pasar de un piso a otro por el exterior o por patios interiores.

Las tuberías susceptibles de producir condensaciones en la superficie deberán ser aisladas y revestidas de barrera antivapor. El asilamiento se efectuará después de realizadas las pruebas de estanqueidad.

Las tuberías se pintarán usando el Código Internacional de colores.

Antes de su aislamiento las tuberías de acero se protegerán con dos manos de minio.

Las purgas de aire y de aceite de engrase de compresores acumulado en el circuito frigorífico estarán dispuestas de modo que su operación pueda efectuarse descargando en recipientes con agua o líquidos que absorban el refrigerante o indiquen su presencia.

- Todas las tuberías del circuito de refrigerante deberán cumplir con las normas aplicables especificadas en la solicitud de evaluación de

conformidad cuando sea perceptivo y se diseñarán, construirán e instalarán para mantenerla estanqueidad y resistir las presiones y temperaturas que puedan producirse durante el funcionamiento, las paradas y el transporte, teniendo en cuenta los esfuerzos térmicos, físicos y químicos que se prevean.

- Los materiales, espesor de la pared, resistencia a la tracción, ductibilidad, resistencia a la corrosión, procedimientos de conformado y pruebas serán adecuados para el refrigerante utilizado y resistirán las presiones y esfuerzos que puedan producirse.
- Las tuberías en los sistemas de refrigeración se deberán diseñar e instalar de tal forma que el golpe de ariete no pueda dañar el sistema.
- Las uniones deberán diseñarse de forma que no sean dañadas por la congelación de agua en su exterior. Serán las adecuadas para la tubería, su material, presión, temperatura y fluido.
- Las tuberías con diferentes diámetros solo se conectarán utilizando accesorios de reducción de diámetro normalizados.
- Si no hay razones técnicas que lo justifiquen, las uniones deberán ser soldadas.
- Serán preferibles uniones embridadas a uniones abocardadas, roscadas o de compresión, especialmente cuando se puedan producir vibraciones.
- Se evitarán los acoplamiento de cierre rápido.
- Las válvulas utilizadas en los sistemas de refrigeración deberán cumplir los requisitos de la Norma UNE EN 12284.

3.4. Protecciones contra sobrepresiones.

3.4.1. Fusibles térmicos.

La colocación de fusibles térmicos protectores contra sobrepresiones en caso de incendio se ajustará de forma análoga a lo indicado para las válvulas de seguridad, salvo que podrán estar en zona bañada por líquido refrigerante y su

temperatura de fusión será tal que la correspondiente presión de saturación del refrigerante no exceda ni de la presión de timbre ni de 1,2 veces la presión de prueba de estanqueidad del elemento protegido.

Los fusibles térmicos no se colocarán en el sector de baja presión.

3.4.2. Válvulas de seguridad.

Toda la instalación frigorífica cuya carga de refrigerante sea igual o mayor a 20 kg estará protegida, como mínimo, por un elemento de seguridad, conectado a algún elemento del sector de alta presión.

Todo elemento perteneciente al sector de alta presión, excepto las tuberías de conexión y paso de refrigerante, aislable mediante válvulas de seccionamiento y que contenga refrigerante líquido, cuyo diámetro interior sea mayor de 160 milímetros, será protegido por una válvulas de seguridad.

La toma o conexión de las válvulas de seguridad se efectuará siempre en una parte del elemento protegido que no pueda ser alcanzada por el nivel del líquido refrigerante.

Las válvulas de seguridad y discos de rotura se instalarán sin válvulas de paso o seccionamiento, que puedan impedir su libre funcionamiento en cualquier circunstancia.

Si la descarga de una válvula de seguridad se efectúa por el sector de baja presión del circuito, se instalará en dicha parte otra válvula de seguridad, de tal forma que no existan válvulas de paso entre ambas.

3.4.3. Presostatos de seguridad y alta presión.

Se instalarán limitadores de presión que de forma automática detengan el o los compresores en todos los equipos con más de 10 kg de carga de refrigerante, que trabajen por encima de la presión atmosférica.

Así mismo deberán instalarse limitadores de presión en todos los equipos a condensación por agua, o a condensación por aire, con ventilador no directamente acoplado al motor del compresor, de forma que éste o el generador pueda producir una presión superior a la de timbre, con excepción de los equipos

con refrigerante no combustibles y no tóxicos (grupo primero) y carga inferior a 1,5 kg.

La conexión del elemento sensible del limitador de presión deberá efectuarse en un punto del circuito de alta presión tal que no exista ninguna válvula de seccionamiento desde la descarga del compresor o generador.

3.5. Instalación eléctrica.

El proyecto, construcción, montaje, verificación y utilización de las instalaciones eléctricas necesarias, se ajustarán a lo dispuesto en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones Técnicas Complementarias.

Los circuitos eléctricos de alimentación de los sistemas frigoríficos se instalarán de forma que la corriente se establezca o interrumpa independientemente de la alimentación de otras partes de la instalación y, en especial, de la red de alumbrado, dispositivos de ventilación y sistemas de alarma.

Se tendrán presentes las prescripciones de la Instrucción Complementaria IF 012 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

3.6. Instalación de fontanería.

Las descargas de conducciones de agua de enfriamiento de compresores y condensadores a la red de desagüe, no se efectuarán directamente, si no interrumpiendo el conducto con un dispositivo de chorro libre que permita su observación en todo momento.

El suministro desde la red de agua estará protegido, en todo caso, por los siguientes elementos:

- Un grifo de cierre.
- Un purgador de control de la estanqueidad del dispositivo de retención.
- Un dispositivo de retención.

En general, toda instalación que utilice agua procedente de una red pública de distribución cumplirá lo establecido en el BD HS 4 del Código Técnico de la Edificación.

3.7. Almacenamiento de refrigerante.

No se almacenarán en la sala de máquinas una cantidad de refrigerante superior en un 20 % a la carga de la instalación, sin que exceda de 150 kg, y siempre en botellas reglamentarias para el transporte de gases licuados a presión.

3.8. Carga de refrigerante de la instalación.

Para equipos de compresión con más de tres kg de carga de refrigerante, este deberá ser introducido a través del sector de baja presión.

Ninguna botella de transporte de refrigerante líquido debe quedar conectada a la instalación fuera de las operaciones de carga y descarga de refrigerante.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



“INSTALACIÓN DE GAMBUZAS PARA UN PETROQUÍMICO”

ANEXO VIII – MEDICIONES Y PRESUPUESTO



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS

FECHA: **JULIO 2015**

AUTOR: David Novo Rojo

Fdo:

ÍNDICE ANEXO VIII – MEDICIONES Y PRESUPUESTO

| | |
|--|-----|
| 1. Realización cámaras..... | 253 |
| 2. Tuberías y accesorios..... | 254 |
| 2.1 Tubería de aspiración..... | 254 |
| 2.2 Tubería de descarga..... | 256 |
| 2.3 Tubería de líquido..... | 257 |
| 2.4 Tubería de retorno de aceite..... | 259 |
| 2.5 Otros componentes..... | 260 |
| 3. Elementos principales..... | 261 |
| 3.1 Grupo compresor..... | 261 |
| 3.2 Grupo condensador..... | 262 |
| 3.3 Grupo refrigeración condensador..... | 263 |
| 3.4 Grupo evaporador..... | 264 |
| 4. Instalación eléctrica..... | 265 |
| 5. Ajuste y puesta en marcha..... | 267 |
| 6. Seguridad y salud..... | 268 |
| 6.1 Protecciones personales..... | 268 |
| 6.2 Protecciones colectivas..... | 270 |
| 6.3 Primeros auxilios..... | 271 |

| | | |
|--------------------------|--|---------------|
| Proyecto gambuzas | | Pág.: 1 |
| MEDICIONES Y PRESUPUESTO | | Ref.: promyp1 |
| Realización cámaras | | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------------------|---|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|-----------------|
| Proyecto gambuzas | | | | | | | | | |
| 01 Realización cámaras | | | | | | | | | |
| 01.01 01.01 | Panel PUR FRIGoLOC 60 mm | | | | | | | | |
| | Total partida 01.01 | | | | | | 18,00 | 6,25 | 112,50 |
| 01.02 01.02 | Panel PUR FRIGoLOC 80 mm | | | | | | | | |
| | Total partida 01.02 | | | | | | 3,00 | 6,75 | 20,25 |
| 01.03 01.03 | Panel PUR FRIGoLOC 100 mm | | | | | | | | |
| | Total partida 01.03 | | | | | | 6,00 | 7,00 | 42,00 |
| 01.04 01.04 | Panel PUR FRIGoLOC 125 mm | | | | | | | | |
| | Total partida 01.04 | | | | | | 8,00 | 7,25 | 58,00 |
| 01.05 01.05 | Panel PUR FRIGoLOC 175 mm | | | | | | | | |
| | Total partida 01.05 | | | | | | 8,00 | 7,50 | 60,00 |
| 01.06 01.06 | Panel PUR FRIGoLOC 200 mm | | | | | | | | |
| | Total partida 01.06 | | | | | | 8,00 | 7,75 | 62,00 |
| 01.07 01.07 | Puertas Pivotantes Portiso | | | | | | | | |
| | Total partida 01.07 | | | | | | 4,00 | 150,00 | 600,00 |
| 01.08 01.08 | Válvulas antipresión Sanmar CI307 laterales | | | | | | | | |
| | Total partida 01.08 | | | | | | 2,00 | 60,00 | 120,00 |
| 01.09 01.09 | Oficial frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 01.09 | | | | | | 40,00 | 15,00 | 600,00 |
| 01.10 01.10 | Ayudante frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 01.10 | | | | | | 40,00 | 10,00 | 400,00 |
| | Total capítulo 01 | | | | | | | | 2.074,75 |

| | | |
|--|--|---------------|
| Proyecto gambuzas | | Pág.: 2 |
| MEDICIONES Y PRESUPUESTO | | Ref.: promyp1 |
| Tuberías y accesorio-Línea de aspiración | | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|--|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|---------|
| 02 | Tuberías y accesorio-Línea de aspiración | | | | | | | | |
| 02.01 02.01.01 | Tubería 1 1/8"-Cu | | | | | | | | |
| | Total partida 02.01 | | | | | | 12,00 | 12,00 | 144,00 |
| 02.02 02.01.02 | Tubería 1/2"-Cu | | | | | | | | |
| | Total partida 02.02 | | | | | | 35,00 | 7,00 | 245,00 |
| 02.03 02.01.03 | Tubería 5/8"-Cu | | | | | | | | |
| | Total partida 02.03 | | | | | | 1,00 | 8,00 | 8,00 |
| 02.04 02.01.04 | Tubería 7/8"-Cu | | | | | | | | |
| | Total partida 02.04 | | | | | | 1,00 | 9,00 | 9,00 |
| 02.05 02.01.05 | Codo 90º 1 1/8"-Cu | | | | | | | | |
| | Total partida 02.05 | | | | | | 7,00 | 4,58 | 32,06 |
| 02.06 02.01.06 | T 1/2"*1/2"*5/8"-Cu | | | | | | | | |
| | Total partida 02.06 | | | | | | 1,00 | 7,83 | 7,83 |
| 02.07 02.01.07 | T 5/8"*1/2"*7/8" | | | | | | | | |
| | Total partida 02.07 | | | | | | 1,00 | 8,20 | 8,20 |
| 02.08 02.01.08 | T 7/8"*1/2"*1 1/8"-Cu | | | | | | | | |
| | Total partida 02.08 | | | | | | 1,00 | 9,08 | 9,08 |
| 02.09 02.01.09 | Válvula de presión constante Danfoss KVP 12 034L0023 | | | | | | | | |
| | Total partida 02.09 | | | | | | 2,00 | 240,35 | 480,70 |
| 02.10 02.01.10 | Válvula manual Danfoss GBC 12s 009G7052 | | | | | | | | |
| | Total partida 02.10 | | | | | | 4,00 | 32,28 | 129,12 |
| 02.11 02.01.11 | Intercambiador calor aspiración Danfoss HE 1.0 015D0004 | | | | | | | | |
| | Total partida 02.11 | | | | | | 1,00 | 72,80 | 72,80 |
| 02.12 02.01.12 | Filtro de aspiración Carly ACY 489 S | | | | | | | | |
| | Total partida 02.12 | | | | | | 2,00 | 140,04 | 280,08 |
| 02.13 02.01.13 | Antivibrador aspiración Carly EVCYDEAC 9 S | | | | | | | | |
| | Total partida 02.13 | | | | | | 2,00 | 21,20 | 42,40 |
| 02.14 02.01.14 | oficial frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 02.14 | | | | | | 20,00 | 15,00 | 300,00 |

| | | |
|--|--|---------------|
| | Proyecto gambuzas | Pág.: 3 |
| | MEDICIONES Y PRESUPUESTO | Ref.: promyp1 |
| | Tuberías y accesorio-Línea de aspiración | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|-------------------------------------|-------|----------|---------|--------|----------|----------|-------------|-----------------|
| 02.15 02.01.15 | Ayudante frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 02.15 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 20,00 | 10,00 | 200,00 |
| | Total capítulo 02 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 1.968,27 |

| | | |
|--|---|---------------|
| | Proyecto gambuzas | Pág.: 4 |
| | MEDICIONES Y PRESUPUESTO | Ref.: promyp1 |
| | Tuberías y accesorios-Línea de descarga | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|--|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|-----------------|
| 03 | Tuberías y accesorios-Línea de descarga | | | | | | | | |
| 03.01 02.02.01 | Tubería 1/2"-Cu | | | | | | | | |
| | Total partida 03.01 | | | | | | 1,50 | 7,00 | 10,50 |
| 03.02 02.02.02 | Antivibrador de descarga Carly EVCYDEAC 4 S | | | | | | | | |
| | Total partida 03.02 | | | | | | 2,00 | 31,09 | 62,18 |
| 03.03 02.02.03 | Codo 90º 1/2"-Cu | | | | | | | | |
| | Total partida 03.03 | | | | | | 6,00 | 4,80 | 28,80 |
| 03.04 02.02.04 | Separador de aceite Carly Turboil 1504S | | | | | | | | |
| | Total partida 03.04 | | | | | | 2,00 | 280,04 | 560,08 |
| 03.05 02.02.05 | Válvula antirretorno Danfoss NRV 12s 020-1012 | | | | | | | | |
| | Total partida 03.05 | | | | | | 2,00 | 56,30 | 112,60 |
| 03.06 02.02.06 | Oficial frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 03.06 | | | | | | 20,00 | 15,00 | 300,00 |
| 03.07 02.02.07 | Ayudante frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 03.07 | | | | | | 20,00 | 10,00 | 200,00 |
| | Total capítulo 03 | | | | | | | | 1.274,16 |

| | | |
|--|--|---------------|
| Proyecto gambuzas | | Pág.: 5 |
| MEDICIONES Y PRESUPUESTO | | Ref.: promyp1 |
| Tuberías y accesorios-Línea de líquido | | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|---|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|---------|
| 04 | Tuberías y accesorios-Línea de líquido | | | | | | | | |
| 04.01 02.03.01 | Tubería 3/8"-Cu | | | | | | | | |
| | Total partida 04.01 | | | | | | 15,00 | 8,49 | 127,35 |
| 04.02 02.03.02 | Válvula presostática de agua Penn V46BA 9600 | | | | | | | | |
| | Total partida 04.02 | | | | | | 2,00 | 124,80 | 249,60 |
| 04.03 02.03.03 | Filtro deshidratador Danfoss DCL-023Z0012 | | | | | | | | |
| | Total partida 04.03 | | | | | | 2,00 | 23,98 | 47,96 |
| 04.04 02.03.04 | Visor de líquido Danfoss SGP 10S 014L0035 | | | | | | | | |
| | Total partida 04.04 | | | | | | 2,00 | 17,52 | 35,04 |
| 04.05 02.03.05 | Válvula manual Danfoss GBC 10S 009G0122 | | | | | | | | |
| | Total partida 04.05 | | | | | | 6,00 | 60,51 | 363,06 |
| 04.06 02.03.06 | Válvula de carga Danfoss BML 10S 009G0122 | | | | | | | | |
| | Total partida 04.06 | | | | | | 2,00 | 5,64 | 11,28 |
| 04.07 02.03.07 | Codo 90º 3/8"-Cu | | | | | | | | |
| | Total partida 04.07 | | | | | | 15,00 | 8,81 | 132,15 |
| 04.08 02.03.08 | T 3/8**3/8**3/8" | | | | | | | | |
| | Total partida 04.08 | | | | | | 3,00 | 1,00 | 3,00 |
| 04.09 02.03.09 | Cuerpo válvula solenoide Danfoss EVR 032F1204 | | | | | | | | |
| | Total partida 04.09 | | | | | | 4,00 | 100,80 | 403,20 |
| 04.10 02.03.10 | Solenoide Danfoss BE230AS 018F6701 | | | | | | | | |
| | Total partida 04.10 | | | | | | 4,00 | 68,27 | 273,08 |
| 04.11 02.03.11 | Cuerpo de válvula termostática Danfoss TUAE 068U1714 | | | | | | | | |
| | Total partida 04.11 | | | | | | 4,00 | 219,89 | 879,56 |
| 04.12 02.03.12 | Orificio válvula termostática número 3 | | | | | | | | |
| | Total partida 04.12 | | | | | | 3,00 | 22,84 | 68,52 |
| 04.13 02.03.13 | Orificio válvula termostática número 4 | | | | | | | | |
| | Total partida 04.13 | | | | | | 1,00 | 23,05 | 23,05 |
| 04.14 02.03.14 | Oficial frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 04.14 | | | | | | 30,00 | 15,00 | 450,00 |

| | | |
|--|--|---------------|
| | Proyecto gambuzas | Pág.: 6 |
| | MEDICIONES Y PRESUPUESTO | Ref.: promyp1 |
| | Tuberías y accesorios-Línea de líquido | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|-------------------------------------|-------|----------|---------|--------|----------|----------|-------------|-----------------|
| 04.15 02.03.15 | Ayudante frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 04.15 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 30,00 | 10,00 | 300,00 |
| | Total capítulo 04 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 3.366,85 |

| | | |
|--|--|---------------|
| Proyecto gambuzas | | Pág.: 7 |
| MEDICIONES Y PRESUPUESTO | | Ref.: promyp1 |
| Tuberías y accesorios-Línea de retorno de aceite | | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|---|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|---------------|
| 05 | Tuberías y accesorios-Línea de retorno de aceite | | | | | | | | |
| 05.01 02.04.01 | Tubería 3/8"-Cu | | | | | | | | |
| | Total partida 05.01 | | | | | | 2,00 | 8,49 | 16,98 |
| 05.02 02.04.02 | Válvula manual Danfoss BML 10 S 009G0122 | | | | | | | | |
| | Total partida 05.02 | | | | | | 4,00 | 19,07 | 76,28 |
| 05.03 02.04.03 | Visor retorno de aceite Carly HCYVP 23 | | | | | | | | |
| | Total partida 05.03 | | | | | | 2,00 | 32,08 | 64,16 |
| 05.04 02.04.04 | Oficial frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 05.04 | | | | | | 10,00 | 15,00 | 150,00 |
| 05.05 02.04.05 | Ayudante frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 05.05 | | | | | | 10,00 | 10,00 | 100,00 |
| | Total capítulo 05 | | | | | | | | 407,42 |

| | | |
|---|--|---------------|
| Proyecto gambuzas | | Pág.: 8 |
| MEDICIONES Y PRESUPUESTO | | Ref.: promyp1 |
| Tuberías y accesorios-Otros componentes | | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|---|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|-----------------|
| 06 | Tuberías y accesorios-Otros componentes | | | | | | | | |
| 06.01 02.05.01 | Reguladores digitales de refrigeración Eliwell EWPC-901T PTC | | | | | | | | |
| | Total partida 06.01 | | | | | | 4,00 | 25,00 | 100,00 |
| 06.02 02.05.02 | Sondas de temperatura Eliwell PTC | | | | | | | | |
| | Total partida 06.02 | | | | | | 8,00 | 5,00 | 40,00 |
| 06.03 02.05.03 | Presostato combinado alta y baja Danfoss KPU15B 060-5250 | | | | | | | | |
| | Total partida 06.03 | | | | | | 2,00 | 80,04 | 160,08 |
| 06.04 02.05.04 | Presostato de corte y capacidad Danfoss KP1 060-133266 | | | | | | | | |
| | Total partida 06.04 | | | | | | 2,00 | 23,08 | 46,16 |
| 06.05 02.05.05 | Presostato diferencial de aceite Danfoss MP55 060B017266 | | | | | | | | |
| | Total partida 06.05 | | | | | | 2,00 | 25,90 | 51,80 |
| 06.06 02.05.06 | Manómetro de alta presión BL60/40 R1/A4 07131033 | | | | | | | | |
| | Total partida 06.06 | | | | | | 2,00 | 4,30 | 8,60 |
| 06.07 02.05.07 | Manómetro de alta presión BL60/20R1/A4 07131032 | | | | | | | | |
| | Total partida 06.07 | | | | | | 4,00 | 3,95 | 15,80 |
| 06.08 02.05.08 | Gas refrigerante R-410A | | | | | | | | |
| | Total partida 06.08 | | | | | | 50,00 | 12,00 | 600,00 |
| 06.09 02.05.09 | Oficial frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 06.09 | | | | | | 20,00 | 15,00 | 300,00 |
| 06.10 02.05.10 | Ayudante frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 06.10 | | | | | | 20,00 | 10,00 | 200,00 |
| | Total capítulo 06 | | | | | | | | 1.522,44 |

| | | |
|--|---------------------------------------|---------------|
| | Proyecto gambuzas | Pág.: 9 |
| | MEDICIONES Y PRESUPUESTO | Ref.: promyp1 |
| | Elementos principales-Grupo compresor | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|--|------|----------|---------|--------|----------|----------|----------|-----------------|
| 07 | Elementos principales-Grupo compresor | | | | | | | | |
| 07.01 03.01.01 | Compresor Bitzer 4VDC-10Y-40P | | | | | | | | |
| | Total partida 07.01 | | | | | | 2,00 | 3.471,49 | 6.942,98 |
| 07.02 03.01.02 | Bancada metálica-Acero | | | | | | | | |
| | Total partida 07.02 | | | | | | 2,00 | 485,04 | 970,08 |
| 07.03 03.01.03 | Resistencia de cárter 0,140 W PTC | | | | | | | | |
| | Total partida 07.03 | | | | | | 2,00 | 10,00 | 20,00 |
| 07.04 03.01.04 | Válvula regulación capacidad | | | | | | | | |
| | Total partida 07.04 | | | | | | 2,00 | 80,03 | 160,06 |
| 07.05 03.01.05 | Sensor de temperatura de descarga | | | | | | | | |
| | Total partida 07.05 | | | | | | 2,00 | 25,74 | 51,48 |
| 07.06 03.01.06 | Oficial frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 07.06 | | | | | | 6,00 | 15,00 | 90,00 |
| 07.07 03.01.07 | Ayudante frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 07.07 | | | | | | 6,00 | 10,00 | 60,00 |
| | Total capítulo 07 | | | | | | | | 8.294,60 |

| | | |
|--|---|---------------|
| | Proyecto gambuzas | Pág.: 10 |
| | MEDICIONES Y PRESUPUESTO | Ref.: promyp1 |
| | Elementos principales-Grupo condensador | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|--|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|---------------|
| 08 | Elementos principales-Grupo condensador | | | | | | | | |
| 08.01 03.02.01 | Condensador Bitzer K073 H | | | | | | | | |
| | Total partida 08.01 | | | | | | 2,00 | 140,00 | 280,00 |
| 08.02 03.02.02 | Válvula de seguridad Danfoss SFA 15 148F330 | | | | | | | | |
| | Total partida 08.02 | | | | | | 2,00 | 15,90 | 31,80 |
| 08.03 03.02.06 | Oficial frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 08.03 | | | | | | 7,00 | 15,00 | 105,00 |
| 08.04 03.02.07 | Ayudante frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 08.04 | | | | | | 7,00 | 10,00 | 70,00 |
| | Total capítulo 08 | | | | | | | | 486,80 |

| | | |
|---|--|---------------|
| Proyecto gambuzas | | Pág.: 11 |
| MEDICIONES Y PRESUPUESTO | | Ref.: promyp1 |
| Elementos principales-Grupo refrigeración condensador | | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|--|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|-----------------|
| 09 | Elementos principales-Grupo refrigeración condensador | | | | | | | | |
| 09.01 03.03.01 | Bomba condensador SACI CRB 300 | | | | | | | | |
| | Total partida 09.01 | | | | | | 1,00 | 970,00 | 970,00 |
| 09.02 03.03.02 | Tubería 3/4"-Acero comercial | | | | | | | | |
| | Total partida 09.02 | | | | | | 10,00 | 8,76 | 87,60 |
| 09.03 03.03.03 | Codo 90º 3/4"-Acero | | | | | | | | |
| | Total partida 09.03 | | | | | | 6,00 | 12,30 | 73,80 |
| 09.04 03.03.04 | T salida lateral-Acero | | | | | | | | |
| | Total partida 09.04 | | | | | | 6,00 | 14,90 | 89,40 |
| 09.05 03.03.05 | Válvula de compuerta 3/4" | | | | | | | | |
| | Total partida 09.05 | | | | | | 6,00 | 22,00 | 132,00 |
| 09.06 03.03.06 | Oficial frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 09.06 | | | | | | 5,00 | 15,00 | 75,00 |
| 09.07 03.03.07 | Ayudante frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 09.07 | | | | | | 5,00 | 10,00 | 50,00 |
| | Total capítulo 09 | | | | | | | | 1.477,80 |

| | | |
|--|--|---------------|
| | Proyecto gambuzas | Pág.: 12 |
| | MEDICIONES Y PRESUPUESTO | Ref.: promyp1 |
| | Elementos principales-Grupo evaporador | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|---|------|----------|---------|--------|----------|----------|----------|-----------------|
| 10 | Elementos principales-Grupo evaporador | | | | | | | | |
| 10.01 03.04.01 | Evaporador Frimetal FRM-240 | | | | | | | | |
| | Total partida 10.01 | | | | | | 1,00 | 1.767,22 | 1.767,22 |
| 10.02 03.04.02 | Evaporador Frimetal FRM-260 | | | | | | | | |
| | Total partida 10.02 | | | | | | 1,00 | 1.680,13 | 1.680,13 |
| 10.03 03.04.03 | Evaporador Frimetal FRL-90 | | | | | | | | |
| | Total partida 10.03 | | | | | | 2,00 | 1.387,07 | 2.774,14 |
| 10.04 03.04.04 | Calentador tubería de drenaje Raychem 5BTV2-CR | | | | | | | | |
| | Total partida 10.04 | | | | | | 2,00 | 21,00 | 42,00 |
| 10.05 03.04.05 | Oficial frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 10.05 | | | | | | 7,00 | 15,00 | 105,00 |
| 10.06 03.04.06 | Ayudante frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 10.06 | | | | | | 7,00 | 10,00 | 70,00 |
| | Total capítulo 10 | | | | | | | | 6.438,49 |

| | | |
|--|--------------------------|---------------|
| | Proyecto gambuzas | Pág.: 13 |
| | MEDICIONES Y PRESUPUESTO | Ref.: promyp1 |
| | Instalación eléctrica | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|----------------|--|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|---------|
| 11 | Instalación eléctrica | | | | | | | | |
| 11.01 04.01 | Cable Xtrem H07RN-F 16 mm ² | | | | | | | | |
| | Total partida 11.01 | | | | | | 20,00 | 4,10 | 82,00 |
| 11.02 04.02 | Cable Xtrem H07RN-F 1,5 mm ² | | | | | | | | |
| | Total partida 11.02 | | | | | | 100,00 | 2,97 | 297,00 |
| 11.03 04.03 | Seccionador trifásico Schneider Electric Compact INS/INV 28908 | | | | | | | | |
| | Total partida 11.03 | | | | | | 1,00 | 58,00 | 58,00 |
| 11.04 04.04 | Contactador trifásico Schneider Electric TeSys D LC1D1156P7 | | | | | | | | |
| | Total partida 11.04 | | | | | | 11,00 | 20,74 | 228,14 |
| 11.05 04.05 | Disyuntor magnetotérmico Schneider Electric GV2LE03 | | | | | | | | |
| | Total partida 11.05 | | | | | | 4,00 | 40,65 | 162,60 |
| 11.06 04.06 | Disyuntor magnetotérmico Schneider Electric GV2LE08 | | | | | | | | |
| | Total partida 11.06 | | | | | | 2,00 | 45,84 | 91,68 |
| 11.07 04.07 | Disyuntor magnetotérmico Schneider Electric GV2LE10 | | | | | | | | |
| | Total partida 11.07 | | | | | | 1,00 | 47,00 | 47,00 |
| 11.08 04.08 | Disyuntor magnetotérmico Schneider Electric GV2P32 | | | | | | | | |
| | Total partida 11.08 | | | | | | 2,00 | 50,00 | 100,00 |
| 11.09 04.09 | Disyuntor magnetotérmico Schneider Electric GV2P14 | | | | | | | | |
| | Total partida 11.09 | | | | | | 1,00 | 53,87 | 53,87 |
| 11.10 04.10 | Selector 2 posiciones Schneider Electric ZB4 BD2 | | | | | | | | |
| | Total partida 11.10 | | | | | | 1,00 | 10,00 | 10,00 |
| 11.11 04.11 | Selector 3 posiciones Schneider Electric XB4 BD33 | | | | | | | | |
| | Total partida 11.11 | | | | | | 1,00 | 13,00 | 13,00 |
| 11.12 04.12 | Luz marcha Schneider Electric XB7EV63P | | | | | | | | |
| | Total partida 11.12 | | | | | | 2,00 | 2,00 | 4,00 |
| 11.13 04.13 | Luz paro Schneider Electric XB7EV80P | | | | | | | | |
| | Total partida 11.13 | | | | | | 2,00 | 2,00 | 4,00 |
| 11.14 04.14 | Luz relé térmico Schneider Electric XB7EV64P | | | | | | | | |
| | Total partida 11.14 | | | | | | 9,00 | 2,00 | 18,00 |

| | | |
|--|--------------------------|---------------|
| | Proyecto gambuzas | Pág.: 14 |
| | MEDICIONES Y PRESUPUESTO | Ref.: promyp1 |
| | Instalación eléctrica | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|----------------|-------------------------------------|-------|----------|---------|--------|----------|----------|-------------|-----------------|
| 11.15 04.15 | Oficial frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 11.15 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 20,00 | 15,00 | 300,00 |
| 11.16 04.16 | Ayudante frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 11.16 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 20,00 | 10,00 | 200,00 |
| | Total capítulo 11 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 1.669,29 |

| | | |
|--|---------------------------|---------------|
| | Proyecto gambuzas | Pág.: 15 |
| | MEDICIONES Y PRESUPUESTO | Ref.: promyp1 |
| | Ajuste y puesta en marcha | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|----------------|-------------------------------------|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|-----------------|
| 12 | Ajuste y puesta en marcha | | | | | | | | |
| 12.01 05.01 | Envase retornable R-410A 60 kg | | | | | | | | |
| | Total partida 12.01 | | | | | | 1,00 | 720,00 | 720,00 |
| 12.02 05.02 | Envase retornable nitrógeno 60 kg | | | | | | | | |
| | Total partida 12.02 | | | | | | 1,00 | 200,00 | 200,00 |
| 12.03 05.03 | Aceite | | | | | | | | |
| | Total partida 12.03 | | | | | | 10,00 | 14,00 | 140,00 |
| 12.04 05.04 | Ingeniero técnicp | | | | | | | | |
| | Total partida 12.04 | | | | | | 10,00 | 20,00 | 200,00 |
| 12.05 05.05 | Oficial frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 12.05 | | | | | | 15,00 | 15,00 | 225,00 |
| 12.06 05.06 | Ayudante frigorista | | | | | | | | |
| | Total partida 12.06 | | | | | | 15,00 | 10,00 | 150,00 |
| | Total capítulo 12 | | | | | | | | 1.635,00 |

| | | |
|---|--|---------------|
| Proyecto gambuzas | | Pág.: 16 |
| MEDICIONES Y PRESUPUESTO | | Ref.: promyp1 |
| Seguridad y salud-Protecciones personales | | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|--|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|---------|
| 13 | Seguridad y salud-Protecciones personales | | | | | | | | |
| 13.01 06.01.01 | Casco de seguridad homologado | | | | | | | | |
| | Total partida 13.01 | | | | | | 4,00 | 15,00 | 60,00 |
| 13.02 06.01.02 | Protectores auditivos | | | | | | | | |
| | Total partida 13.02 | | | | | | 4,00 | 24,38 | 97,52 |
| 13.03 06.01.03 | Gafas contra impactos | | | | | | | | |
| | Total partida 13.03 | | | | | | 4,00 | 10,34 | 41,36 |
| 13.04 06.01.04 | Mascarilla antipolvo | | | | | | | | |
| | Total partida 13.04 | | | | | | 4,00 | 15,00 | 60,00 |
| 13.05 06.01.05 | Mono de trabajo | | | | | | | | |
| | Total partida 13.05 | | | | | | 4,00 | 20,00 | 80,00 |
| 13.06 06.01.06 | Cinturón de seguridad | | | | | | | | |
| | Total partida 13.06 | | | | | | 2,00 | 22,90 | 45,80 |
| 13.07 06.01.07 | Pantalla casco de seguridad para soldar | | | | | | | | |
| | Total partida 13.07 | | | | | | 2,00 | 40,72 | 81,44 |
| 13.08 06.01.08 | Gafas antipolvo | | | | | | | | |
| | Total partida 13.08 | | | | | | 4,00 | 10,00 | 40,00 |
| 13.09 06.01.09 | Filtro recambio mascarilla | | | | | | | | |
| | Total partida 13.09 | | | | | | 10,00 | 4,00 | 40,00 |
| 13.10 06.01.10 | Peto reflectante | | | | | | | | |
| | Total partida 13.10 | | | | | | 4,00 | 3,00 | 12,00 |
| 13.11 06.01.11 | Dispositivo anticaída | | | | | | | | |
| | Total partida 13.11 | | | | | | 2,00 | 50,00 | 100,00 |
| 13.12 06.01.12 | Par de guantes soldador 34 cm | | | | | | | | |
| | Total partida 13.12 | | | | | | 3,00 | 8,39 | 25,17 |
| 13.13 06.01.13 | Par de guantes aislantes | | | | | | | | |
| | Total partida 13.13 | | | | | | 2,00 | 11,00 | 22,00 |
| 13.14 06.01.14 | Par de polainas soldador | | | | | | | | |
| | Total partida 13.14 | | | | | | 2,00 | 12,00 | 24,00 |

| | | |
|--|---|---------------|
| | Proyecto gambuzas | Pág.: 17 |
| | MEDICIONES Y PRESUPUESTO | Ref.: promyp1 |
| | Seguridad y salud-Protecciones personales | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|-------------------------------------|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|-----------------|
| 13.15 06.01.15 | Par de botas de seguridad de piel | | | | | | | | |
| | Total partida 13.15 | | | | | | 4,00 | 80,00 | 320,00 |
| 13.16 06.01.16 | Par de botas de seguridad de lona | | | | | | | | |
| | Total partida 13.16 | | | | | | 2,00 | 25,34 | 50,68 |
| 13.17 06.01.17 | Par manguitos soldador | | | | | | | | |
| | Total partida 13.17 | | | | | | 2,00 | 30,90 | 61,80 |
| 13.18 06.01.18 | Par de guantes de cuero | | | | | | | | |
| | Total partida 13.18 | | | | | | 4,00 | 10,80 | 43,20 |
| 13.19 06.01.19 | Par de botas aislantes | | | | | | | | |
| | Total partida 13.19 | | | | | | 2,00 | 120,00 | 240,00 |
| 13.20 06.01.20 | Par de botas impermeables | | | | | | | | |
| | Total partida 13.20 | | | | | | 2,00 | 50,00 | 100,00 |
| | Total capítulo 13 | | | | | | | | 1.544,97 |

| | | |
|---|--|---------------|
| Proyecto gambuzas | | Pág.: 18 |
| MEDICIONES Y PRESUPUESTO | | Ref.: promyp1 |
| Seguridad y salud-Protecciones colectivas | | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|--|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|---------------|
| 14 | Seguridad y salud-Protecciones colectivas | | | | | | | | |
| 14.01 06.02.01 | Cartel de riesgo con soporte | | | | | | | | |
| | Total partida 14.01 | | | | | | 1,00 | 10,00 | 10,00 |
| 14.02 06.02.02 | Cartel de riesgo sin soporte | | | | | | | | |
| | Total partida 14.02 | | | | | | 1,00 | 8,00 | 8,00 |
| 14.03 06.02.03 | Extintor de polvo ABC | | | | | | | | |
| | Total partida 14.03 | | | | | | 2,00 | 150,00 | 300,00 |
| 14.04 06.02.04 | Válvula antirretorno para equipo de soldadura | | | | | | | | |
| | Total partida 14.04 | | | | | | 2,00 | 80,90 | 161,80 |
| | Total capítulo 14 | | | | | | | | 479,80 |

| | | |
|--|-------------------------------------|---------------|
| | Proyecto gambuzas | Pág.: 19 |
| | MEDICIONES Y PRESUPUESTO | Ref.: promyp1 |
| | Seguridad y salud-Primeros auxilios | Fec.: |

| Nº Orden | Descripción de las unidades de obra | Uds. | Longitud | Latitud | Altura | Subtotal | Medición | Precio | Importe |
|-------------------|--|------|----------|---------|--------|----------|----------|--------|------------------|
| 15 | Seguridad y salud-Primeros auxilios | | | | | | | | |
| 15.01 06.03.01 | Botiquín manual de obra | | | | | | | | |
| | Total partida 15.01 | | | | | | 1,00 | 150,00 | 150,00 |
| 15.02 06.03.02 | Reposición material sanitario | | | | | | | | |
| | Total partida 15.02 | | | | | | 1,00 | 100,00 | 100,00 |
| | Total capítulo 15 | | | | | | | | 250,00 |
| | Total presupuesto | | | | | | | | 32.890,64 |
| | Total + IVA | | | | | | | | 39797,67 |