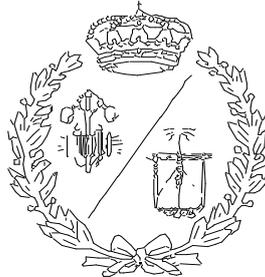


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



***Proyecto Fin de Máster***

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN  
FRIGORÍFICA EN LA INDUSTRIA  
ALIMENTARIA**

**(Design of a refrigeration installation for the  
food industry)**

Para acceder al Título de

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA INDUSTRIAL**

**Autora: Ángela Velasco Balbás  
Mayo - 2021**



<b>TÍTULO</b>	Diseño de una instalación frigorífica en la industria alimentaria		
<b>AUTOR</b>	Ángela Velasco Balbás		
<b>DIRECTOR / PONENTE</b>	Inmaculada Fernández Diego / Carlos Liaño Fernández		
<b>TITULACIÓN</b>	Máster en Ingeniería Industrial	<b>FECHA</b>	Mayo 2021

## PLABRAS CLAVE

Instalación, refrigeración, congelación, industrial

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al crecimiento de la demanda de productos vegetales congelados y refrigerados por parte de las empresas de alimentación de la región, se desea implantar una industria de procesado de alimentos que requiere de la instalación de un sistema de refrigeración y congelación para las diferentes cámaras de trabajo, enfriamiento, congelación y conservación de productos vegetales.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se ha definido y calculado la instalación de refrigeración y congelación de una industria del procesado de vegetales, en una nueva nave a construir en Cantabria, junto a un almacén logístico de una cadena de supermercados. La fábrica, con capacidad para una rotación diaria de 2 toneladas de producto, dispondrá de una cámara de conservación de producto recibido, con una capacidad para almacenar 28.896 kg de producto a 10°C, un túnel de congelación a -30°C con capacidad para congelar 265 kg de producto en 3 horas, una cámara para conservación del producto congelado y envasado a -20°C con capacidad para almacenar 13.584 kg, una cámara para la conservación del producto fresco envasado a 5°C con capacidad para el almacenamiento de 24.452 kg de producto y unas salas de limpieza de producto, troceado y elaboración y una sala de envasado, todas ellas a 15°C.

Para el dimensionado de las instalaciones de refrigeración y congelación, se calculó en primer lugar las necesidades de carga térmica total de estas salas. Dicha carga se determinó como la suma de la carga térmica por enfriamiento y congelación del género, la carga debida a renovaciones e infiltraciones de aire, la carga por respiración del género y la generada por personas, motores, luces, etc. y la carga por transmisión por paredes y techos.

Una vez calculadas estas cargas térmicas, para el correcto funcionamiento de todas estas salas se planteó la instalación de dos centrales de refrigeración, una que alimentará a las cámaras que se encontrarán a temperatura positiva (mayor de 0°C) y que funcionará con el HFC R-134a, y una segunda central de refrigeración que dará servicio a las cámaras de temperatura por debajo de 0°C, cuyo fluido refrigerante será el HFC R404a.

Se analizaron y calcularon los parámetros de ambos ciclos mediante un procedimiento teórico apoyándose en datos y diagramas de los refrigerantes, y mediante software de cálculo especializado. Con estos valores se realizó la selección de los equipos necesarios para las instalaciones de refrigeración tomando además en consideración los tipos, características, potencias, temperaturas y caudales de evaporadores, condensadores, compresores y válvulas disponibles en el mercado.

Como resultado, los equipos seleccionados fueron:

### Central de temperatura positiva:

**Evaporadores:** Almacén de producto recibido: evaporador de 18.52 kW de potencia; Almacén de producto refrigerado: evaporador de 11.64 kW de potencia de refrigeración; Sala de limpieza: evaporador de 11.825 kW de potencia de refrigeración;



Sala de troceado y elaboración: evaporador de 13.41 kW de potencia de refrigeración;  
Sala de envasado: evaporador de 13.41 kW de potencia de refrigeración y Pasillo: 2 evaporadores de 2.71 kW de potencia de refrigeración cada unidad.

**Compresores:** Tres unidades de compresores semiherméticos alternativos, con una potencia de 25.9 kW, 15.86 kW y 12.07 kW respectivamente, para alimentar las distintas etapas de demanda de potencia de las cámaras.

**Condensadores:** Dos unidades de condensación por aire, con una potencia de 54.56 kW de potencia cada una.

#### Central de temperatura negativa:

**Evaporadores:** Túnel de congelación: evaporador de 14.64 kW de potencia y Almacén de congelados: evaporador de 15.14 kW de potencia.

**Compresores:** Dos unidades de compresores semiherméticos alternativos, con una potencia de 13.28 kW y 10.82 kW de potencia para la alimentación del túnel de congelación y el almacén de producto congelado respectivamente.

**Condensadores:** Una unidad de condensación por aire, con una potencia de 72.6 kW.

## CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

La instalación de refrigeración y congelación dimensionada cumple con las necesidades de capacidad de almacenamiento de producto a diferentes condiciones de temperatura, según las exigencias del cliente. Además, posee un túnel de congelación capaz de cubrir las demandas de producto congelado y envasado establecidas, así como salas de limpieza, troceado y elaboración de producto.

El presupuesto de ejecución por contrata de este proyecto asciende a 249.978,08 €.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] UNE-EN ISO 12241:2010. Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales. Método de cálculo. 2010
- [2] Heatcraft Engineering Manual. 2008 Heatcraft Refrigeration Products LLC. (H-ENGM0408). 2008.
- [3] Coronel, J. F., Tablas y Diagramas de Tecnología Frigorífica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla. 2014.
- [4] ASHRAE.org. Center for applied thermodynamic studies. University of Idaho. <https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Bookstore/UP3/SI-2.pdf> [Último acceso: 07/04/2021]
- [5] Llopis, R., Cabello, R., Sánchez, D. Grupo de Ingeniería Térmica. Universidad Jaime I – Castellon. 2014
- [6] CoolPack Version 1.5, IPU & Department of Mechanical Engineering. Technical University of Denmark, 2000 – 2012.
- [7] Coolproyect.es. <https://coolproyect.es/> [Último acceso: 07/03/2021]
- [8] Catálogo refrigeración Pecomark 2020. Pecomark.com, Julio 2020.
- [9] BITZER software v6.17.0 rev2548. Bitzer.
- [10] Solkane refrigerant software Version 8.0.0.15. Solvay Fluor GmbH.
- [11] Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.



<b>TITLE</b>	Design of a refrigeration installation for the food industry		
<b>AUTHOR</b>	Ángela Velasco Balbás		
<b>DIRECTOR / SPEAKER</b>	Inmaculada Fernández Diego / Carlos Liaño Fernández		
<b>DEGREE</b>	Industrial Engineering Master	<b>DATE</b>	May 2021

## KEY WORDS

Installation, refrigeration, freezing, industrial

## PROBLEM STATEMENT

Due to the increased demand of frozen vegetable products by the food industries of the region, it is necessary to set up a foodstuff processing factory that requires the installation of a refrigerating and freezing system for the different working, processing and preservation areas.

## PROJECT DESCRIPTION

The aim of this project is the definition and calculation of the installation of refrigeration and freezing of a vegetable processing factory, located in a new building situated in Cantabria, close to the logistic warehouse of a supermarket chain.

The factory, with a daily rotation capacity of 2 tons of product, will have a conservation chamber for received products, with a store capacity of 28.896 kg preserved at 10 °C, a freezing tunnel at -30°C able to freeze 265 kg of product in 3 hours, a preservation chamber for frozen packed produce at -20 °C with a capacity of 13.584 kg, a chamber for the conservation of 24.452 kg of fresh packed product at 5°C and three areas for cleaning, chopping, elaboration and packing of products at 15 °C.

The total thermal loads are calculated as the addition of the load of refrigerating and freezing the vegetables and fruits, the loads of renovations and infiltrations of air, the load due to the food breathing, the loads of people, engines, lighting and the load of transmission through walls and ceilings.

Once the total thermal load is calculated, to ensure the correct operation of all those chambers, the installation of two refrigeration systems, one to supply the areas set to be at positive temperature (above 0°C) that will operate with HFC R-134a, and a second refrigeration system that will provide service to the chambers with negative temperature (below 0°C), using HFC R404a as coolant were taken into consideration.

The parameters of both cycles were analysed and calculated with a theoretical procedure based on refrigerant data and diagrams, and also using specialised calculus software. The selection of the equipment was made with the obtained values and also taking into consideration the types, characteristics, powers, temperatures and volume flows of the evaporators, condensers, compressors and valves available on the market.

As a result of the calculation, the selected equipment is:

### Positive temperature system:

**Evaporators:** Received product chamber: one 18.52 kW unit; Refrigerated product chamber: one 11.64 kW power unit; Cleaning area: one 11.825 kW unit; Chopping and elaborating chamber: a 13.41 kW unit; Packing chamber: a 13.41 kW power unit; Corridor: 2 evaporation units of 2.71 kW of power.



**Compressors:** three alternating semihermetic units, with 25.9 kW, 15.86 kW and 12.07 kW of power respectively, to supply the different demand steps of the chambers.

**Condensers:** Two air condenser units, with a power of 54.56 kW each.

Negative temperature system:

**Evaporators:** Freezing tunnel: one 14.64 kW unit and frozen product chamber: one 15.14 kW of power unit.

**Compressors:** Two alternating semihermetic units, with 13.28 kW and 10.82 kW of power, to supply the freezing tunnel and frozen product chamber respectively.

**Condenser:** One air condenser unit, with a power of 72.6 kW.

## CONCLUSIONS / BUDGET

The designed refrigeration and freezing installations fulfill all the product storage capacity requirements in different temperature conditions, according to the client's demands. In addition, it has a freezing tunnel able to meet the established frozen packed produce demand, as well as cleaning, chopping and elaborating produce chambers.

The contract execution budget for the project is 249.978,08 €.

## BIBLIOGRAPHY

- [1] UNE-EN ISO 12241:2010. Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales. Método de cálculo. 2010
- [2] Heatcraft Engineering Manual. 2008 Heatcraft Refrigeration Products LLC. (H-ENGM0408). 2008.
- [3] Coronel, J. F., Tablas y Diagramas de Tecnología Frigorífica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla. 2014.
- [4] ASHRAE.org. Center for applied thermodynamic studies. University of Idaho. <https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Bookstore/UP3/SI-2.pdf> [Último acceso: 07/04/2021]
- [5] Llopis, R., Cabello, R., Sánchez, D. Grupo de Ingeniería Térmica. Universidad Jaume I – Castellon. 2014
- [6] CoolPack Version 1.5, IPU & Department of Mechanical Engineering. Technical University of Denmark, 2000 – 2012.
- [7] Coolproyect.es. <https://coolproyect.es/> [Último acceso: 07/03/2021]
- [8] Catálogo refrigeración Pecomark 2020. Pecomark.com, Julio 2020.
- [9] BITZER software v6.17.0 rev2548. Bitzer.
- [10] Solkane refrigerant software Version 8.0.0.15. Solvay Fluor GmbH.
- [11] Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.

# ÍNDICE GENERAL DE DOCUMENTOS

DOCUMENTO N°1: MEMORIA

DOCUMENTO N°2: ANEXOS

DOCUMENTO N°3: PLANOS

DOCUMENTO N°4: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO N°5: MEDICIONES

DOCUMENTO N°6: PRESUPUESTO

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Temperaturas y volúmenes de las cámaras objeto del proyecto (Fuente: Elaboración propia).....	4
Tabla 2. Espesores obtenidos en función de la transmisión por conducción y convección (Fuente: elaboración propia). ....	9
Tabla 3. Potencias transmitidas por los cerramientos (Fuente: elaboración propia). ...	10
Tabla 4. Datos para cálculo de carga por enfriamiento del género (Fuentes: [6], [7])..	11
Tabla 5. Cargas térmicas por enfriamiento del género (Fuente: Elaboración propia)..	11
Tabla 6. Cargas térmicas por enfriamiento del género en cámara de producto recibido (Fuente: Elaboración propia).....	11
Tabla 7. Cargas térmicas por congelación del género (Fuente: Elaboración propia)...	12
Tabla 8. Datos de condiciones para el diagrama psicrométrico (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de [9]). ....	13
Tabla 9. Resultados de cargas térmicas por renovaciones de aire (Fuente: Elaboración propia). ....	16
Tabla 10. Cargas térmicas debidas a iluminación (Fuente: Elaboración propia). ....	17
Tabla 11. Cargas térmicas debidas al personal (Fuente: Elaboración propia).....	17
Tabla 12. Cargas debidas a respiración del género durante el proceso de enfriamiento en el almacén de producto recibido (Fuente: Elaboración propia).....	19
Tabla 13. Cargas debidas a respiración del género durante su conservación en el almacén de producto recibido (Fuente: Elaboración propia). ....	19
Tabla 14. Cargas debidas a respiración del género durante el proceso de enfriamiento en el almacén de refrigerados (Fuente: Elaboración propia).....	19
Tabla 15. Cargas debidas a respiración del género durante su conservación en el almacén de refrigerados (Fuente: Elaboración propia).....	19
Tabla 16. Condicionantes de diseño para los ciclos de temperatura negativa (Fuente: Elaboración propia).....	22
Tabla 17. Condicionantes de diseño para los ciclos de temperatura positiva (Fuente: Elaboración propia).....	22
Tabla 18. Entalpías y flujos másicos de refrigerante en los tres ciclos de las cámaras de temperatura positiva (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de [19]).....	24
Tabla 19. Entalpías y flujos másicos de refrigerante en las cámaras de temperatura negativa (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de [18]). ....	25
Tabla 20. Potencias de compresores y condensadores en cada cámara (Fuente: Elaboración propia).....	26
Tabla 21. Potencias necesarias en los equipos de las instalaciones de refrigeración por cada cámara (Fuente: Elaboración propia). ....	29
Tabla 22. Condicionantes de selección de evaporadores de las cámaras (Fuente: Elaboración propia).....	31
Tabla 23. Etapas de demanda y potencia de cada cámara (Fuente: Elaboración propia). ....	35
Tabla 24. Coeficientes de simultaneidad a considerar en función del número de servicios de la instalación (Fuente: [21]). ....	35
Tabla 25. Potencias efectivas para selección de compresores de la instalación de temperatura positiva (Fuente: Elaboración propia).....	36
Tabla 26. Condiciones para selección de compresores de la instalación de temperatura negativa (Fuente: Elaboración propia). ....	39

Tabla 27. Longitud y potencia transportada por cada tramo de tubería (Fuente: [Elaboración propia])..... 46

Tabla 28. Longitud y potencia transportada por cada tramo de tubería (Fuente: [Elaboración propia])..... 46

Tabla 29. Características y parámetros para selección de tuberías (Fuente: Elaboración propia)..... 48

Tabla 30. Características de las tuberías seleccionadas (Fuente: Elaboración propia)51

Tabla 31. Espesor de aislamiento mínimo para tuberías frigoríficas (Fuente: [21]). .... 54

Tabla 32. Características de evaporadores para selección de válvulas de expansión (Fuente: [Elaboración propia])..... 55

Tabla 33. Parámetros y resultados de cálculo de cargas térmicas por transmisión de calor por paredes y techos (Fuente: Elaboración propia). .... 62

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Situación de la instalación (Fuente: [1]).	2
Ilustración 2. Diagrama de flujo del proceso de producción (Fuente: elaboración propia).	3
Ilustración 3. Diagrama de Gantt de la instalación (Fuente: Elaboración propia).	7
Ilustración 4. Esquema de ciclo de refrigeración (Fuente: [17]).	20
Ilustración 5. Ejemplos de ciclos ideales de la central de T <sup>a</sup> positiva (Fuente: [18]).	21
Ilustración 6. Ciclos de refrigeración de la central de temperatura positiva (Fuente: [18]).	24
Ilustración 7. Ciclos de refrigeración de la central de temperatura negativa (Fuente: [18]).	25
Ilustración 8. Resultados del ciclo de la cámara de refrigerados (Fuente: [20]).	28
Ilustración 9. Características del evaporador elegido para el almacén de producto congelado (Fuente: [22]).	31
Ilustración 10. Características del evaporador elegido para el túnel de congelación (Fuente: [22]).	32
Ilustración 11. Características del evaporador elegido para la sala de limpieza (Fuente: [22]).	32
Ilustración 12. Características de los evaporadores elegidos para el pasillo (Fuente: [22]).	33
Ilustración 13. Características de los evaporadores elegidos para la sala de envasado y la sala de troceado (Fuente: [22]).	33
Ilustración 14. Características del evaporador elegido para el almacén de producto recibido (Fuente: [22]).	34
Ilustración 15. Características del evaporador elegido para el almacén de refrigerados (Fuente: [22]).	34
Ilustración 16. Condiciones de diseño y compresor elegido para las 4 primeras etapas de la central de temperatura positiva (Fuente: [23]).	37
Ilustración 17. Condiciones de diseño y compresor elegido para la 5 <sup>a</sup> etapa de la central de temperatura positiva (Fuente: [23]).	38
Ilustración 18. Condiciones de diseño y compresor elegido para la 6 <sup>a</sup> etapa de la central de temperatura positiva (Fuente: [23]).	38
Ilustración 19. Esquema de funcionamiento del sistema CRII proporcionado por el fabricante (Fuente: [23]).	39
Ilustración 20. Condiciones de diseño y compresor elegido para el túnel de congelación (Fuente: [23]).	40
Ilustración 21. Condiciones de diseño y compresor elegido para la cámara de producto congelado (Fuente: [23]).	41
Ilustración 22. Potencias del ciclo completo de la instalación de temperatura positiva (Fuente: [20]).	42
Ilustración 23. Características de los condensadores elegidos para la central de temperatura positiva (Fuente: [22]).	43
Ilustración 24. Potencias del ciclo completo de la instalación de temperatura negativa (Fuente: [20]).	44
Ilustración 25. Características des condensador elegido para la central de temperatura negativa (Fuente: [22]).	45
Ilustración 26. Tubería de gas aspirado del tramo L1 (Fuente: [24]).	49

Ilustración 27. Tubería de líquido del tramo L1 (Fuente: [24]).	49
Ilustración 28. Tubería de gas aspirado del tramo N1 (Fuente: [24]).	50
Ilustración 29. Tubería de líquido del tramo N1 (Fuente: [24]).	51
Ilustración 30. Tubería de gas a presión de la central de T <sup>a</sup> positiva (Fuente: [24]).	52
Ilustración 31. Tubería general de líquido de la central de T <sup>a</sup> positiva (Fuente: [24]).	52
Ilustración 32. Tubería de gas a presión de la central de T <sup>a</sup> negativa (Fuente: [24]).	53
Ilustración 33. Tubería general de líquido de la central de T <sup>a</sup> negativa (Fuente: [24]).	53
Ilustración 34. Diagrama psicrométrico para obtención de datos de puntos con temperatura positiva con los parámetros para la obtención de datos señalados (Fuente: [10]).	63
Ilustración 35. Diagrama psicrométrico para obtención de datos de puntos con temperatura negativa con los parámetros para la obtención de datos señalados (Fuente: [11]).	64
Ilustración 36. Resultados del ciclo de la cámara de producto recibido (Fuente: [20]).	65
Ilustración 37. Resultados del ciclo de la sala de limpieza (Fuente: [20]).	66
Ilustración 38. Resultados del ciclo de la sala de troceado y elaboración (Fuente: [20]).	67
Ilustración 39. Resultados del ciclo de la sala de envasado (Fuente: [20]).	68
Ilustración 40. Resultados del ciclo del pasillo (Fuente: [20]).	69
Ilustración 41. Resultados del ciclo del túnel de congelación (Fuente: [20]).	70
Ilustración 42. Resultados del ciclo de la cámara de congelados (Fuente: [20]).	71
Ilustración 43. Tubería de gas aspirado del tramo L1 (Fuente: [24]).	72
Ilustración 44. Tubería de líquido del tramo L1 (Fuente: [24]).	72
Ilustración 45. Tubería de gas aspirado del tramo L2 (Fuente: [24]).	73
Ilustración 46. Tubería de líquido del tramo L2 (Fuente: [24]).	73
Ilustración 47. Tubería de gas aspirado del tramo L3 (Fuente: [24]).	74
Ilustración 48. Tubería de líquido del tramo L3 (Fuente: [24]).	74
Ilustración 49. Tubería de gas aspirado del tramo L4 (Fuente: [24]).	75
Ilustración 50. Tubería de líquido del tramo L4 (Fuente: [24]).	75
Ilustración 51. Tubería de gas aspirado del tramo L5 (Fuente: [24]).	76
Ilustración 52. Tubería de líquido del tramo L5 (Fuente: [24]).	76
Ilustración 53. Tubería de gas aspirado del tramo P1 (Fuente: [24]).	77
Ilustración 54. Tubería de líquido del tramo P1 (Fuente: [24]).	77
Ilustración 55. Tubería de gas aspirado del tramo P2 (Fuente: [24]).	78
Ilustración 56. Tubería de líquido del tramo P2 (Fuente: [24]).	78
Ilustración 57. Tubería de gas aspirado del tramo P3 (Fuente: [24]).	79
Ilustración 58. Tubería de líquido del tramo P3 (Fuente: [24]).	79
Ilustración 59. Tubería de gas aspirado del tramo P4 (Fuente: [24]).	80
Ilustración 60. Tubería de líquido del tramo P4 (Fuente: [24]).	80
Ilustración 61. Tubería de gas aspirado del tramo P5 (Fuente: [24]).	81
Ilustración 62. Tubería de líquido del tramo P5 (Fuente: [24]).	81
Ilustración 63. Tubería de gas aspirado del tramo N1 (Fuente: [24]).	82
Ilustración 64. Tubería de líquido del tramo N1 (Fuente: [24]).	82
Ilustración 65. Tubería de gas aspirado del tramo N2 (Fuente: [24]).	83
Ilustración 66. Tubería de líquido del tramo N2 (Fuente: [24]).	83
Ilustración 67. Tubería de gas aspirado del tramo N3 (Fuente: [24]).	84
Ilustración 68. Tubería de líquido del tramo N3 (Fuente: [24]).	84

Ilustración 69. Características del evaporador elegido para el almacén de producto congelado (Fuente: [23]).	86
Ilustración 70. Características del tren de ventilación y baterías elegidos para el túnel de congelación (Fuente: [23]).	90
Ilustración 71. Características del evaporador elegido para la sala de limpieza (Fuente: [23]).	91
Ilustración 72. Características de los evaporadores elegidos para el pasillo (Fuente: [23]).	92
Ilustración 73. Características de los evaporadores elegidos para la sala de envasado y de troceado (Fuente: [23]).	92
Ilustración 74. Características del evaporador elegido para el almacén de producto recibido (Fuente: [23]).	93
Ilustración 75. Características del evaporador elegido para el almacén de producto refrigerado (Fuente: [23]).	94
Ilustración 76. Condiciones de diseño y características del compresor elegido para las 4 primeras etapas de la central de temperatura positiva (Fuente: [24]).	95
Ilustración 77. Condiciones de diseño y características del compresor elegido para la 5ª etapa de la central de temperatura positiva (Fuente: [24]).	96
Ilustración 78. Condiciones de diseño y características del compresor elegido para la 6ª etapa de la central de temperatura positiva (Fuente: [24]).	97
Ilustración 79. Condiciones de diseño y características del compresor elegido para el túnel de congelación (Fuente: [24]).	98
Ilustración 80. Condiciones de diseño y características del compresor elegido para la cámara de producto congelado (Fuente: [24]).	99
Ilustración 81. Características de los condensadores elegidos para la central de temperatura positiva (Fuente: [23]).	100
Ilustración 82. Características del condensador elegido para la central de temperatura negativa (Fuente: [23]).	100
Ilustración 83. Características de las válvulas de expansión seleccionadas para los evaporadores de ambas centrales frigoríficas (Fuente: [23]).	101
Ilustración 84. Características técnicas del panel aislante de las cámaras frigoríficas (Fuente: [31]).	103
Ilustración 85. Características y dimensiones de puerta corredera (Fuente [5]).	104
Ilustración 86. Características y dimensiones de puerta pivotante (Fuente [5]).	105

## **DOCUMENTO N° 1: MEMORIA**

# ÍNDICE

<b>DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA .....</b>	<b>6</b>
<b>1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. EMPLAZAMIENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN Y SUS ELEMENTOS .....</b>	<b>3</b>
3.1. CENTRAL FRIGORÍFICA DE REFRIGERACIÓN .....	5
3.2. CENTRAL FRIGORÍFICA DE CONGELACIÓN.....	6
<b>4. PLAZO DE EJECUCIÓN Y PUESTA EN SERVICIO .....</b>	<b>7</b>
<b>5. CÁLCULOS .....</b>	<b>8</b>
5.1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	8
5.2. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.....	8
5.2.1. <i>Cálculo carga térmica de transmisión por paredes, techos y suelos.....</i>	<i>8</i>
5.2.2. <i>Cálculo carga diaria de la cámara por enfriamiento o congelación del género.....</i>	<i>10</i>
5.2.3. <i>Cálculo carga térmica por renovaciones e infiltraciones de aire .....</i>	<i>12</i>
5.2.4. <i>Cálculo cargas de luces, personas, motores, descongelación.....</i>	<i>16</i>
5.3. SELECCIÓN DE EQUIPOS .....	20
5.3.1. <i>Selección del evaporador.....</i>	<i>30</i>
5.3.2. <i>Selección del compresor .....</i>	<i>35</i>
5.3.3. <i>Selección del condensador.....</i>	<i>42</i>
5.3.4. <i>Selección de tuberías .....</i>	<i>45</i>
5.3.5. <i>Selección de la válvula de expansión.....</i>	<i>54</i>
5.3.6. <i>Sistema de monitorización.....</i>	<i>55</i>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>56</b>

## 1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Se quiere construir y poner en marcha una empresa dedicada a la producción y comercialización de alimentos refrigerados y congelados, para lo cual se requiere el diseño y cálculo del sistema de refrigeración y congelación de las salas y cámaras que compondrán la instalación.

Debido a las cifras de demanda de ciertos productos vegetales frescos y congelados en la región, algunos de ellos con bajo o nulo cultivo y producción en la misma, y a la reciente implantación de un gran almacén logístico de distribución de alimentos en los alrededores de la nueva planta, resulta interesante para una gran compañía la implantación de una nueva factoría de producción de estos bienes que satisfagan las necesidades y requerimientos del mercado de la zona norte de la península.

La nueva industria contará con 3 cámaras de conservación, dos de ellas de producto fresco y otra de ellas de congelados, un túnel de congelación y 3 salas refrigeradas para limpieza, elaboración y envasado, así como una zona de oficinas, almacén general, vestuarios y pasillo.

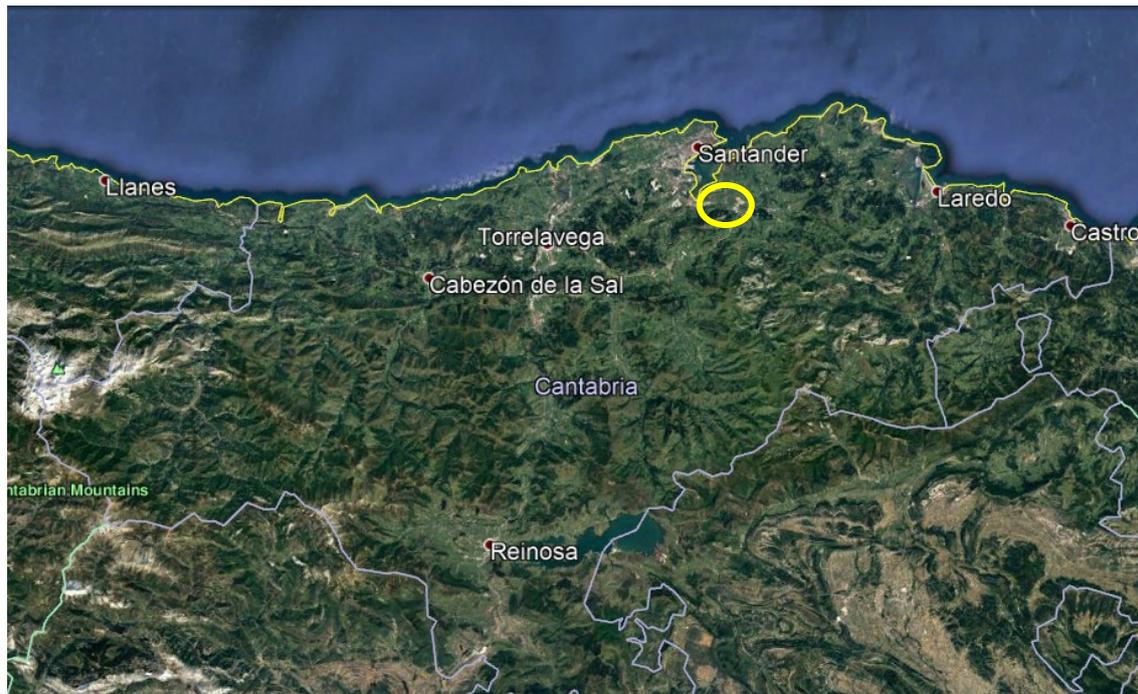
En el orden técnico, la instalación estará compuesta por dos centrales frigoríficas, una para las salas de temperatura por encima de los 0°C, es decir, de frío positivo, y otra central para las cámaras a temperatura inferior a 0°C, o de frío negativo. Las salas de limpieza, elaboración y envasado de producto, al estar destinadas a albergar personal de fábrica que realice las tareas pertinentes, tendrán unas temperaturas, equipos de refrigeración y ventilación adecuados tanto para la conservación del producto como para el confort de los trabajadores durante su estancia en las mismas. En el resto de salas, puesto que en ellas no va a realizarse ningún trabajo humano más que el trasiego de cajas y productos mediante vehículos de transporte interno, los aspectos a tener en cuenta en el diseño de estas instalaciones que son objeto de este Trabajo Fin de Máster, no son otros que los que permitan la óptima conservación del producto y la eficiencia de las instalaciones en cuanto a consumo.

## 2. EMPLAZAMIENTO

La industria estará ubicada en la localidad de Orejo, perteneciente al término municipal de Marina de Cudeyo, provincia de Cantabria.

El terreno ocupado por la misma tendrá unas dimensiones de 300 x 140 metros, ocupando una superficie total de 42.000 m<sup>2</sup> aproximadamente.

La factoría se situará en el mismo polígono industrial que un gran almacén y centro de distribución logístico de una cadena de supermercados, en la situación geográfica que se muestra a continuación:



*Ilustración 1. Situación de la instalación (Fuente: [1]).*

### 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN Y SUS ELEMENTOS

La instalación objeto del presente proyecto se construirá para una empresa que comercializa diferentes alimentos tanto refrigerados como congelados, y en estas instalaciones concretas se trabajará con brócoli, coliflor, espárragos verdes y fresas. Las verduras y frutas se someterán a un proceso de limpieza, elaboración, envasado y posterior refrigeración o congelación sintetizado en el siguiente diagrama:

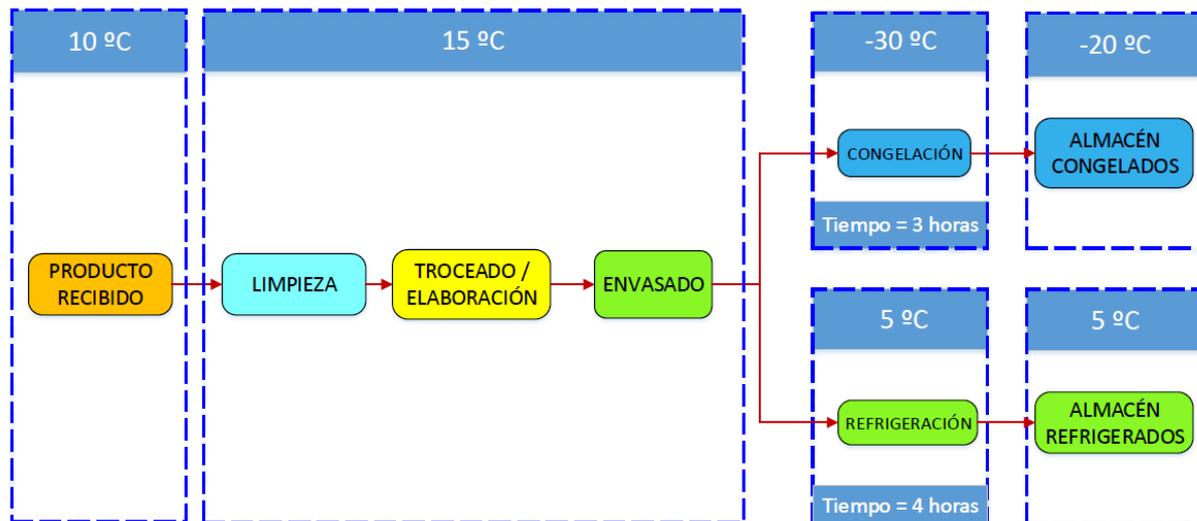


Ilustración 2. Diagrama de flujo del proceso de producción (Fuente: elaboración propia).

Se detallan a continuación las cantidades aproximadas que almacena y transforma la industria.

Producto refrigerado a 10°C, para su conservación previa a la elaboración y troceado:

- Brócoli y coliflor: 9 312 kg.
- Espárragos verdes: 9 216 kg.
- Fresas: 10 368 kg.

El total de producto refrigerado en esta cámara asciende a 28 896 kg. Se estima además que la cantidad de producto fresco recibido diariamente está en torno a 2 toneladas.

Tras la elaboración y el envasado, como se puede ver en el diagrama de flujo de producto en la Ilustración 2, una parte de los alimentos pasará directamente a la cámara de conservación de producto refrigerado, con una temperatura de 5°C, y otra parte se llevará al túnel de congelación, en la que se congelará hasta los -30 °C en un tiempo estimado de 3 horas, tras lo cual será almacenada en la cámara de producto congelado, que se encuentra a -20°C.

Las cantidades refrigeradas orientativas en esta última etapa previa a la distribución o comercialización son:

- Brócoli y coliflor: 8 381 kg.
- Espárragos verdes: 8 295 kg.
- Fresas: 7 776 kg.

El total de producto almacenado en esta cámara asciende a 24 452 kg. Esta cámara tiene capacidad para refrigerar la fruta y verdura envasada que entra cada día a la sala a mayor temperatura y para mantener la temperatura y humedad óptimas de la materia ya almacenada previamente.

El túnel de congelación tiene capacidad para congelar 265 kg de producto en un tiempo estimado de 3 horas.

Posteriormente estos productos son trasladados hasta la cámara de producto congelado, donde se mantendrán hasta su salida de fábrica. Esta sala tiene capacidad además para congelar el género hasta -20°C en 12 horas, en caso de que no fuera posible utilizar el túnel de congelación por mantenimiento, avería, inspección, etc., lo que permitiría no detener el proceso productivo en estas circunstancias.

Las cantidades almacenadas en esta cámara son:

- Brócoli y coliflor: 4 656 kg.
- Espárragos verdes: 4 608 kg.
- Fresas: 4 320 kg.

Todas las salas de conservación y trabajo tendrán una humedad relativa del ambiente del 90%, que asegure la correcta conservación de los vegetales y frutas en condiciones óptimas.

La disposición física, temperaturas y dimensiones de todas y cada una de las salas se puede ver con mayor detalle en el Plano N° 2.

Se detallan a continuación las temperaturas y volúmenes de las distintas cámaras, cuya disposición y demás dimensiones se encuentran detalladas en el documento N°3 Planos.

*Tabla 1. Temperaturas y volúmenes de las cámaras objeto del proyecto (Fuente: Elaboración propia).*

SERVICIO	Tª recinto (°C)	Volumen cámara (m <sup>3</sup> )
Túnel congelación	- 30	42.56
Cámara congelados	- 20	104.65
Almacén producto recibido	10	203.35
Cámara refrigerados	5	152.95
Troceado	15	112.35
Limpieza	15	102.48
Envasado	15	120.05
Pasillo	15	349.91

Se describen a continuación las centrales que formarán el sistema de refrigeración y congelación de la industria.

### **3.1. CENTRAL FRIGORÍFICA DE REFRIGERACIÓN**

Esta central frigorífica estará compuesta por los evaporadores de las cámaras de limpieza, troceado, envasado, pasillo, almacén de producto recibido y almacén de producto refrigerado, así como por tres compresores situados en la sala de máquinas y dos equipos condensadores situados en la pared exterior de la misma. La configuración y disposición de todos los elementos se pueden observar en el esquema del Plano N° 8 y la localización de los equipos en la planta se muestra de manera general y ampliada en los Planos N° 3 a 7.

Los compresores se situarán en una bancada metálica y compartirán colector de aspiración y descarga, trabajarán en paralelo a una temperatura de 3°C y serán semiherméticos alternativos, de pistón. Comparten también el sistema de alimentación de aceite, el cual se recupera mediante un separador de aceite, que se almacenará en el depósito acumulador, y finalmente se inyectará en el cárter de compresores a través de un regulador de nivel de aceite. Este regulador será mecánico, por lo que requiere una válvula de despresurización conectada entre el acumulador de aceite y el colector de aspiración, ya que no admite en su entrada aceite a alta presión y necesita que se libere parte de esa presión del acumulador.

En esta misma bancada irá instalado el recipiente de líquido, que estará conectado con el condensador y con la línea de líquido para distribuir el refrigerante R-134a a los diferentes equipos del circuito.

La central contará con dos condensadores de aire o aerocondensadores, situados en la pared norte de la edificación para evitar la radiación solar y el aumento de temperatura que esto provoca, y se colocarán en altura mediante sujeciones que los soporten adheridos a la pared exterior.

La central tendrá una potencia total en evaporadores de 50.3 kW, aunque los equipos disponen de mayor capacidad en caso de aumentar las necesidades frigoríficas de la industria, y contará con manómetros, presostatos de seguridad y sensores de presión, situados según se detalla en los planos.

Finalmente, los evaporadores contarán con un sistema de desescarche eléctrico, que permita eliminar el agua que se pudiera acumular en forma de hielo adherida a las aletas del mismo.

Las especificaciones de los equipos principales se pueden consultar en el apartado 6.3. "Selección de equipos" y en el Anexo II: fichas técnicas.

### **3.2. CENTRAL FRIGORÍFICA DE CONGELACIÓN**

Esta central estará compuesta por los evaporadores del túnel de congelación y la cámara de producto congelado, así como por dos compresores situados en la sala de máquinas y un equipo condensador de aire situado también en la pared exterior de la misma, con orientación norte y soportado en la pared mediante las sujeciones adecuadas. De nuevo, la disposición de los elementos se puede observar en el esquema del Plano N° 9 y la localización de los equipos en la planta se muestra de manera general y ampliada en los Planos N° 3 a 7.

Los compresores se situarán en la bancada metálica y compartirán los colectores de aspiración y descarga, trabajando en paralelo a una temperatura de  $-32\text{ °C}$  y serán también semiherméticos alternativos de pistón. Comparten todo el sistema de alimentación de aceite y también cuentan con separador de aceite, depósito acumulador, regulador mecánico de nivel de aceite, válvula de despresurización, etc.

En la bancada estará situado el recipiente de líquido de esta central, conectado al condensador y a la línea de líquido para distribuir el refrigerante R404a a los diferentes equipos del circuito.

La central tendrá una potencia total en evaporadores de 23.5 kW, aunque los equipos en este caso también disponen de mayor capacidad por si fuera necesario aumentar las necesidades frigoríficas de la industria, y contará con manómetros, presostatos de seguridad y sensores de presión, situados según se detalla en el Plano n° 9.

Esta central también contará con un sistema de desescarche eléctrico, que permitirá eliminar el escarche producido en los evaporadores debido a su baja temperatura de operación.

#### 4. PLAZO DE EJECUCIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

Teniendo en cuenta las posibilidades de acopio de materiales y las necesidades del servicio, se puede estimar en 1 mes el tiempo necesario para la ejecución de las obras que se detallan en el presente proyecto.

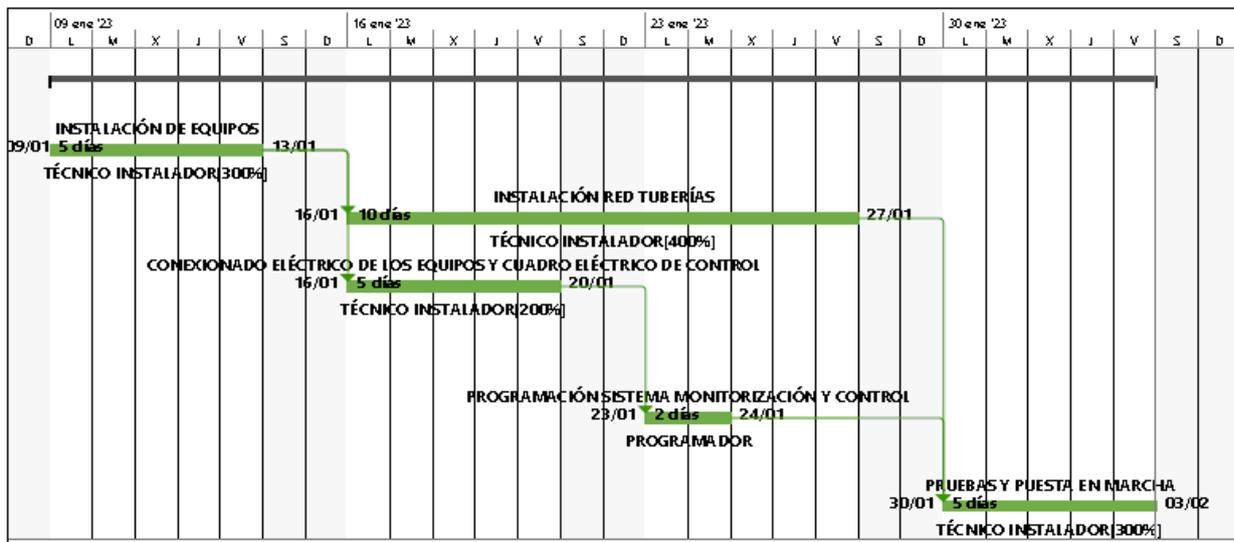


Ilustración 3. Diagrama de Gantt de la instalación (Fuente: Elaboración propia).

## 5. CÁLCULOS

### 5.1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este apartado tiene por objeto establecer los criterios de cálculo que se han tenido en cuenta a la hora de diseñar y dimensionar las instalaciones y elementos del sistema de refrigeración.

### 5.2. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

Para el dimensionamiento de los aislamientos y equipos de las salas y cámaras de conservación se tendrán en cuenta las cargas térmicas que será necesario cubrir durante el funcionamiento diario de las mismas, enumeradas a continuación:

*Carga térmica total a cubrir*

- = Calor transmisión por paredes, techos y suelos
- + Carga por enfriar o congelar género
- + Carga debida a renovaciones e infiltraciones aire
- + Carga motores, luces, personas, respiración del género

#### 5.2.1. Cálculo carga térmica de transmisión por paredes, techos y suelos

En primer lugar, será necesario conocer la temperatura exterior a utilizar para el cálculo de la transmisión de calor. Según la norma UNE 100001:2001 [2], la temperatura seca máxima exterior en condiciones de verano en la localización de la industria es de 25.3°C, que por seguridad se sobredimensiona aumentando este valor en torno a un 10%, con lo que finalmente se utilizará una temperatura de 28°C.

Se utilizará como aislante en este proyecto panel sándwich de poliuretano inyectado, por su durabilidad, ligereza y excelentes propiedades aislantes.

Siguiendo los métodos de cálculo especificados en la norma UNE-EN ISO 12241:2010 [3], se calculará el espesor de aislante necesario en las paredes según la siguiente expresión:

$$q = \frac{Q}{S} = \frac{\Delta T}{R_T}$$

Donde:

$$R_T = \frac{1}{h_{ext}} + \frac{e}{\lambda_{pol}} + \frac{1}{h_{int}}$$

Siendo:

$h_{ext}$  y  $h_{int}$ : Coeficientes de convección en las paredes exterior e interior respectivamente.

$e$ : Espesor de la chapa de poliuretano inyectado.

$\lambda_{pol}$ : Conductividad térmica del poliuretano.

Se utilizarán en este proyecto los paneles sándwich de poliuretano inyectado, en cuyo catálogo, incluido en el anexo, se puede observar que tienen una conductividad térmica de 0.021 W/m.K.

Se supone una transferencia de calor máxima de  $q = 6.98 \text{ W/m}^2$ , recomendada por la normativa citada [3], y unos coeficientes de convección exterior e interior de 80 y 40  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$  respectivamente.

Con estos valores se pueden obtener los espesores de cada una de las paredes de las cámaras despejando de la combinación de ecuaciones señaladas:

$$e = \lambda_{pol} \cdot \left( \frac{\Delta T}{q} - \frac{1}{h_{ext}} - \frac{1}{h_{int}} \right)$$

Los valores obtenidos, con temperaturas expresadas en °C y espesores en metros, se resumen en la siguiente tabla:

*Tabla 2. Espesores obtenidos en función de la transmisión por conducción y convección (Fuente: elaboración propia).*

		P. Norte	P. Este	P. Sur	P. Oeste	Techo
Producto recibido (Ti=10°C)	Tª exterior	28	28	15	15	28
	Espesor	$53.36 \cdot 10^{-3}$	$53.36 \cdot 10^{-3}$	$14.26 \cdot 10^{-3}$	$14.26 \cdot 10^{-3}$	$53.36 \cdot 10^{-3}$
Túnel congelación (Ti=-30°C)	Tª exterior	28	25	15	-20	28
	Espesor	$173.7 \cdot 10^{-3}$	$164.7 \cdot 10^{-3}$	$134.6 \cdot 10^{-3}$	$29.3 \cdot 10^{-3}$	$173.7 \cdot 10^{-3}$
Cámara congelados (Ti=-20°C)	Tª exterior	28	15	5	28	28
	Espesor	$143.6 \cdot 10^{-3}$	$104.5 \cdot 10^{-3}$	$74.4 \cdot 10^{-3}$	$143.6 \cdot 10^{-3}$	$143.6 \cdot 10^{-3}$
Cámara refrigerados (Ti=5°C)	Tª exterior	-20	15	28	28	28
	Espesor	0	$29.3 \cdot 10^{-3}$	$68.4 \cdot 10^{-3}$	$68.4 \cdot 10^{-3}$	$68.4 \cdot 10^{-3}$
Troceado y elaboración (Ti=15°C)	Tª exterior	28	10	15	25	28
	Espesor	$38.3 \cdot 10^{-3}$	$14.3 \cdot 10^{-3}$	0	$29.3 \cdot 10^{-3}$	$38.3 \cdot 10^{-3}$
Limpieza (Ti=15°C)	Tª exterior	10	28	20	15	28
	Espesor	$14.3 \cdot 10^{-3}$	$38.3 \cdot 10^{-3}$	$14.3 \cdot 10^{-3}$	0	$38.3 \cdot 10^{-3}$
Envasado (Ti=15°C)	Tª exterior	15	20	20	15	28
	Espesor	0	$14.3 \cdot 10^{-3}$	$14.3 \cdot 10^{-3}$	0	$38.3 \cdot 10^{-3}$

Se utilizarán paneles de un espesor de 40 mm en las salas a temperatura por encima de 0°C y de 150 mm en aquellas cuya temperatura esté por debajo, es decir, en el túnel de congelación y en la cámara de producto congelado.

Con estos valores de espesor se obtienen las resistencias de conducción y convección y las potencias transmitidas por cada cerramiento recogidas en la tabla 33 del Anexo I.

Se resumen a continuación las cargas térmicas totales por transmisión de cada cámara:

Tabla 3. Potencias transmitidas por los cerramientos (Fuente: elaboración propia).

CÁMARA	Temperatura (°C)	Potencia transmitida (W)
Almacén prod. recibido	10	1173
Túnel congelación	- 30	391
Cámara congelados	- 20	627
Cámara refrigerados	5	1274
Troceado	15	536
Limpieza	15	422
Envasado	15	337
Pasillo	15	1153

Así mismo, en el túnel de congelación y en la cámara de producto congelado, al tener temperaturas por debajo de 0°C, se instalará un suelo aislado de panel frigorífico y solera de hormigón armado con mallazo por encima, que gracias a su resistencia permite el paso de la entrada de mercancías mediante carretillas.

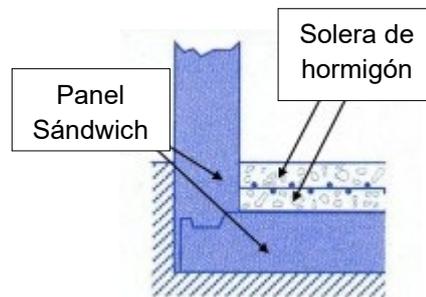


Figura 1. Composición del aislamiento del suelo (Fuente: [4]).

Los cerramientos de las cámaras serán puertas correderas y/o pivotantes industriales diseñadas para instalaciones de uso intensivo en cámaras de conservación, congelación y túnel, con capacidad para aislar hasta una temperatura de -40 °C gracias a su baja conductividad térmica, lo que las hace idóneas para todas las salas de la industria. El espesor de la hoja se puede adecuar a cada sala en un rango de entre 80 y 140 mm, como se puede observar en los catálogos incluidos en el Anexo 2, donde se muestran sus principales características y dimensiones a medida del cliente [5].

### 5.2.2. Cálculo carga diaria de la cámara por enfriamiento o congelación del género

Esta carga necesaria para enfriar el género se calcula como:

$$Q_{enfriar\ género} = \left( \sum m_i * C_{e_i} \right) * \Delta T$$

Siendo:

$m_i$ : Cantidad en kg de producto i a enfriar.

$C_{e_i}$ : Calor específico antes de la congelación para el producto i.

$\Delta T$ : Variación de temperatura entre la de partida y la requerida.

Los datos de partida para este cálculo son los siguientes:

Tabla 4. Datos para cálculo de carga por enfriamiento del género (Fuentes: [6], [7]).

Producto	T <sup>a</sup> congelación °C	Ce T <sup>a</sup> > 0 Kcal/kg.°C	Ce T <sup>a</sup> < 0 Kcal/kg.°C	Calor latente Kcal/kg
Brócoli	-0.6	0.92	0.47	72
Coliflor	-0.8	0.94	0.47	77
Espárragos	-1.1	0.95	0.48	75
Fresas	-1.1	0.92	0.48	71.7
Cajas		0.455		

La masa de producto corresponde a la especificada en la definición del proceso de la industria, en el apartado 3 de esta memoria.

Se ha añadido además la carga necesaria para enfriar y mantener refrigeradas las cajas y envoltorios de los productos, estimando su número en función de la cantidad de producto contenido por cada una de las mismas.

Las cajas utilizadas serán canastillas tipo plana de dimensiones 60x40x25 cm, de polipropileno y con un peso de 2.2 kg cada unidad. La carga de los envoltorios de los alimentos se ha estimado en un 5% de la carga total por enfriamiento.

Tabla 5. Cargas térmicas por enfriamiento del género (Fuente: Elaboración propia).

	Brócoli	Coliflor	Espárragos	Fresas	Cajas (unidades)
Cantidad a refrigerar (kg)	200	200	400	400	22
Ce (T <sup>a</sup> > 0) (Kcal/kg.°C)	0.92	0.94	0.95	0.92	0.455
$\Delta T > 0$	10				
Carga térmica (kcal)	1840	1880	3800	3680	221

La carga térmica por enfriamiento de la carga total a cubrir en la cámara de refrigerados asciende a 50 123 kJ, a cubrir en 4 horas.

Tabla 6. Cargas térmicas por enfriamiento del género en cámara de producto recibido (Fuente: Elaboración propia).

	Brócoli	Coliflor	Espárragos	Fresas	Cajas (unidades)
Cantidad a refrigerar (kg)	340	340	660	660	36
Ce (T <sup>a</sup> > 0) (Kcal/kg.°C)	0.92	0.94	0.95	0.92	0.455
$\Delta T > 0$	5				
Carga térmica (kcal)	1564	1598	3135	3036	181

La carga térmica por enfriamiento de la carga a cubrir en el almacén de producto recibido, con 2 toneladas de producto recibido diariamente y un salto térmico del mismo de 5°C, es de 41 753 kJ, a cubrir en 4 horas.

La carga necesaria para congelar el género será:

$$Q_{congelar\ género} = \sum_{productos} m_i \cdot (Ce_i \cdot \Delta T_{i,refrigeración} + \lambda_i + Ce_i^* \cdot \Delta T_{i,congelación})$$

Siendo:

$m_i$ : Cantidad en kg de producto i a enfriar.

$Ce_i$ : Calor específico antes de la congelación para el producto i.

$\Delta T_{i,refrigeración}$ : Variación de temperatura entre la de partida y la de congelación de cada producto.

$\lambda_i$ : Calor latente de congelación del producto i.

$Ce_i^*$ : Calor específico tras la congelación para el producto i.

$\Delta T_{i,congelación}$ : Variación de temperatura entre la de congelación de cada producto y la requerida.

La masa de producto congelado se estima en unos 265 kg cada 3 horas.

Se ha añadido, al igual que en el cálculo de enfriamiento, la carga necesaria para congelar y mantener la temperatura de las cajas y envoltorios de los productos.

Tabla 7. Cargas térmicas por congelación del género (Fuente: Elaboración propia).

	Brócoli	Coliflor	Espárragos	Fresas	Cajas (unidades)	
Cantidad a congelar (kg)	132.5	132.5	265	265	5	
Tª congelación (°C)	-0.6	-0.8	-1.1	-1.1	-	
Ce (Tª >0) (Kcal/kg.°C)	0.92	0.94	0.95	0.92	0.455	
Ce (Tª <0) (Kcal/kg.°C)	0.47	0.47	0.48	0.48	-	
Calor latente (kcal/kg)	72	77	75	71.7	-	
Congelar	$\Delta T > 0$	15.6	15.8	16.1	16.1	45
	$\Delta T < 0$	29.4	29.2	28.9	28.9	-
Carga térmica (kcal)	27 262		27 605	26 602	225.3	

La carga térmica por congelación de la carga a cubrir en el túnel de congelación asciende a 122 144 kJ, a cubrir en 3 horas.

La carga térmica por congelación de la carga a cubrir por la cámara de congelados en el supuesto explicado de inoperatividad del túnel es de 343 894 kJ, a cubrir en 12 horas.

### 5.2.3. Cálculo carga térmica por renovaciones e infiltraciones de aire

La carga térmica debida a las renovaciones e infiltraciones de aire incluye aquellas renovaciones que teóricamente son aconsejables para la buena conservación del producto, como las infiltraciones de aire a través de los cerramientos cuando estos se abren para permitir el paso de personas, mercancías, etc. Para su cálculo se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_{\text{renovaciones aire}} = Vol * \frac{1}{v_{\text{específico}}} * N^{\circ}_{\text{renovaciones}} * \Delta h_{\text{ext-int}} * \frac{1}{24h * 3600s}$$

Siendo:

Vol: Volumen de la cámara en m<sup>3</sup>.

V<sub>específico</sub>: Volumen específico del aire a la temperatura de la cámara en kg/ m<sup>3</sup>.

Δ<sub>next-int</sub>: Diferencia de entalpías entre el aire exterior y el de la cámara en kJ/kg.

En las cámaras que sólo tienen intercambio de aire con otras salas interiores, esta diferencia de entalpía es la existente entre el aire de esa cámara y el de la cámara situada al otro lado de las puertas por las que se produce la renovación de aire.

Los valores utilizados de renovaciones de aire por día han sido obtenidos del Heatcraft Engineering Manual [8] en función del volumen de la cámara por día, por lo que se realiza la transformación necesaria para obtener la carga en kW.

Los datos de partida obtenidos del diagrama Psicrométrico, según el procedimiento señalado en el Anexo I, son los siguientes:

Tabla 8. Datos de condiciones para el diagrama psicrométrico (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de [9]).

Punto diagrama	Datos entrada diagrama		Datos obtenidos diagrama		
	SALA	Temperatura °C	Humedad relativa %	Volumen específico m <sup>3</sup> /kg	Entalpía kJ/kg
Aire exterior		28	75 %	-	73.5
Aire prod. Recib.		10	90 %	0.8	27
A. túnel congel.		-30	90 %	0.69	-19.5
A. cámara conge		-20	90 %	0.72	-18.54
A. cámara refrig		5	90 %	0.79	17
A. limpieza		15	90 %	0.82	39.5
A. troceado		15	90 %	0.82	39.5
A. envasado		15	90 %	0.82	39.5
A. pasillo		15	90 %	0.82	39.5

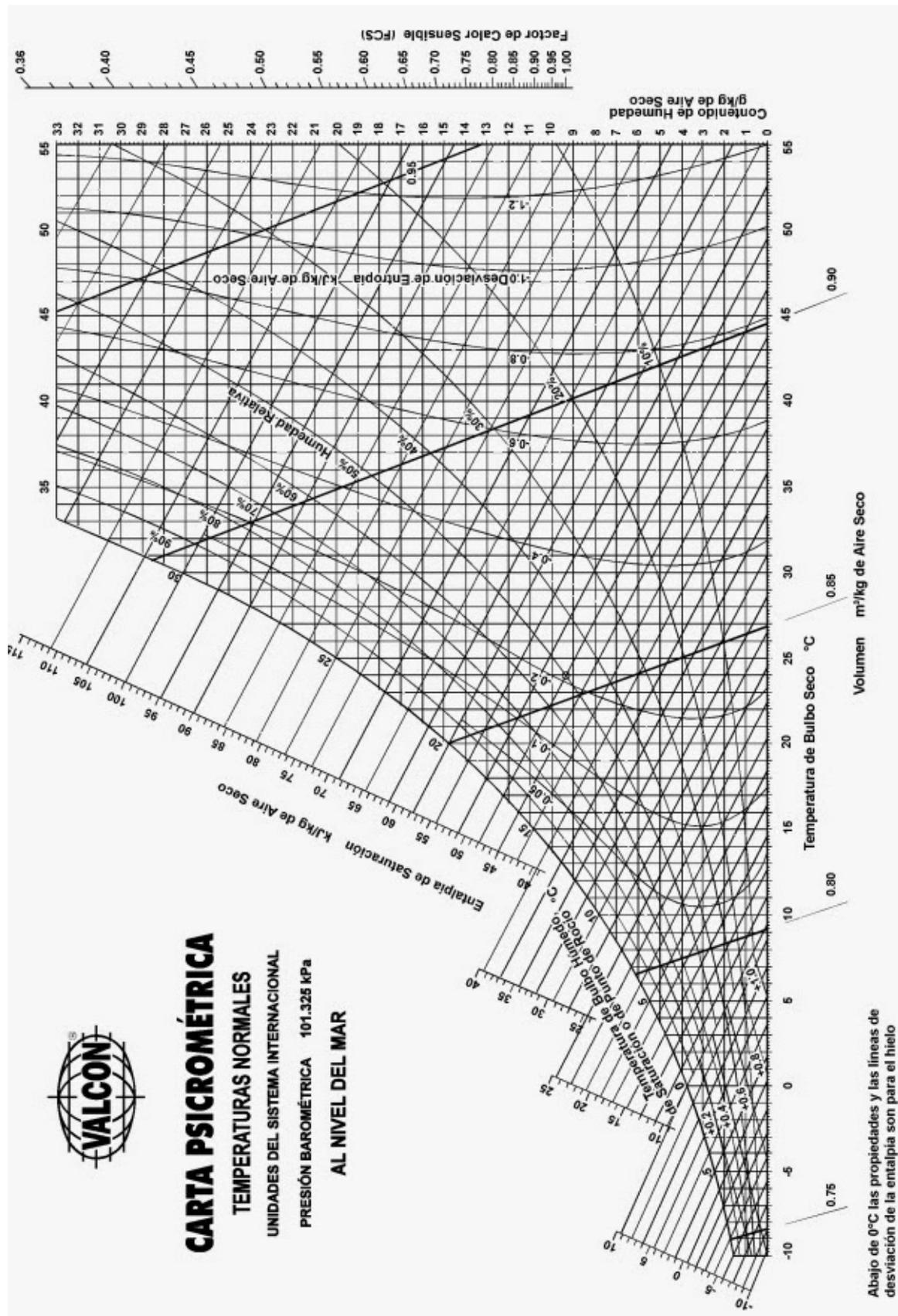


Figura 2. Diagrama psicrométrico para obtención de datos de puntos con temperatura positiva (Fuente: [10]).

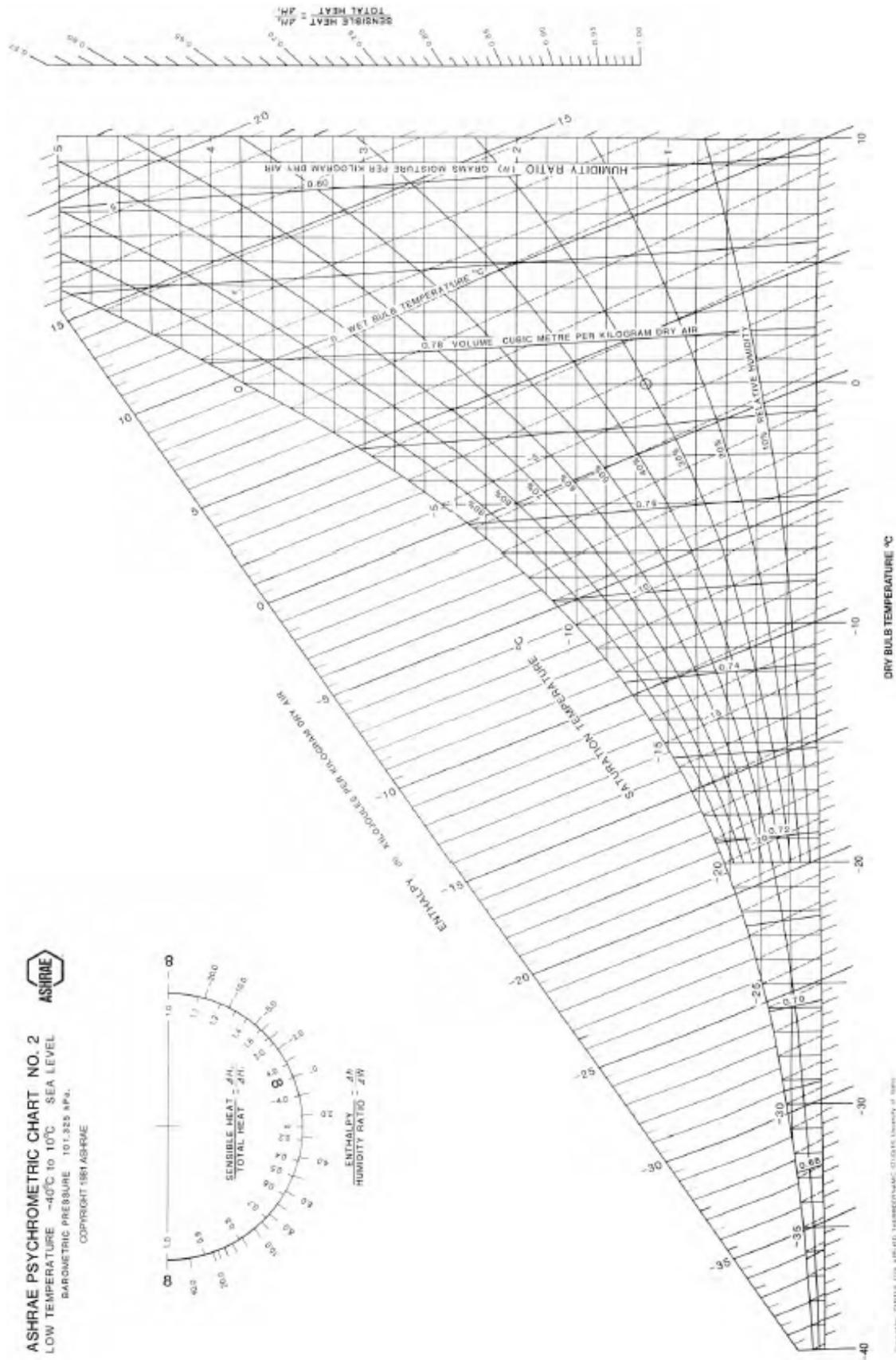


Figura 3. Diagrama psicrométrico para obtención de datos de puntos con temperatura negativa (Fuente: [11]).

Table 4  
Average air changes per 24 hours for storage rooms above 32°F. (0°C.) due to door openings and infiltration.

Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.
200	44.0	2,000	12.0	25,000	3.0
250	38.0	3,000	9.5	30,000	2.7
300	34.5	4,000	8.2	40,000	2.3
400	29.5	5,000	7.2	50,000	2.0
500	26.0	6,000	6.5	75,000	1.6
600	23.0	8,000	5.5	100,000	1.4
800	20.0	10,000	4.9	150,000	1.2
1,000	17.5	15,000	3.9	200,000	1.1
1,500	14.0	20,000	3.5	300,000	1.0

Table 5  
Average air changes per 24 hours for storage rooms below 32°F. (0°C.) due to door openings and infiltration.

Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.	Volume Cu. Ft.	Air Changes Per 24hrs.
200	33.5	2,000	9.3	25,000	2.3
250	29.0	3,000	7.4	30,000	2.1
300	26.2	4,000	6.3	40,000	1.8
400	22.5	5,000	5.6	50,000	1.6
500	20.0	6,000	5.0	75,000	1.3
600	18.0	8,000	4.3	100,000	1.1
800	15.3	10,000	3.8	150,000	1.0
1,000	13.5	15,000	3.0	200,000	0.9
1,500	11.0	20,000	2.6	300,000	0.85

Figura 4. Tablas de valores medios de renovaciones de aire diarias para cámaras por encima y por debajo de 0°C (Fuente: [8]).

Los resultados obtenidos de carga térmica por renovaciones e infiltraciones de aire a cubrir son los siguientes:

Tabla 9. Resultados de cargas térmicas por renovaciones de aire (Fuente: Elaboración propia).

SALA	Nº renovaciones al día	Volumen cámara (m³)	Carga térmica (kW)
Producto recibido	6.5	203.35	0.221
Túnel congelación	11	42.56	0.464
Cámara congelados	7.4	104.65	0.664
Cámara refrigerados	7.2	152.95	0.353
Limpieza	9.5	102.48	0
Troceado	9.5	112	0
Envasado	9.5	120.05	0
Pasillo	4.5	349.9	0.708

#### 5.2.4. Cálculo cargas de luces, personas, motores, descongelación

##### *Cargas generadas por la iluminación del local*

Se considerará que la potencia íntegra de la lámpara se transformará en calor sensible.

En el túnel de congelación se incrementará el valor obtenido en un 25% para tener en cuenta el cebador y el balasto por utilizar iluminación fluorescente [4] que soporta las temperaturas de la cámara.

$$Q = 1.25 * Pot$$

En el resto de salas se utilizará iluminación LED [4].

Tabla 10. Cargas térmicas debidas a iluminación (Fuente: Elaboración propia).

	Nº luminarias	Carga total (W)
Producto recibido	8	128
Túnel congelación	2	290
Cámara congelados	4	64
Cámara refrigerados	6	96
Limpieza	6	96
Troceado	4	64
Envasado	8	128
Pasillo	10	160

**Cargas generadas por personas**

Se tendrá en cuenta en el cálculo del calor sensible y latente emitido por los ocupantes su actividad dentro del local y el número promedio de personas que lo ocupan, considerándose trabajo ligero o pesado en función del local calculado.

$$Q = n * (Q_s + Q_L)$$

Siendo

n: Número promedio estimado de ocupantes del local.

Qs: Calor sensible emitido por ocupante en W.

QL: Calor latente emitido por ocupante en W.

Se han considerado los valores de una actividad de trabajo pesado en las salas para estar del lado de la seguridad en el dimensionamiento.

Tabla 11. Cargas térmicas debidas al personal (Fuente: Elaboración propia).

	Q sensible (W)	Q latente (W)	Nº personas	Carga total (W)
Producto recibido	170	255	0	-
Túnel congelación			0	-
Cámara congelados			0	-
Cámara refrigerados			0	-
Limpieza			4	1700
Troceado			4	1700
Envasado			3	1275
Pasillo			3	1275

**Cargas generadas por las máquinas presentes en el local**

Se considerará que la potencia integra de las máquinas se transformará en calor sensible. En cada una de las salas de trabajo existirá la maquinaria especificada a continuación:

**Sala limpieza:**

- 1 clasificadora de alimentos, con una capacidad de procesado de 2 toneladas de producto cada hora, 2.5 kW [12].
- 1 baño de inmersión para la limpieza general del producto recibido, con una capacidad de hasta 750 kg/h en función del alimento. Consumo 0.75 kW [13].
- 2 cintas transportadoras de 2 m, 1.2 kW [14].

**Sala troceado:**

- 2 cortadoras de 2.2 kW de potencia [13].
- 1 baño de inmersión para la limpieza del producto preparado para envasar, con una capacidad de hasta 750 kg/h en función del alimento. Consumo 0.75 kW [13].
- 1 cinta transportadora central de 6 m, 2 kW [14].

**Sala envasado:**

- 1 envasadora de tamaño máximo envasado 160x400 mm y velocidad de hasta 1 bolsa/s, con un consumo de 4 kW [13].
- 1 cinta transportadora central de 6 m, 2 kW [14].

***Cargas generadas por respiración de vegetales (descongelación)***

La respiración de las frutas y vegetales tiende a incrementar su temperatura superficial durante el almacenamiento, lo que ocasiona una mayor demanda de capacidad de refrigeración para compensar este fenómeno. Tomando los datos obtenidos de la referencia [15, 16] se ha calculado la carga térmica de respiración como:

$$Q = \sum_i m_i * q_i$$

Siendo:

$m_i$ : Masa de cada producto a enfriar en toneladas.

$q_i$ : Calor por respiración por tonelada de producto, en vatios.

Se añade en el túnel de congelación la mayor carga necesaria a 10°C para compensar la carga por respiración de frutas y verduras durante el proceso de congelación, que corresponde a la de los espárragos (0.595 kW).

El almacén de congelados, que como ya se indicó, tiene además capacidad para congelar el género hasta -20°C en 12 horas en caso de inutilización del túnel de

congelación, por lo que se ha sumado por seguridad la carga necesaria para compensar el calor de respiración de los productos a 0°C, lo que aumenta su potencia en 1.22 kW.

Cargas en almacén de producto recibido:

*Tabla 12. Cargas debidas a respiración del género durante el proceso de enfriamiento en el almacén de producto recibido (Fuente: Elaboración propia).*

	Producto	Cantidad (kg)	Calor respiración a 15 °C (W/tonelada)	Carga térmica total (W)
Enfriamiento	Brócoli	340	532	181
	Coliflor	340	242	82
	Espárragos	660	970	640
	Fresas	660	245	162

*Tabla 13. Cargas debidas a respiración del género durante su conservación en el almacén de producto recibido (Fuente: Elaboración propia).*

	Producto	Cantidad (kg)	Calor respiración a 10 °C (W/tonelada)	Carga térmica total (W)
Mantener Temperatura	Brócoli	4316	254	1096
	Coliflor	4316	144	622
	Espárragos	8556	800	6845
	Fresas	9708	147	1427

Cargas en almacén de refrigerados:

*Tabla 14. Cargas debidas a respiración del género durante el proceso de enfriamiento en el almacén de refrigerados (Fuente: Elaboración propia).*

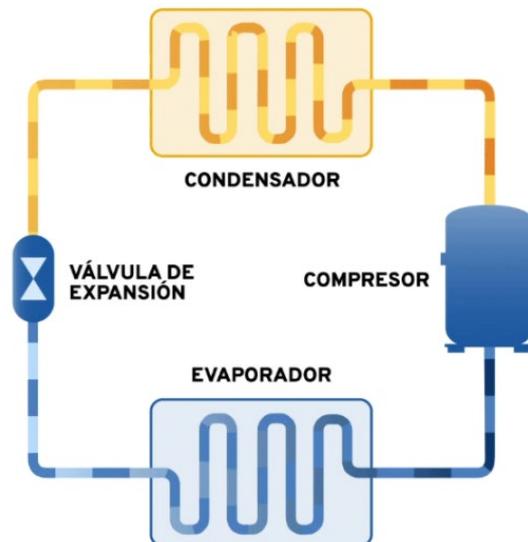
	Producto	Cantidad (kg)	Calor respiración a 10 °C (W/tonelada)	Carga térmica total (W)
Enfriamiento	Brócoli	200	254	51
	Coliflor	200	144	29
	Espárragos	400	800	361
	Fresas	400	147	59

*Tabla 15. Cargas debidas a respiración del género durante su conservación en el almacén de refrigerados (Fuente: Elaboración propia).*

	Producto	Cantidad (kg)	Calor respiración a 5 °C (W/tonelada)	Carga térmica total (W)
Mantener Temperatura	Brócoli	3991	106	423
	Coliflor	3991	81	323
	Espárragos	7895	403	3182
	Fresas	7376	80	590

### 5.3. SELECCIÓN DE EQUIPOS

Los sistemas de refrigeración, como se puede ver en el esquema, están formados principalmente por 4 unidades; el evaporador, el compresor, el condensador y la válvula de expansión.



*Ilustración 4. Esquema de ciclo de refrigeración (Fuente: [17]).*

En el interior del circuito circula el refrigerante, un fluido capaz de evaporarse a baja temperatura en el evaporador para extraer la energía en forma de calor necesaria para enfriar el espacio en el que éste se encuentra. Tras ello, el fluido frigorífico vaporizado es comprimido por el compresor y enviado al condensador, situado en el exterior de la nave y orientado en la cara norte en el caso del proyecto que nos ocupa, donde libera la energía acumulada al pasar de estado vapor a líquido y fluye hacia la válvula de expansión, que disminuye la presión del líquido antes de llegar de nuevo al evaporador, comenzando nuevamente el ciclo.

Las etapas de transformación que sufre el refrigerante se representan en los diagramas de Mollier, en los que se pueden ver los cambios en la presión, temperatura, entropía y entalpía del fluido. En el diagrama mostrado a continuación se reflejan las etapas y cambios de estado citados, así como los puntos de trabajo en un ciclo ideal.

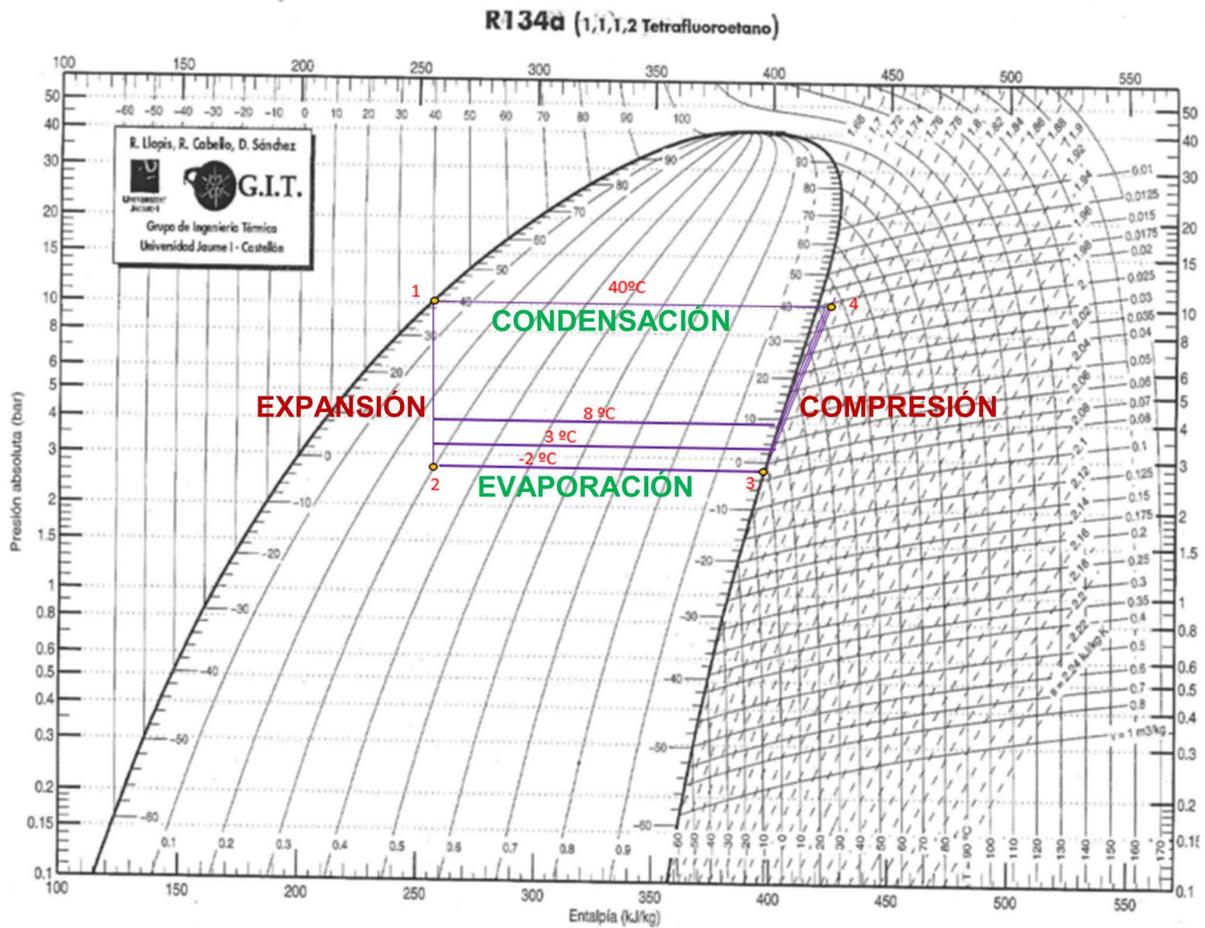


Ilustración 5. Ejemplos de ciclos ideales de la central de Tª positiva (Fuente: [18]).

La planta de procesado contará con dos circuitos de refrigeración independientes, una central frigorífica para las salas que se encuentren a temperaturas por encima de los 0°C y otra para aquellas en que haya producto congelado, es decir, el túnel de congelación y la cámara de producto congelado.

Para cada uno de estos circuitos se partirá de una serie de datos, que serán la carga térmica a cubrir en cada sala, el salto térmico en el evaporador y la temperatura de evaporación del refrigerante en el circuito, así como la temperatura de condensación.

La temperatura de evaporación se determina a partir de la temperatura interior, considerando un salto térmico entre el refrigerante y el aire de la cámara que retorna al evaporador de 7°C para la humedad relativa existente en las cámaras. Así, la expresión utilizada es:

$$T^a_{\text{evaporación}} = T^a_{\text{interior}} - dT^a_{\text{evaporador}}$$

El listado de servicios y sus condicionantes de diseño explicados son los siguientes:

**Servicios de temperatura negativa***Tabla 16. Condicionantes de diseño para los ciclos de temperatura negativa (Fuente: Elaboración propia).*

SERVICIO	T <sup>a</sup> recinto (°C)	Potencia frigorífica (kW)	DT (°C)	T <sup>a</sup> evaporación (°C)
Túnel congelación	- 30	12.9	7	-37
Cámara congelados	- 20	10.6	7	-27

La potencia frigorífica total asciende a 23.5 kW

**Servicios de temperatura positiva***Tabla 17. Condicionantes de diseño para los ciclos de temperatura positiva (Fuente: Elaboración propia).*

SERVICIO	T <sup>a</sup> recinto (°C)	Potencia frigorífica (kW)	DT (°C)	T <sup>a</sup> evaporación (°C)
Almacén prod. recibido	10	15.5	7	3
Cámara refrigerados	5	10.3	7	-2
Troceado	15	7.3	7	8
Limpieza	15	6.7	7	8
Envasado	15	7.8	7	8
Pasillo	15	2.7	7	8

La potencia frigorífica total asciende a 50.3 kW.

En base a las temperaturas de evaporación requeridas en los diferentes servicios, se debe trabajar con las más restrictivas, en este caso -37°C para los servicios negativos y -2 °C para los servicios positivos.

Para el caso de las cámaras cuya temperatura de evaporación recomendada es de 8°C y 3°C (para mantener una adecuada humedad relativa) se instalará una válvula tipo KVP para elevar levemente la temperatura de evaporación respecto a la aspiración de la central frigorífica.

Además, se ubicarán las unidades evaporadoras lo más cerca posible de la sala de máquinas para evitar pérdidas de carga excesivas entre el grupo de compresores y los evaporadores.

Otro parámetro que es necesario establecer para el diseño y cálculo del sistema frigorífico es la temperatura de condensación, para lo que debemos escoger el salto térmico en el condensador, es decir, la diferencia entre la temperatura de condensación y la del fluido refrigerador, en nuestro caso aire, a la entrada del condensador. Estas condiciones de entrada del aire corresponden a las condiciones exteriores de diseño, ya que el condensador estará situado en la fachada norte.

Se elegirán para este proyecto condensadores por aire, también llamados aerocondensadores, cuya temperatura exterior de referencia es la temperatura

seca, y para los cuales se recomienda un salto térmico de condensación de entre 10 y 20°C, que permita una transferencia de calor rápida y unas dimensiones adecuadas del aparato.

$$T^a_{condensación} = T^a_{ambiente} + \text{Salto térmico } (\Delta T^a)$$

Se establece por tanto una temperatura de condensación de 40°C, que respecto a la temperatura exterior seca de 28°C nos proporciona un salto térmico de 12°C.

Es necesario ahora calcular el flujo másico de refrigerante requerido por cada evaporador, para lo cual se establece que la central de frío positivo funcionará con el refrigerante HFC R-134a y la de frío negativo con R-404a.

Partiendo del ciclo de refrigeración ideal para cada uno de los refrigerantes y con los valores de temperatura de evaporación y potencia necesaria en el evaporador, se determina el flujo másico de refrigerante necesario en el sistema mediante la siguiente expresión:

$$\dot{m}_{refrigerante} = \frac{Q_{evaporador}}{\Delta h_{entrada-salida}}$$

Siendo:

$Q_{evaporador}$ : Carga térmica a cubrir en kW.

$\Delta h_{entrada-salida}$ : Variación de entalpía entre la entrada y salida del evaporador en kJ/kg.

Mediante las tablas de propiedades [19] y/o el diagrama de Mollier de cada compuesto se hallan las entalpías del refrigerante a la entrada y salida del evaporador. Se muestran a continuación algunos ejemplos de valores obtenidos.

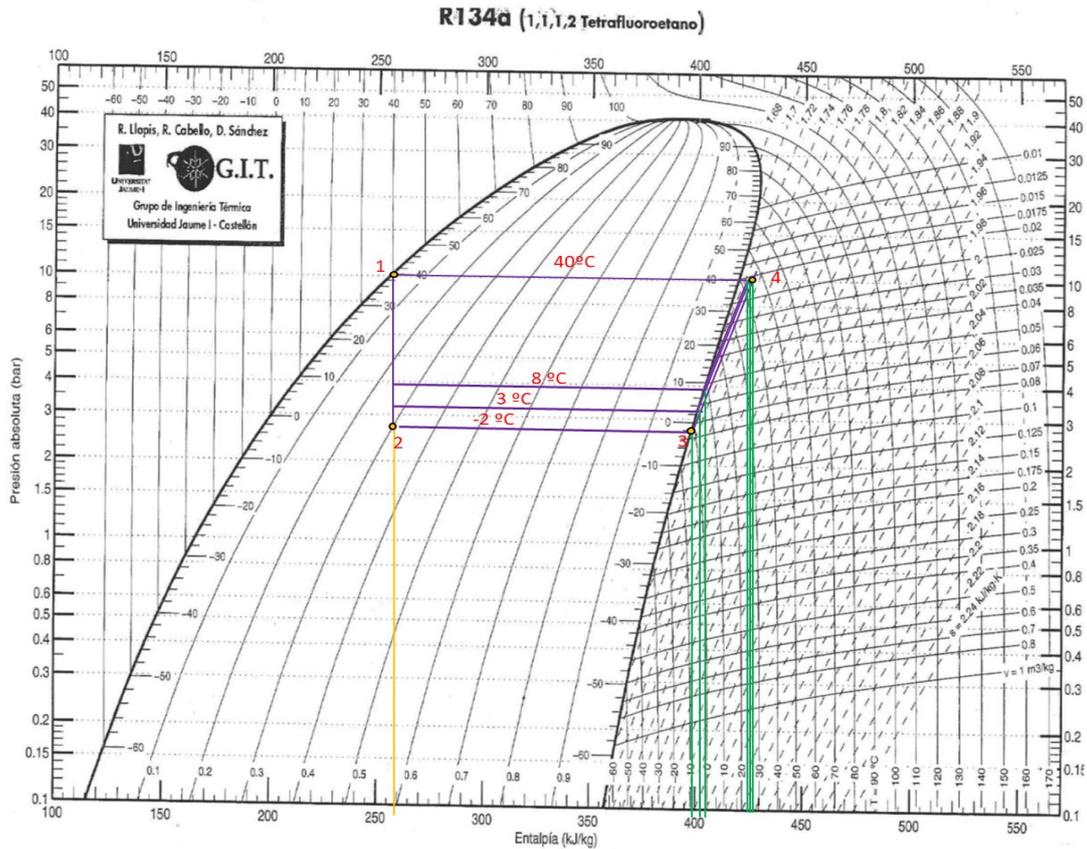


Ilustración 6. Ciclos de refrigeración de la central de temperatura positiva (Fuente: [18]).

### Circuito de frío positivo

Tabla 18. Entalpías y flujos másicos de refrigerante en los tres ciclos de las cámaras de temperatura positiva (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de [19]).

SALA	Entalpía en 1 y 2 (kJ/kg)	Entalpía en 3 (kJ/kg)	Entalpía en 4 (kJ/kg)	$\dot{m}_{refrigerante}$ ( $\frac{kg}{s}$ )
Almacén prod. recibido	108.26	252.19	275.55	0.107
Cámara de refrigerados	108.26	249.28	280	0.0725
Troceado y elaboración	108.26	255.04	274.76	0.0497

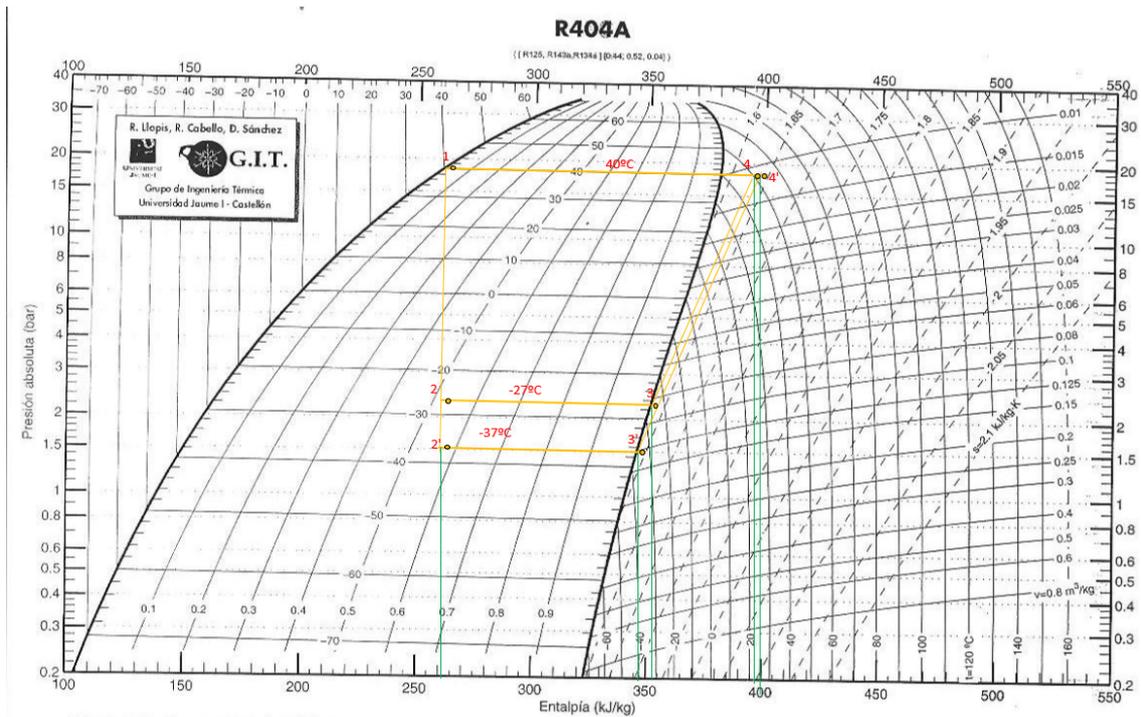


Ilustración 7. Ciclos de refrigeración de la central de temperatura negativa (Fuente: [18]).

**Circuito de frío negativo**

Tabla 19. Entalpías y flujos másicos de refrigerante en las cámaras de temperatura negativa (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de [18]).

SALA	Entalpía en 1 y 2 (kJ/kg)	Entalpía en 3 (kJ/kg)	Entalpía en 4 (kJ/kg)	$\dot{m}_{refrigerante}$ ( $\frac{kg}{s}$ )
Túnel de congelación	257.39	346.5	400	0.144
Cámara de congelados	257.39	352.5	397	0.111

Con estos flujos másicos de refrigerante y los valores de entalpía a la entrada y la salida del compresor ( $h_3$  y  $h_4$ ) y del condensador ( $h_1$  y  $h_4$ ), se calcula la potencia que deben proporcionar cada uno de los compresores y condensadores. Los resultados de estos cálculos para cada cámara se resumen en la siguiente tabla:

*Tabla 20. Potencias de compresores y condensadores en cada cámara (Fuente: Elaboración propia).*

SALA	Potencia del compresor (kW)	Potencia del condensador (kW)
Almacén producto recibido	2.51	17.97
Cámara de refrigerados	2.23	12.45
Troceado y elaboración	0.98	8.26
Sala de limpieza	1.00	7.64
Sala de envasado	1.17	8.91
Pasillo	0.41	3.08
Túnel de congelación	7.71	20.55
Cámara de congelados	4.93	15.47

Estos cálculos corresponden a los valores resultantes de un hipotético ciclo de refrigeración ideal. Sin embargo, en el diseño real se deben tener en cuenta las pérdidas presentes a lo largo de todo el circuito, rendimientos de los evaporadores, compresores, condensadores, pérdidas de presión, etc.

Para ello se ha utilizado el software CoolPack [20], desarrollado por el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Dinamarca, que permite un cálculo más exacto de los parámetros del circuito al tener en cuenta rendimientos, pérdidas de presión, recalentamientos, etc. En el programa se introducen los siguientes datos:

- Tipo y subtipo de ciclo
- Tipo de refrigerante
- Temperatura de evaporación
- Temperatura de condensación
- Potencia de refrigeración
- Tasa de recirculación de refrigerante en el evaporador
- Subenfriamiento
- Recalentamiento no útil

Se ha elegido un ciclo de evaporadores inundados ya que tienen mayor eficiencia de transmisión de calor. En las condiciones del ciclo se ha establecido una tasa de recirculación de refrigerante en el evaporador de 2, es decir, el caudal en el evaporador será 2 veces mayor al requerido. Este procedimiento y el valor de esta tasa es habitual en evaporadores inundados para aumentar la eficiencia en la transmisión de calor [21].

Además, se han elegido unos valores de pérdidas de carga y temperatura de pequeña magnitud debido tanto al tipo de ciclo y equipos como a que el diseño y cálculo del trazado de tubería, así como la escasa longitud del mismo, evitan al máximo estas pérdidas de energía. Los valores de recalentamientos y subenfriamientos también se han considerado de escaso impacto en el ciclo, pero se ha considerado un rendimiento del compresor menor del que proporcionarán los equipos elegidos más adelante.

En las siguientes imágenes se muestran como ejemplo los datos y resultados obtenidos en el análisis del ciclo de refrigeración del almacén de producto refrigerado, en el que se utiliza un ciclo de una etapa.

Datos introducidos:

- Refrigerante: HFC R-134a
- T<sup>a</sup> evaporación: -2°C
- T<sup>a</sup> condensación: 40°C
- Potencia de refrigeración: 10.3 kW
- Tasa de recirculación del refrigerante en el evaporador: 2
- Subenfriamiento y recalentamiento: 0 K

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack\_1.exe 2, Tool\_C2 - [Cycle Specification]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

CYCLE SPECIFICATION			
TEMPERATURE LEVELS	PRESSURE LOSSES	QUALITY OUT OF EVAPORATOR	REFRIGERANT
T <sub>E</sub> [°C]: -2.0	ΔP <sub>SL</sub> [K]: 0.5	n <sub>circ</sub> [-]: 2.00	R134a
T <sub>C</sub> [°C]: 40.0    ΔT <sub>SC</sub> [K]: 1.0	ΔP <sub>DL</sub> [K]: 0.5		
CYCLE CAPACITY			
Cooling capacity $\dot{Q}_E$ [kW]: 10.3	$\dot{Q}_E$ : 10.3 [kW]	$\dot{Q}_C$ : 13.0 [kW]	$\dot{m}$ : 0.073 [kg/s] $\dot{V}_S$ : 19.7 [m <sup>3</sup> /h]
COMPRESSOR PERFORMANCE			
Isentropic efficiency $\eta_{IS}$ [-]: 0.7	$\eta_{IS}$ : 0.700 [-]	$\dot{W}_{CP}$ : 2.9 [kW]	
COMPRESSOR HEAT LOSS			
Heat loss factor $f_G$ [%]: 10	$f_G$ : 10.0 [%]	T <sub>2</sub> : 53.3 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS}$ : 0.29 [kW]
SUCTION LINE			
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]: 0.0	$\dot{Q}_{SL}$ : 12 [W]	T <sub>B</sub> : -2.0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$ : 0.0 [K]

Calculate Print Help Home State Points Auxiliary COP: 3.541 COP\*: 3.545

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack\_1.exe 2. Tool\_C2 - [State Points]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

STATE POINTS					Additional information
STATE POINT	TEMPERATURE [°C]	PRESSURE [kPa]	ENTHALPY [kJ/kg]	DENSITY [kg/m <sup>3</sup> ]	
1	-2.0	267.3	245.6	13.3	Pressure ratio ( $p_2 / p_1$ ) : 3.856
2	53.3	1030.6	281.7	46.9	
3	53.3	1016.9	282.0	46.1	$T_{2,IS}$ : 46.2 [°C] $T_{2,IS}$ is the temperature of the discharge gas assuming reversible and adiabatic compression
4	39.0	1016.9	103.6	1151.7	
5	-2.0	272.3	103.6	----	$T_{2,W}$ : 56.9 [°C] $T_{2,W}$ is the temperature of the discharge gas assuming real and adiabatic compression
6	-2.0	272.3	46.5	1301.8	
7	-2.0	272.3	146.0	----	
8	-2.0	272.3	245.5	13.5	

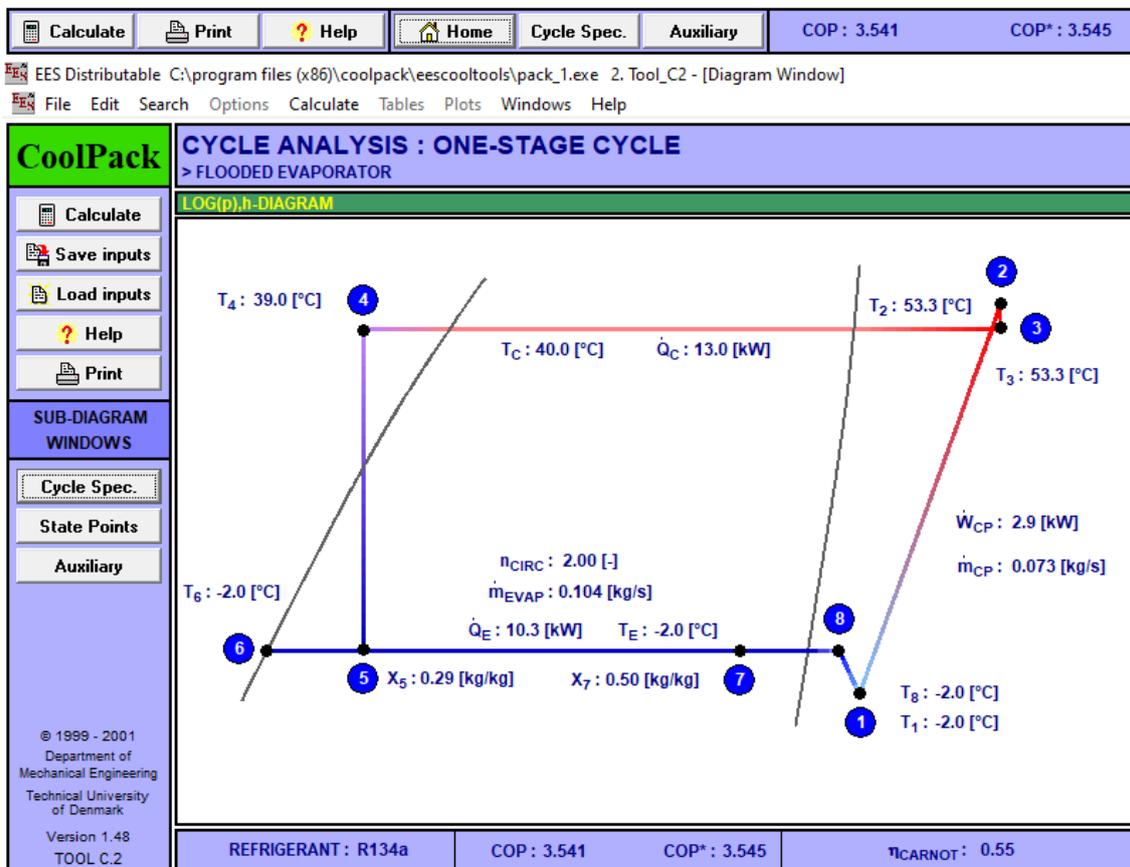


Ilustración 8. Resultados del ciclo de la cámara de refrigerados (Fuente: [20]).

En el diagrama mostrado en la ilustración 8, el punto 4 corresponde al refrigerante en estado de líquido subenfriado, en el punto de entrada a la válvula de expansión. El punto 5 señala la entrada al evaporador de la mezcla líquido-vapor, que pasa por

el evaporador hasta el punto 7. Debido a la tasa de recirculación del evaporador se muestra en el diagrama el punto 6, que representa la fracción de líquido que no sale del evaporador si no que vuelve a recircular por él y sufre el cambio de estado representado por la línea 6 – 8. En este punto 8 se tiene vapor recalentado, y el ciclo avanza hasta el punto 1, correspondiente a la entrada al compresor del vapor recalentado. Se puede observar como los puntos 8 y 1 tienen la misma temperatura, puesto que la imagen es una representación del ciclo genérico, pero no del ciclo de este proyecto, pues analíticamente el programa, siguiendo las condiciones introducidas, no ha considerado ese recalentamiento y caída de presión.

El punto 2 representa el estado del refrigerante al final de la etapa de compresión (1 a 2), y el punto 3 señala el estado a la entrada al condensador, mostrando una pérdida de temperatura genérica pero analíticamente, de nuevo, no considerada por el software.

Se calculan de la misma manera las 7 cámaras restantes, modificando los datos de entrada a los especificados anteriormente (Refrigerante, potencias, temperaturas de evaporación y condensación, etc.) como se recoge en el Anexo I. En las cámaras de la central de temperatura positiva se mantiene el mismo refrigerante, que se modifica al R404a para el cálculo del túnel de congelación y el almacén de congelados.

Los resultados de estas simulaciones se resumen a continuación:

*Tabla 21. Potencias necesarias en los equipos de las instalaciones de refrigeración por cada cámara (Fuente: Elaboración propia).*

SALA	Pot. Evaporador (kW)	Pot. Compresor (kW) ( $\eta_c=0.7$ )	Pot. Condensador (kW)	Flujo másico refrigerante (kg/s)
Almacén producto Recibido	15.5	3.7	18.9	0.107
Cámara de refrigerados	10.3	2.9	13	0.073
Troceado	7.3	1.5	8.6	0.05
Limpieza	6.7	1.3	7.9	0.045
Envasado	7.8	1.6	9.2	0.053
Pasillo	2.7	0.5	3.2	0.018
Túnel de congelación	12.9	10.9	22.7	0.149
Cámara de congelados	10.6	6.9	16.9	0.114

Partiendo de estos datos se describe a continuación el proceso de selección de los aparatos fundamentales de la instalación que se montarán y que constituyen el alcance de este proyecto de ejecución.

### 5.3.1. Selección del evaporador

Para la selección del evaporador, además de los datos ya señalados, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos [21]:

- *Refrigerante y compatibilidad con el material del evaporador.*
- *Potencia frigorífica requerida.*
- *Humedad relativa en la cámara y salto térmico refrigerante – aire.*
- *Tipo de construcción.*

Según el criterio de tipo de construcción los evaporadores se clasifican en los siguientes tipos:

– **Evaporadores cúbicos:** son los más usados en cámaras frigoríficas por su sencillez y efectividad. Se instalarán en el almacén de producto recibido, en el de refrigerados y en el de producto congelado.

– **Evaporadores de techo:** se emplean en salas refrigeradas donde trabaja personal, ya que realizan una distribución de aire a baja velocidad y lanzado paralelamente al techo para evitar molestas corrientes de aire. Se utilizarán por tanto en las salas de limpieza, troceado y envasado.

– **Evaporadores murales:** utilizados en túneles de congelación y enfriamiento, por su gran potencia de ventilación y su óptima distribución del aire. Será el tipo elegido en el túnel de congelación.

- *Separación entre aletas*

Este es un aspecto de suma importancia, ya que los evaporadores que trabajan a temperaturas de evaporación por debajo de 0°C generan escarcha en el evaporador, y el espacio entre aletas puede verse obstruido por el hielo. Es por ello que estos aparatos tendrán la separación mínima entre aletas especificada a continuación en función del tipo de cámara en que se instalen:

- **Cámaras y túneles de congelados:** Separación de aletas entre 8 y 10 mm.
- **Cámaras de refrigerados:** Separación de aletas entre 6 y 8 mm.
- **Salas frías:** Separación de aletas entre 4 y 6 mm.

En la siguiente tabla se resumen algunas de las principales características que deben cumplir los equipos elegidos. Se muestra además la corrección aplicada a la potencia necesaria en los evaporadores para compensar posibles variaciones por suciedad, formación de hielo en las aletas, factores de cambio de refrigerante al especificado en el diseño, etc., para lo que se ha aumentado su potencia necesaria en un 10%.

Tabla 22. Condicionantes de selección de evaporadores de las cámaras (Fuente: Elaboración propia).

SERVICIO	Tipo	Separación aletas (mm)	Potencia requerida (kW)	Superficie de la cámara (m <sup>2</sup> )	DT (K)
Almacén prod. recibido	Cúbico	6-8	17	58.1	7
Cámara refrigerados	Cúbico	6-8	11.33	43.7	7
Troceado	Techo	4-6	8	32	7
Limpieza	Techo	4-6	7.37	29.3	7
Envasado	Techo	4-6	8.58	34.3	7
Pasillo	Techo	4-6	2.97	100	7
Túnel congel.	Mural	8-10	14.2	12.16	7
Almacén congelados	Cúbico	8-10	11.66	29.9	7

Teniendo en cuenta todos los aspectos comentados se eligen los evaporadores que mejor se adapten a las necesidades del proyecto, cuyas principales características [22] se especifican a continuación y se amplían en el Anexo II.

- **Almacén de producto congelado**

Se elegirá un evaporador que proporcione la potencia requerida o un valor superior, en este caso se elige un evaporador de 15.144 kW de potencia de refrigeración, con 8 mm de separación de aletas, 2 ventiladores de 500 mm de diámetro y un caudal de 14830 m<sup>3</sup>/h.

Características

Modelo	Sup. Total m <sup>2</sup>	Ventiladores trifásicos 400 V 50 Hz					Desc. W/ED	Rto. (Wattos) T°evap: -5°C		Rto. (Wattos) T°evap: -25°C
		N.º	Ø	A. Total	m <sup>3</sup> /h	Tipo m		ΔT=7 TC=+2°C	ΔT=8 TC=+3°C	ΔT=7 TC=-18°C
CTE-501 E8	22,27	1	500	1,8	7780	29	5040	6874	8453	5620
CTE-501 A8	33,41	1	500	1,8	7410	28	5040	9080	11544	7679
CTE-501 B8	44,55	1	500	1,8	7110	27	5040	11062	13608	9043
CTE-502 E8	44,55	2	500	3,6	15570	31	10200	13989	17223	11446
<b>CTE-502 A8</b>	<b>66,82</b>	<b>2</b>	<b>500</b>	<b>3,6</b>	<b>14830</b>	<b>30</b>	<b>10200</b>	<b>18518</b>	<b>22790</b>	<b>15144</b>

Ilustración 9. Características del evaporador elegido para el almacén de producto congelado (Fuente: [22]).

- **Túnel de congelación**

En este caso, las potencias indicadas por el fabricante [22] están referidas a un salto térmico en el evaporador de 6°C, por lo que es necesario transformar el valor de potencia requerida en el diseño, a 7°C, a las condiciones proporcionadas, para obtener el valor equivalente que debe cumplir el equipo. Este cambio se realiza de la siguiente manera:

$$Pot_{evaporador}(\Delta T = 6^{\circ}C) = \frac{6^{\circ}C}{7^{\circ}C} * Pot(\Delta T = 7^{\circ}C) = \frac{6}{7} * 14.2 kW = 12.2 kW$$

Se elige un evaporador compuesto por batería y kits de ventilación, de 14.64 kW de potencia de refrigeración, con 10 mm de separación de aletas, 1 ventilador de 630 mm de diámetro y un caudal de 16600 m<sup>3</sup>/h.

**Batería «KSC ... 10» separación de aleta 10 mm**

Modelo	Ventilación			Batería		Desescarche (Wattos)		Rendimiento (Wattos)			
	N.º x	Ø	A c./u.	Caudal m³/h	Tiro m	Sup. m²	Vol. int. dm³	Batería	Bandeja	Tº evaporación -25 ºC ΔT 6 ºC TC = +3 ºC	Tº evaporación -35 ºC ΔT 6 ºC TC = -29 ºC
KSC 6810						83,2	33,90	12400	1900	11780	10980
<b>KSC 8810</b>						<b>110,9</b>	<b>45,20</b>	<b>18100</b>	<b>1900</b>	<b>16700</b>	<b>14640</b>

*Ilustración 10. Características del evaporador elegido para el túnel de congelación (Fuente: [22]).*

**- Sala de limpieza**

En esta elección ocurre lo mismo que en el caso anterior, por lo que de nuevo se transforma el valor de potencia requerido:

$$Pot_{evaporador}(\Delta T = 10^{\circ}C) = \frac{10^{\circ}C}{7^{\circ}C} * Pot(\Delta T = 7^{\circ}C) = \frac{10}{7} * 7.37 kW = 10.6 kW$$

Se instalará un evaporador de 11.825 kW de potencia de refrigeración, con 4 mm de separación de aletas, 3 ventiladores de 315 mm de diámetro y un caudal de 4410 m<sup>3</sup>/h.

**Características**

Alta velocidad de ventilación 1300 r.p.m.

Modelo	Sup. total m²	Ventiladores monof. 230V 50/60 Hz					Desc. W/ED	Rto. (Wattos) Tº evap: 0ºC		Rto. (Wattos) Tº evap: -5ºC	
		N.º	Ø	A Total	m³/h	Tiro m		ΔT= 10 TC=+10 ºC	ΔT= 7 TC=+2 ºC	ΔT= 8 TC=+3 ºC	
GDE311 E4	13,2	1	315	0,5	1470	2x7	1500	3894	2262	2784	
GDE312 E4	26,4	2	315	1	2940	2x8	3000	7932	4607	5671	
<b>GDE313 E4</b>	<b>39,6</b>	<b>3</b>	<b>315</b>	<b>1,5</b>	<b>4410</b>	<b>2x9</b>	<b>4500</b>	<b>11825</b>	<b>6869</b>	<b>8466</b>	
GDE314 E4	52,8	4	315	2	5880	2x10	6000	15718	9131	11240	
GDE315 E4	66	5	315	2,5	7350	2x12	7500	19179	11142	13714	
GDE316 E4	79,2	6	315	3	8820	2x14	8550	22928	13319	16395	

*Ilustración 11. Características del evaporador elegido para la sala de limpieza (Fuente: [22]).*

**- Pasillo**

Se instalarán dos evaporadores de 2.71 kW de potencia de refrigeración, con 5 mm de separación de aletas, 2 ventiladores de 250 mm de diámetro y un caudal de 1550 m<sup>3</sup>/h cada uno.

Estarán distribuidos por el pasillo de manera que aseguren una distribución del aire óptima y un rápido acondicionamiento de la temperatura de la estancia,

proporcionando además un entorno adecuado tanto para la conservación del producto como para el trabajo de los empleados.

**Características**

Modelo	Sup. Total m <sup>2</sup>	Ventil. monof. 230 V 50/60 Hz						Rto. (Wattios) T° evap: -5°C	
		N.º	Ø	A Total	m <sup>3</sup> /h	Tiro m	Desc. WED	ΔT= 7 TC=+2°C	ΔT= 8 TC=+3°C
GLE 21 EM5	24,4	2	250	1,36	1500	2×5	2550	2710	3200
GLE 22 EM5	36,6	2	250	1,36	1550	2×5	3300	3000	3530
GLE 23 EM5	48,8	2	250	1,36	1550	2×5	4200	3280	3860
GLE 34 EM5	61,1	2	315	0,97	3470	2×6	6000	6270	7400
GLE 34 FM5	76,3	2	315	0,97	3350	2×6	6000	6920	8170

TC= Temperatura interior de la cámara, ΔT=TC -T° evaporación (punto medio).  
 Limite de aplicación temperatura de la cámara ≥ -5 °C.  
 Rendimientos indicados con R-448A.

*Ilustración 12. Características de los evaporadores elegidos para el pasillo (Fuente: [22]).*

**- Sala de envasado y sala de troceado**

Se hace de nuevo la transformación del valor de potencia requerida:

$$Pot_{evaporador}(\Delta T = 10^{\circ}C) = \frac{10^{\circ}C}{7^{\circ}C} * Pot(\Delta T = 7^{\circ}C) = \frac{10}{7} * 8 kW = 11.5 kW$$

$$Pot_{evaporador}(\Delta T = 10^{\circ}C) = \frac{10^{\circ}C}{7^{\circ}C} * Pot(\Delta T = 7^{\circ}C) = \frac{10}{7} * 8.58 kW = 12.26 kW$$

Se instalará en ambas salas un evaporador de 13.411 kW de potencia de refrigeración, con 4 mm de separación de aletas, 2 ventiladores de 350 mm de diámetro y un caudal de 4460 m<sup>3</sup>/h.

**Características**

Alta velocidad de ventilación 1300 r.p.m.

Modelo	Sup. total m <sup>2</sup>	Ventiladores monof. 230 V 50/60 Hz						Rto. (Wattios) T° evap: 0°C		Rto. (Wattios) T° evap: -5°C	
		N.º	Ø	A Total	m <sup>3</sup> /h	Tiro m	Desc. WED	ΔT= 10 TC=+10°C	ΔT= 7 TC=+2°C	ΔT= 8 TC=+3°C	
GDE 361 A4	23,8	1	350	0,8	2230	2x12	2500	6633	3864	4743	
GDE 362 A4	47,6	2	350	1,6	4460	2x13	4500	13411	7791	9589	
GDE 363 A4	71,4	3	350	2,4	6690	2x15	7000	20333	11812	14639	
GDE 364 A4	95,2	4	350	3,2	8920	2x16	9000	26634	15414	18973	
GDE 365 F4	95,2	5	350	4	11750	2x17	11000	32660	18993	23303	

*Ilustración 13. Características de los evaporadores elegidos para la sala de envasado y la sala de troceado (Fuente: [22]).*

- **Almacén de producto recibido**

Se instalará un evaporador de 18.52 kW de potencia de refrigeración, con 8 mm de separación de aletas, 2 ventiladores de 500 mm de diámetro y un caudal de 14830 m<sup>3</sup>/h.

**Características**

Modelo	Sup. Total m <sup>2</sup>	Ventiladores trifásicos 400 V 50 Hz						Rto. (Wattios) T° evap: -5°C		Rto. (Wattios) T° evap: -25°C
		N.º	Ø	A Total	m <sup>3</sup> /h	Tiro m	Desc. W/ED	ΔT=7 TC=+2 °C	ΔT=8 TC=+3 °C	ΔT=7 TC=-18 °C
CTE-501 E8	22,27	1	500	1,8	7780	29	5040	6874	8453	5620
CTE-501 A8	33,41	1	500	1,8	7410	28	5040	9380	11644	7679
CTE-501 B8	44,66	1	500	1,8	7110	27	5040	11062	13608	9043
CTE-502 E8	44,66	2	500	3,6	16670	31	10200	13989	17223	11446
<b>CTE-502 A8</b>	<b>66,82</b>	<b>2</b>	<b>500</b>	<b>3,6</b>	<b>14830</b>	<b>30</b>	<b>10200</b>	<b>18518</b>	22790	15144

*Ilustración 14. Características del evaporador elegido para el almacén de producto recibido (Fuente: [22]).*

- **Almacén de refrigerados**

Se instalará un evaporador de 11.644 kW de potencia de refrigeración, con 6 mm de separación de aletas, 1 ventilador de 500 mm de diámetro y un caudal de 6750 m<sup>3</sup>/h.

**Características**

Modelo	Sup. Total m <sup>2</sup>	Ventiladores III/400 V/50 Hz						Rto. (Wattios) T° evap: -5°C		Rto. (Wattios) T° evap: -25°C
		N.º	Ø	A Total	m <sup>3</sup> /h	Tiro m	Desc. W/ED	ΔT=7 TC=+2 °C	ΔT=8 TC=+3 °C	ΔT=7 TC=-18 °C
CTE-501 E6	28,27	1	500	1,8	7620	28	5040	7876	9695	6444
CTE-501 A6	43,41	1	500	1,8	7120	27	5040	10391	12786	8503
<b>CTE-501 B6</b>	<b>57,56</b>	<b>1</b>	<b>500</b>	<b>1,8</b>	<b>6750</b>	<b>26</b>	<b>5040</b>	<b>11644</b>	14337	9524

*Ilustración 15. Características del evaporador elegido para el almacén de refrigerados (Fuente: [22]).*

Todos los evaporadores de ambas centrales frigoríficas cuentan con un sistema de desescarche eléctrico.

### 5.3.2. Selección del compresor

Para elegir los compresores de la central frigorífica primeramente es necesario realizar una tabla de etapas de demanda frigorífica para cada colector de aspiración. En ella se combinan los requerimientos de potencia de los diferentes servicios para crear todas las posibilidades de demanda en orden ascendente.

*Tabla 23. Etapas de demanda y potencia de cada cámara (Fuente: Elaboración propia).*

Etapas demanda	Pot. Frigorífica (kW)	Servicios
1 <sup>a</sup>	2.7	Pasillo
2 <sup>a</sup>	6.7	Sala limpieza
3 <sup>a</sup>	7.3	Sala troceado
4 <sup>a</sup>	7.8	Sala envasado
5 <sup>a</sup>	10.3	Almacén refrigerados
6 <sup>a</sup>	15.5	Almacén producto recibido

Por otra parte, cuando existen varios servicios, puesto que no todos van a demandar frío de la central frigorífica al mismo tiempo, es posible aplicar un coeficiente de simultaneidad para seleccionar una potencia de compresión ligeramente inferior a la potencia máxima. Los coeficientes más habituales para este propósito son los siguientes:

*Tabla 24. Coeficientes de simultaneidad a considerar en función del número de servicios de la instalación (Fuente: [21]).*

Nº servicios	Coef. Simultaneidad	Nº servicios	Coef. Simultaneidad
1	1,00	11	0,84
2	1,00	12	0,83
3	1,00	13	0,82
4	0,95	14	0,81
5	0,92	15	0,79
6	0,90	16	0,78
7	0,89	17	0,77
8	0,88	18	0,76
9	0,87	19	0,75
10	0,85	20	0,74

**Servicios de temperatura positiva**

Aplicando los coeficientes de simultaneidad, las etapas de demanda quedarían de la siguiente forma:

*Tabla 25. Potencias efectivas para selección de compresores de la instalación de temperatura positiva (Fuente: Elaboración propia).*

Etapas demanda	Pot. Frigorífica (kW)	Coef. simultaneidad	Pot. Frigorífica simultánea (kW)	Servicios activos
1ª	2.7	1	2.7	Pasillo
2ª	6.7	1	9.4	Sala limpieza
3ª	7.3	1	16.7	Sala troceado
4ª	7.8	0.95	24.11	Sala envasado
5ª	10.3	0.92	33.59	Almacén refrigerados
6ª	15.5	0.9	47.54	Almacén producto recibido

Para la elección del compresor se ha recurrido a un software desarrollado por un reconocido fabricante, ya que permite una selección precisa en función de una serie de parámetros requeridos.

Las condiciones de funcionamiento que se han tomado para la selección serán las siguientes:

Tipo de compresor: semihermético alternativo

- Tª evaporación: -2°C
- Tª condensación: 40°C
- Tª del líquido después del condensador: 40°C
- Recalentamiento del gas: 5 K (El programa exige un mínimo de 5K)
- Refrigerante: R-134a

El software del fabricante muestra una serie de equipos que cumplen con las especificaciones necesarias, de entre los cuales se han elegido los que se muestran a continuación:

Se elegirá un compresor con una capacidad en el evaporador de 25.9 kW, que alimente las 4 primeras etapas y cubra los 24.11 kW requeridos.

The screenshot displays a software interface for selecting a compressor. On the left, various parameters are set, including refrigerant (R134a), mode (Refrigeración y Aire acondicionado), and operating conditions (evaporation at -2°C, condensation at 40°C). A table compares two compressor models: 4PES-10Y-40P and 4NES-12Y-40P. The 4NES-12Y-40P model is highlighted with a purple box. To the right, a schematic diagram shows a refrigeration cycle with temperature points: 40.0°C at the evaporator inlet, 40.0°C at the evaporator outlet, -2.0°C at the evaporator inlet, and 60.2°C at the condenser outlet. Below the table, a note states: "según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)".

Compressor	4PES-10Y-40P	4NES-12Y-40P
Escalones de capacidad	100%	100%
Potencia frigorífica	21,9 kW	25,9 kW
Potencia frigorífica *	22,4 kW	26,5 kW
Potencia en el evap.	21,9 kW	25,9 kW
Potencia absorbida	6,14 kW	7,30 kW
Corriente (400V)	11,68 A	13,37 A
Gama de tensiones	380-420V	380-420V
Capacidad del condensador	28,1 kW	33,2 kW
COP/EER	3,57	3,55
COP/EER *	3,64	3,63
Caudal másico	545 kg/h	645 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	60,2 °C	60,4 °C

Ilustración 16. Condiciones de diseño y compresor elegido para las 4 primeras etapas de la central de temperatura positiva (Fuente: [23]).

Las dos siguientes etapas se cubren con 2 compresores, un modelo que proporcione 15.86 kW de capacidad frigorífica en el evaporador para la etapa de 15.5 kW, y otro de 12.07 kW de potencia en evaporador, para cubrir la etapa de 10.3 kW.

**Mostrar Información general**

40,0°C

40,0°C

4EES-4Y

Resultado	Límites	Datos técnicos	Dimensiones	Información
*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)				
Compresor	4EES-4Y-40S	4DES-5Y-40S		
Escalones de capacidad	100%	100%		
Potencia frigorífica	10,26 kW	12,07 kW		
Potencia frigorífica *	10,48 kW	12,33 kW		
Potencia en el evap.	10,26 kW	12,07 kW		
Potencia absorbida	3,07 kW	3,60 kW		
Corriente (400V)	5,71 A	7,04 A		
Gama de tensiones	380-420V	380-420V		
Capacidad del condensador	13,33 kW	15,67 kW		
COP/EER	3,34	3,35		
COP/EER *	3,41	3,42		
Caudal másico	255 kg/h	300 kg/h		
Modo de funcionamiento	Estándar	Estándar		
Temp. Gas de descarga no enfriado	62,8 °C	62,6 °C		

Ilustración 17. Condiciones de diseño y compresor elegido para la 5ª etapa de la central de temperatura positiva (Fuente: [23]).

**Mostrar Información general**

40,0°C

40,0°C

4CES-6Y

Resultado	Límites	Datos técnicos	Dimensiones	Información
*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)				
Compresor	4CES-6Y-40S	4VES-6Y-40P		
Escalones de capacidad	100%	100%		
Potencia frigorífica	14,85 kW	15,86 kW		
Potencia frigorífica *	15,18 kW	16,20 kW		
Potencia en el evap.	14,85 kW	15,86 kW		
Potencia absorbida	4,41 kW	4,53 kW		
Corriente (400V)	8,81 A	8,42 A		
Gama de tensiones	380-420V	380-420V		
Capacidad del condensador	19,26 kW	20,4 kW		
COP/EER	3,37	3,50		
COP/EER *	3,44	3,57		
Caudal másico	370 kg/h	395 kg/h		
Modo de funcionamiento	Estándar	Estándar		
Temp. Gas de descarga no enfriado	62,4 °C	60,9 °C		

Ilustración 18. Condiciones de diseño y compresor elegido para la 6ª etapa de la central de temperatura positiva (Fuente: [23]).

Algunos fabricantes, entre ellos esta empresa de reconocido prestigio, han desarrollado un sistema de parcialización de la potencia del compresor de manera continua, entre un 10% y un 100%, gracias a este sistema de solenoides CRII, que ajustan la potencia efectiva de cada culata del compresor. Esto representa una gran mejora respecto a los modelos antiguos, pues permite una regulación mucho más flexible y adaptada a las necesidades reales de la instalación.

En base a esto, el compresor que da servicio a las 4 primeras etapas dispondrá del sistema de regulación CRII para cubrir los escalones de potencia demandados por los diferentes evaporadores.

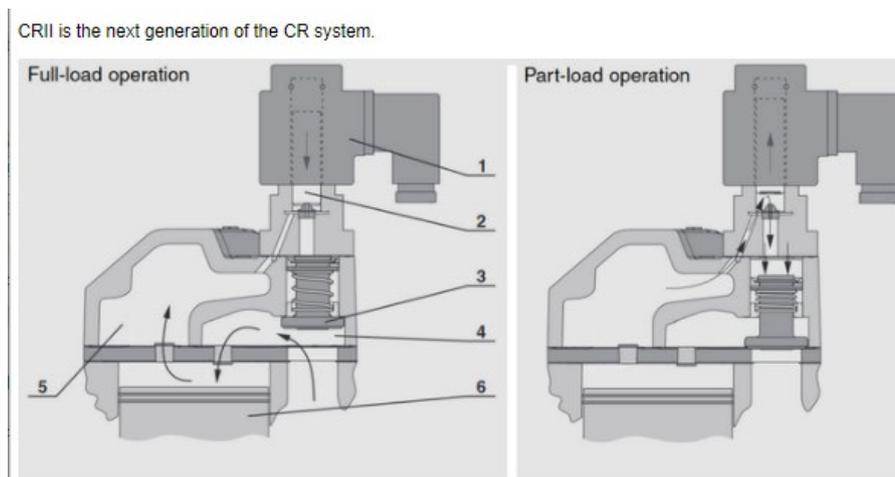


Ilustración 19. Esquema de funcionamiento del sistema CRII proporcionado por el fabricante (Fuente: [23]).

### **Servicios de temperatura negativa**

En este caso, al ser únicamente dos servicios, el coeficiente de simultaneidad sería la unidad, por lo que no hay que realizar modificaciones en la potencia frigorífica efectiva.

Tabla 26. Condiciones para selección de compresores de la instalación de temperatura negativa (Fuente: Elaboración propia).

Servicios activos	Túnel congelación	Cámara de producto congelado
Pot. evaporador (kW)	12.9	10.6
Pot. condensador (kW)	22.7	16.9
Pot. compresor (kW)	10.9	6.9
Flujo refrigerante (kg/s)	0.149	0.114

De nuevo mediante el software indicado se eligieron los compresores en base a las siguientes condiciones de funcionamiento:

- T<sup>a</sup> evaporación: -37°C
- T<sup>a</sup> condensación: 40°C
- Recalentamiento del gas: 5 K (El programa exige un mínimo de 5K)
- Refrigerante: R-404a

Compressor	4FE-28Y-40P	6HE-28Y-40P
Escalones de capacidad	100%	100%
Potencia frigorífica	12.94 kW	13.28 kW
Potencia frigorífica *	16.43 kW	16.85 kW
Potencia en el evap.	12.94 kW	13.28 kW
Potencia absorbida	11.55 kW	11.82 kW
Corriente (400V)	24.6 A	24.9 A
Gama de tensiones	380-420V	380-420V
Capacidad del condensador	24.5 kW	25.1 kW
COP/EER	1.12	1.12
COP/EER *	1.42	1.43
Caudal másico	520 kg/h	534 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	78.8 °C	78.6 °C

Ilustración 20. Condiciones de diseño y compresor elegido para el túnel de congelación (Fuente: [23]).

Se elige para esta cámara un modelo que proporcione 13.28 kW de potencia de refrigeración en el evaporador. El flujo másico del compresor tiene un límite operacional levemente por debajo del calculado, pero al realizar los cálculos con margen se mantiene la elección del mismo.

**Mostrar Información general**

Compresores de Pistones Semi-herméticos

Modo: Refrigeración y Aire acon

Refrigerante: R404A

Temperatura de referencia: Temp. en el punto de rocío

Tipo de compresor: Compresor sólo

Serie: Estándar

Versión del motor: todo

Selección del compresor

Potencia frigorífica: 10,6 kW

Modelo de compresor

Incluir modelos anteriores

Punto de funcionamiento

Temp. de evaporación: -37 °C

Temp. de condensación: 40 °C

Condiciones de funcionamiento

Temp. del líquido (despu): 39,6 °C

Recalentamiento de gas: 5 K

Recalentamiento útil: 100 %

Modo de funcionamiento: Auto

Regulación de capacidad

sin

Variador de frecuencia

Resultado | Límites | Datos técnicos | Dimensiones | Información | Documentación | Formaciones

Enfriamiento adicional / limitaciones (ver límites)  
\*según EN12900 (temperatura de gas aspirado 20°C, sin subenfriamiento del líquido)

Compressor	4HE-18Y-40P	4GE-23Y-40P
Escalones de capacidad	100%	100%
Potencia frigorífica	8,99 kW	10,82 kW
Potencia frigorífica *	11,41 kW	13,74 kW
Potencia en el evap.	8,99 kW	10,82 kW
Potencia absorbida	8,13 kW	9,66 kW
Corriente (400V)	16,23 A	18,06 A
Gama de tensiones	380-420V	380-420V
Capacidad del condensador	17,12 kW	20,5 kW
COP/EER	1,11	1,12
COP/EER *	1,40	1,42
Caudal másico	362 kg/h	435 kg/h
Modo de funcionamiento	Estándar	Estándar
Temp. Gas de descarga no enfriado	79,7 °C	78,8 °C

Ilustración 21. Condiciones de diseño y compresor elegido para la cámara de producto congelado (Fuente: [23]).

En la cámara de producto congelado se elegirá un modelo que permita generar 10.82 kW de potencia en el evaporador.

### 5.3.3. Selección del condensador

Como ya se explicó anteriormente, se utilizarán en este proyecto aerocondensadores o condensadores por aire, puesto que para los rangos de potencia de las centrales de refrigeración que se instalarán en la industria, menores de 350-400 kW, y para ambientes de alta humedad como es el exterior de la zona, se recomienda este tipo de aparatos.

#### Circuito de Temperatura Positiva

Con la suma de potencias de los evaporadores del circuito de temperatura positiva, que asciende a un valor de 50.3 kW, se calcula la potencia necesaria en el condensador para todo el circuito, utilizando de nuevo el software Coolpack [20] con las especificaciones del ciclo ya mencionadas:

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack\_1.exe 2. Tool\_C2 - [Cycle Specification]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

CYCLE SPECIFICATION			
TEMPERATURE LEVELS	PRESSURE LOSSES	QUALITY OUT OF EVAPORATOR	REFRIGERANT
$T_E$ [°C]: -2.0	$\Delta p_{SL}$ [K]: 0.5	$p_{ClRC}$ [-]: 2.00	R134a
$T_C$ [°C]: 40.0 $\Delta T_{SC}$ [K]: 1.0	$\Delta p_{DL}$ [K]: 0.5		
CYCLE CAPACITY			
Cooling capacity $\dot{Q}_E$ [kW]: 50.3	$\dot{Q}_E$ : 50.3 [kW]	$\dot{Q}_C$ : 63.2 [kW]	$\dot{m}$ : 0.355 [kg/s] $\dot{V}_S$ : 96.3 [m <sup>3</sup> /h]
COMPRESSOR PERFORMANCE			
Isentropic efficiency $\eta_{is}$ [-]: 0.7	$\eta_{is}$ : 0.700 [-]	$\dot{W}_{CP}$ : 14.2 [kW]	
COMPRESSOR HEAT LOSS			
Heat loss factor $f_Q$ [%]: 10	$f_Q$ : 10.0 [%]	$T_2$ : 53.3 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS}$ : 1.42 [kW]
SUCTION LINE			
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]: 0.0	$\dot{Q}_{SL}$ : 57 [W]	$T_8$ : -2.0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$ : 0.0 [K]

Calculate Print Help Home State Points Auxiliary COP: 3.541 COP\*: 3.545

Ilustración 22. Potencias del ciclo completo de la instalación de temperatura positiva (Fuente: [20]).

Obtenemos por tanto una potencia total del condensador de 63.2 kW. A este valor se le aplica además un incremento del 15% por factores de seguridad y ensuciamiento, lo que genera un valor final de 72.7 kW.

Sin embargo, al igual que ocurría en la elección de ciertos evaporadores, en el catálogo del fabricante [22] los datos de potencias de condensación están calculados en base a un salto térmico en el condensador de 15°C. Puesto que en el caso de este proyecto el salto térmico es de 12°C (de 28°C de temperatura media

exterior a 40°C de temperatura de condensación), se debe adaptar esta potencia necesaria a la que se requeriría con ese salto del catálogo.

Se hace la transformación necesaria mediante la siguiente expresión:

$$Pot_{condensador}(\Delta T = 15^{\circ}C) = \frac{15^{\circ}C}{12^{\circ}C} * Pot(\Delta T = 12^{\circ}C) = \frac{15}{12} * 72.7 kW = 90.9 kW$$

Con este valor requerido, se elige colocar en la fachada exterior norte dos condensadores de 54.56 kW de potencia, con 2 ventiladores trifásicos de 560mm de diámetro, 1300 W de potencia cada uno y con un caudal conjunto de 17 000 m³/h, características que se muestran en la siguiente imagen de catálogo.

«UPH y KCE...» con ventiladores trifásicos

Dimensiones en mm					Vol. inter. dm³	Ventiladores (1)					Rendimientos (Wattios) ΔT=15 °C
Ancho	Fondo	Alto	Peso Kg	Sup. m²		N.º	Pot. W/u.	Hélice Ø	Total Caudal m³/h	dB a 10 m	
762	300	360	21	14,8	1,19	2	87	300	2500	42	6870
950	250	460	27	13,6	1,27	2	139	350	5810	46	9010
950	300	460	31	24	1,91	2	139	350	5450	46	11990
1300	395	610	55	29,6	1,45	2	495	450	11650	49	15850
1300	445	610	60	37,7	2,91	2	495	450	10800	49	22110
1300	445	610	63	44,4	3,49	2	495	450	10800	49	25410
1410	455	800	92	85,9	5,89	2	765	500	13800	49	36080
1360	445	1260	136	96,2	7,6	4	495	450	22300	52	52580
1560	535	1110	134	130	10,2	2	1300	560	17000	57	54560

Ilustración 23. Características de los condensadores elegidos para la central de temperatura positiva (Fuente: [22]).

Circuito de Temperatura Negativa

Siguiendo el mismo método de elección, se calcula la potencia en el condensador para todo el circuito, que deberá alimentar una potencia en evaporadores de 23.5 kW. Con las especificaciones de este ciclo de congelación, se obtienen los datos que se muestran:

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack\_1.exe 2. Tool\_C2 - [Cycle Specification]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

CYCLE SPECIFICATION			
TEMPERATURE LEVELS	PRESSURE LOSSES	QUALITY OUT OF EVAPORATOR	REFRIGERANT
T <sub>E</sub> [°C]: <input type="text" value="-37.0"/>	Δp <sub>SL</sub> [K]: <input type="text" value="0.5"/>	n <sub>CRIC</sub> [-]: <input type="text" value="2.00"/>	R404A
T <sub>C</sub> [°C]: <input type="text" value="40.0"/> ΔT <sub>SC</sub> [K]: <input type="text" value="1.0"/>	Δp <sub>DL</sub> [K]: <input type="text" value="0.5"/>		
CYCLE CAPACITY			
Cooling capacity Q̇ <sub>E</sub> [kW]: <input type="text" value="23.5"/>	Q̇ <sub>E</sub> : 23.5 [kW]	Q̇ <sub>C</sub> : 41.4 [kW]	ṁ: 0.271 [kg/s] V̇ <sub>S</sub> : 124.7 [m <sup>3</sup> /h]
COMPRESSOR PERFORMANCE			
Isentropic efficiency η <sub>IS</sub> [-]: <input type="text" value="0.7"/>	η <sub>IS</sub> : 0.700 [-]	Ẇ <sub>CP</sub> : 19.8 [kW]	
COMPRESSOR HEAT LOSS			
Heat loss factor f <sub>Q</sub> [%]: <input type="text" value="10"/>	f <sub>Q</sub> : 10.0 [%]	T <sub>2</sub> : 63.9 [°C]	Q̇ <sub>LOSS</sub> : 1.98 [kW]
SUCTION LINE			
Unuseful superheat ΔT <sub>SH,SL</sub> [K]: <input type="text" value="0.0"/>	Q̇ <sub>SL</sub> : 27 [W]	T <sub>8</sub> : -37.0 [°C]	ΔT <sub>SH,SL</sub> : 0.0 [K]

Calculate	Print	Help	Home	State Points	Auxiliary	COP: 1.188	COP*: 1.189
-----------	-------	------	------	--------------	-----------	------------	-------------

Ilustración 24. Potencias del ciclo completo de la instalación de temperatura negativa (Fuente: [20]).

Obtenemos por tanto una potencia total del condensador de 41.4 kW. A este valor se le aplica también el incremento del 15% por factores de seguridad y ensuciamiento, lo que genera un valor final de 47.61 kW.

También es necesario en este caso adaptar el valor de potencia requerida al proporcionado por el catálogo en función del salto térmico, que en este caso proporciona un valor de:

$$Pot_{condensador}(\Delta T = 15^{\circ}C) = \frac{15^{\circ}C}{12^{\circ}C} * Pot(\Delta T = 12^{\circ}C) = \frac{15}{12} * 47.61 kW = 59.6 kW$$

El condensador elegido para este circuito contará con una potencia de 72.6 kW, con 2 ventiladores de 630mm de diámetro y una potencia individual de 1850 W, con un caudal conjunto de 28 010 m<sup>3</sup>/h, como se refleja en la siguiente imagen de catálogo.

«UPH y KCE...» con ventiladores trifásicos

Dimensiones en mm					Vol. inter. dm <sup>3</sup>	Ventiladores (1)					Rendimientos (Wattios) ΔT=15 °C
Ancho	Fondo	Alto	Peso Kg	Sup. m <sup>2</sup>		N.º	Pot. W/u.	Hélice Ø	Total Caudal m <sup>3</sup> /h	dB a 10 m	
762	300	360	21	14,8	1,19	2	87	300	2500	42	6870
960	250	460	27	13,6	1,27	2	139	350	5810	46	9010
960	300	460	31	24	1,91	2	139	350	5450	46	11990
1300	395	610	55	29,6	1,45	2	495	450	11650	49	15850
1300	445	610	60	37,7	2,91	2	495	450	10800	49	22110
1300	445	610	63	44,4	3,49	2	495	450	10800	49	25410
1410	455	800	92	85,9	5,89	2	765	500	13800	49	36080
1360	445	1260	136	96,2	7,6	4	495	450	22300	52	52580
1560	535	1110	134	130	10,2	2	1300	560	17000	57	54560
1640	535	1110	175	137	10,7	2	1850	630	28010	56	72600

Ilustración 25. Características des condensador elegido para la central de temperatura negativa (Fuente: [22]).

5.3.4. Selección de tuberías

Una vez definidos los equipos elegidos y la ubicación de los mismos en la planta, se puede proceder al trazado y dimensionamiento de las tuberías frigoríficas que interconectarán los elementos de la instalación. Para ello se tendrán en cuenta una serie de factores, en concreto la minimización de las pérdidas de carga, el adecuado retorno del aceite al compresor y la alimentación de líquido en el dispositivo de expansión, además de la minimización de los costes del proyecto.

En el plano en planta de la industria se define en primer lugar el trazado de las tuberías desde la central frigorífica hasta los evaporadores de las cámaras a refrigerar, como se puede ver en el Plano N° 3. La longitud de los tramos de tubería se ha diseñado de manera que sean lo más cortos posible para reducir las citadas pérdidas de carga y facilitar el retorno de aceite. Se detallan a continuación la longitud y potencia frigorífica transportada por cada tramo de tubería, que se ha obtenido como la suma de la potencia requerida por cada una de las unidades evaporadoras alimentadas por esa línea multiplicada por un coeficiente de simultaneidad obtenido de [21], distinto de la unidad cuando se alimenta a más de 3 evaporadores:

Red de tuberías de la central de temperatura positiva:

Tabla 27. Longitud y potencia transportada por cada tramo de tubería (Fuente: [Elaboración propia]).

Tramo	Longitud (m)	Coef. simultaneidad	Potencia frigorífica (kW)
L1	0.93	0.89	44.77
L2	8.28	1	19.45
L3	2.12	1	7.8
L4	3.34	1	11.65
L5	9.62	1	10.3
P1	4.51	0.95	29.31
P2	7.28	1	23.55
P3	3.75	1	8.05
P4	1.28	1	1.35
P5	6.17	1	6.7

Red de tuberías de la central de temperatura negativa:

Tabla 28. Longitud y potencia transportada por cada tramo de tubería (Fuente: [Elaboración propia]).

Tramo	Longitud (m)	Potencia frigorífica (kW)
N1	6.5	23.5
N2	2.29	12.9
N3	6.4	10.6

Con estos datos de partida, se ha utilizado el software "Solkane" [24] para hallar el diámetro de los distintos tramos de tubería en función del caudal de refrigerante que transporten y de las pérdidas de carga estimadas en cada tramo.

Para ello es necesario definir el ciclo y asignar unas pérdidas de carga y velocidades del fluido orientativas en el evaporador, el condensador y la tubería de aspiración, en base a los siguientes criterios recomendados según [21]

- **Caída de presión en línea de aspiración**  
 $< 0,1 \text{ bar} \approx 1\text{K}$  (Alta  $T^a$  evaporación,  $5^\circ\text{C}$  a  $-10^\circ\text{C}$ )  
 $< 0,05 \text{ bar} \approx 1\text{K}$  (Baja  $T^a$  evaporación,  $-10^\circ\text{C}$  a  $-40^\circ\text{C}$ )
- **Caída de presión en línea de descarga y líquido**  
 $< 0,3 \text{ bar} \approx 1\text{K}$  (Alta  $T^a$  condensación,  $50^\circ\text{C}$  a  $40^\circ\text{C}$ )  
 $< 0,2 \text{ bar} \approx 1\text{K}$  (Baja  $T^a$  condensación,  $40^\circ\text{C}$  a  $20^\circ\text{C}$ )

### **Velocidad del fluido en las líneas de aspiración y descarga**

- **Para limitar la pérdida de carga  $\Delta P \leq 1\text{K}$**

Velocidad máxima: 10 m/s en los tramos horizontales; 14 m/s en los tramos ascendentes.

- **Para asegurar el retorno de aceite**

Velocidad mínima: 2,5 m/s en los tramos horizontales; 5 m/s en los tramos ascendentes.

Se establecerá además una velocidad menor de 5 m/s a la salida vertical del separador de aceite, cuando existe, para que no se produzca arrastre de aceite.

**Velocidad del fluido en la línea de líquido**

- **Para limitar la pérdida de carga  $\Delta P \leq 1K$  (incluyendo la caída de presión por cota si la tubería es ascendente), lo que evita además la revaporización del líquido**

Del recipiente de líquido a la válvula de expansión la velocidad estará entre 0,5 y 1 m/s.

Del condensador al recipiente la velocidad será menor de 0,5 m/s.

Se considera un recalentamiento de 5 K en el conducto de gas por aspiración, tal y como se ha considerado en el esquema de elección de compresores.

De acuerdo con estas consideraciones, los parámetros establecidos para el cálculo del ciclo son los siguientes:

**Caídas de presión en la instalación de temperatura positiva**

Evaporador: 0.1 bar

Línea de aspiración: 0.1 bar

Condensador: 0.2 bar

Línea de líquido: 0.2 bar

En la línea de descarga se pueden despreciar las pérdidas, ya que el compresor estará en este caso muy próximo al condensador. Las condiciones de funcionamiento de la instalación para temperatura positiva son:

- T<sup>a</sup> evaporación: -2°C
- T<sup>a</sup> condensación: 40°C
- Recalentamiento: 0 K
- Subenfriamiento: 0 K
- Refrigerante: R-134a

La temperatura de evaporación de cada línea calculada varía entre -2°C, 3°C y 8°C en función de la temperatura de evaporación de la unidad alimentada y la de transporte del fluido por el interior de la tubería.

Existen tres trazados para las líneas de tuberías, todas ellas de cobre, como se pueden observar en el Plano N° 3. La línea denominada "L" tiene una longitud máxima, entre la sala de máquinas y el evaporador más lejano, de 22.2 m. Puesto que la caída de presión máxima admisible en todo el trazado de la línea de aspiración es equivalente a 1 K, se establece el límite de pérdidas de presión en todas las tuberías del trazado en  $1 \text{ K} / 22.2 \text{ m} = 0.045 \text{ K/m}$ . Este coeficiente, que se calculará de manera semejante en el resto de trazados (líneas "P" y "N"), proporciona el límite de pérdidas tolerable en cada tramo  $L_i$  del circuito.

En el caso de la línea P la longitud máxima es de 22.65 m, y en la línea N es de 12.9 m, lo que proporciona unas pérdidas por metro de 0.044 y 0.077 K/m respectivamente.

Con todos estos datos se obtienen los siguientes parámetros de cálculo y elección de tuberías:

*Tabla 29. Características y parámetros para selección de tuberías (Fuente: Elaboración propia).*

Tramo	Nº servicios	Coefficiente de simultaneidad	Longitud (m)	Potencia frigorífica (kW)	Caída de presión admisible (K)
L1	8	0.89	0.93	44.77	$4 \cdot 10^{-2}$
L2	4	1	8.28	19.45	$36 \cdot 10^{-2}$
L3	3	1	2.12	7.8	$9 \cdot 10^{-2}$
L4	2	1	3.34	11.65	$14 \cdot 10^{-2}$
L5	1	1	9.62	10.3	$41 \cdot 10^{-2}$
P1	4	0.95	4.51	29.31	$19 \cdot 10^{-2}$
P2	3	1	7.28	23.55	$31 \cdot 10^{-2}$
P3	2	1	3.75	8.05	$16 \cdot 10^{-2}$
P4	1	1	1.28	1.35	$5 \cdot 10^{-2}$
P5	1	1	6.17	6.7	$26 \cdot 10^{-2}$
N1	2	1	6.5	23.5	$50 \cdot 10^{-2}$
N2	1	1	2.29	12.9	$17 \cdot 10^{-2}$
N3	1	1	6.4	10.6	$49 \cdot 10^{-2}$

A continuación, se recogen algunos ejemplos de la simulación. En el primero de ellos, correspondiente al tramo de tubería de gas aspirado denominado L1, se han considerado las caídas de presión y las velocidades máximas y mínimas del gas anteriormente mostradas, la longitud del tramo y potencia transportada recogidas en la Tabla 29, el valor de rendimiento del compresor igual al utilizado en el software de cálculo de ciclo [20], menor que el real de los aparatos elegidos, unos recalentamientos en los conductos de gas de aspiración de pequeña magnitud, unas pérdidas adicionales en los evaporadores y condensadores según lo explicado anteriormente y unas pérdidas admisibles en la tubería acordes a lo explicado en el párrafo anterior y reflejadas en la tabla 29.

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 134a]**

Menú: Archivo Medio refrigerante Cálculo Opciones Ventana Ayuda www Indicación

Refrigerante: R22, R23, R32, R123, R124, R125, R134a, R143a, R152a, R227, R365mfc, R404A, R407A, R407C, R409A, R410A, R507, SES36, S22L, S22M, R11, R12, R502, R13B1

**SOLKANE 134a**

Temperatura: 101.06 °C  
 P<sub>c</sub>: 40.59 bar  
 v<sub>c</sub>: 1.954 dm<sup>3</sup>/kg

**Vaporizador**  
 Temperatura: 5.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Capacidad frigorífica: 44.8 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700 Auto

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar

**Conducto de gas de presión**  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

**Tubería de gas aspirado [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]**

Tubo mas grande siguiente	Díámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
54 x 2.0 (di=50mm)	50.39	64 x 2.0 (di=60mm)
Velocidad [m/s]	9.09	
Longitud equivalente [K/m]	0.01	0.01
Caída de presión [Pa/m]	179	76
Pérdida total de presión [K]	0.0	0.0
L=[0.95 m Δp=0.014k		

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización: 5.00 °C  
 Temp. media gas aspirado: 7.50 °C  
 Temp. media gas a presión: 58.78 °C  
 Temp. de licuado: 40.00 °C  
 Subenfriamiento de líquido: 0.00 K  
 Capacidad frigorífica: 44.8 kW

Ilustración 26. Tubería de gas aspirado del tramo L1 (Fuente: [24]).

De igual modo, cambiando a la opción de cálculo de tubería de líquido, la temperatura de evaporación y el criterio de velocidades máximas y mínimas del fluido en el interior de la tubería, se calcula el tramo de tubería de refrigerante líquido.

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 134a]**

Menú: Archivo Medio refrigerante Cálculo Opciones Ventana Ayuda www Indicación

Refrigerante: R22, R23, R32, R123, R124, R125, R134a, R143a, R152a, R227, R365mfc, R404A, R407A, R407C, R409A, R410A, R507, SES36, S22L, S22M, R11, R12, R502, R13B1

**SOLKANE 134a**

Temperatura: 101.06 °C  
 P<sub>c</sub>: 40.59 bar  
 v<sub>c</sub>: 1.954 dm<sup>3</sup>/kg

**Vaporizador**  
 Temperatura: -2.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Capacidad frigorífica: 44.8 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700 Auto

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar

**Conducto de gas de presión**  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

**Tubería de líquido [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]**

Tubo mas grande siguiente	Díámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
22 x 1.0 (di=20mm)	20.50	28 x 1.5 (di=25mm)
Velocidad [m/s]	0.83	0.56
Longitud equivalente [K/m]	0.01	0.00
Caída de presión [Pa/m]	344	132
Pérdida total de presión [K]	0.0	0.0
L=[0.95 m Δp=0.012k		

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización: -2.00 °C  
 Temp. media gas aspirado: 0.50 °C  
 Temp. media gas a presión: 62.39 °C  
 Temp. de licuado: 40.00 °C  
 Subenfriamiento de líquido: 0.00 K  
 Capacidad frigorífica: 44.8 kW

Ilustración 27. Tubería de líquido del tramo L1 (Fuente: [24]).

Caídas de presión en la instalación de temperatura negativa

Evaporador: 0.05 bar

Línea de aspiración: 0.05 bar

Condensador: 0.2 bar

Línea de líquido: 0.2 bar

En esta instalación también se desprecian las pérdidas en la línea de descarga por la misma razón. Las condiciones de funcionamiento de la instalación de temperatura negativa son:

- T<sup>a</sup> evaporación: -37°C
- T<sup>a</sup> condensación: 40°C
- Recalentamiento: 0 K
- Subenfriamiento: 0 K
- Refrigerante: R-404a

En las siguientes ilustraciones se muestran los ejemplos de la simulación para el tramo N1:

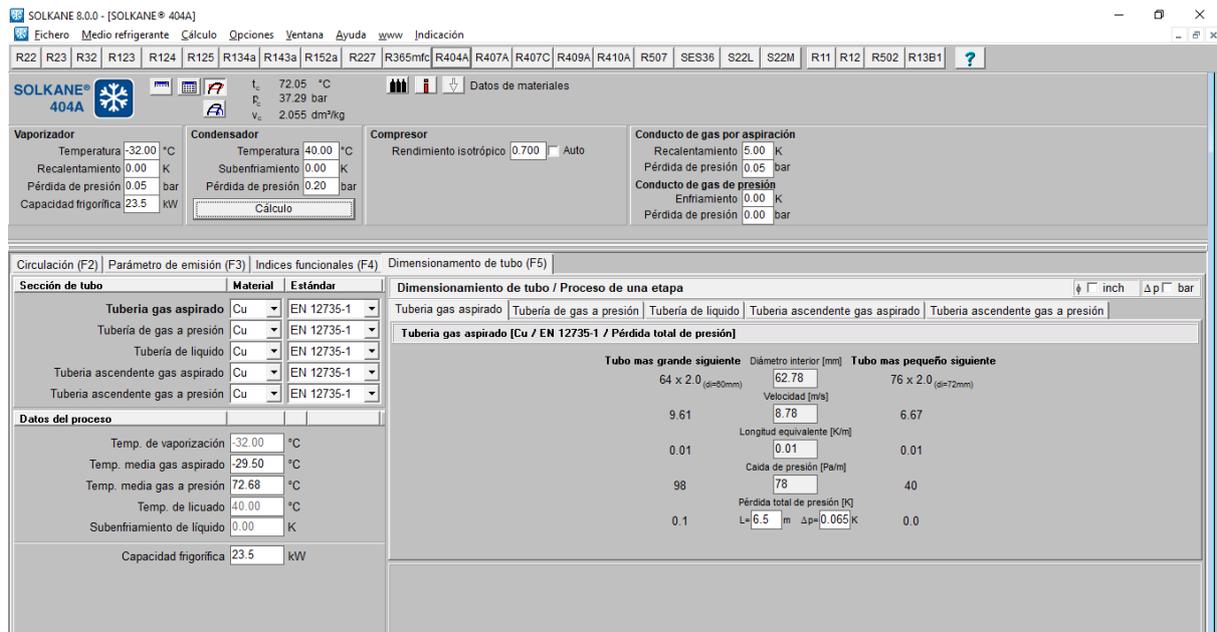


Ilustración 28. Tubería de gas aspirado del tramo N1 (Fuente: [24]).

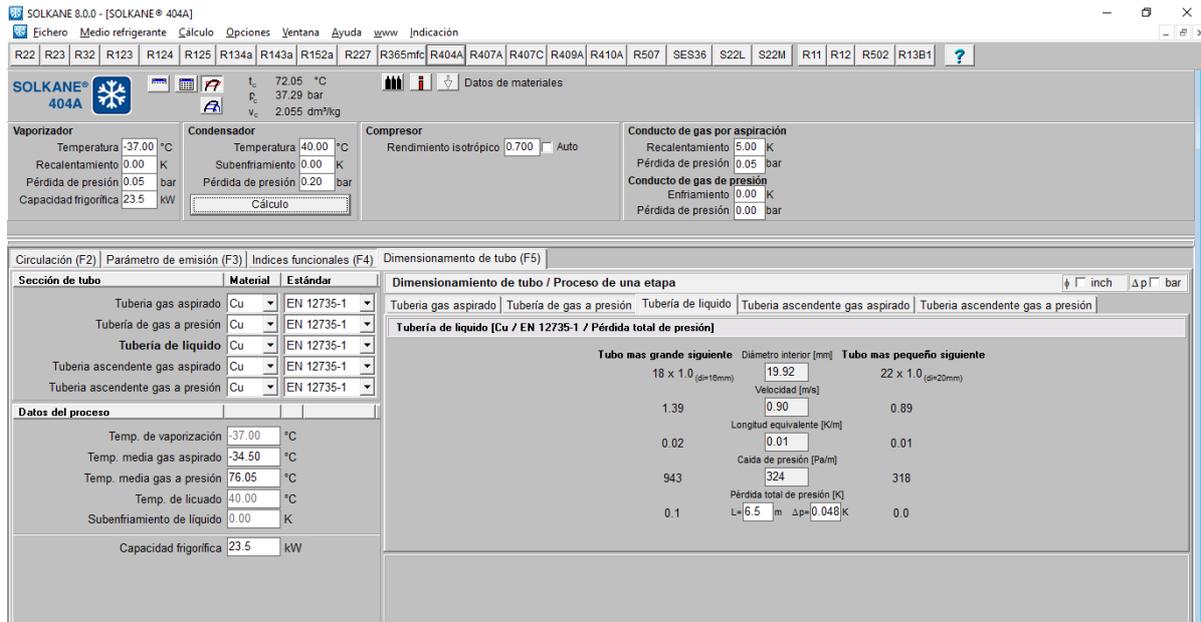


Ilustración 29. Tubería de líquido del tramo N1 (Fuente: [24]).

Realizando esta simulación para cada uno de los tramos, adaptando sus longitudes, potencias, velocidades admisibles y pérdidas de carga como se puede ver en la relación de imágenes recogidas en el Anexo I, se calcula el diámetro de todas las tuberías del circuito, cuyas características se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 30. Características de las tuberías seleccionadas (Fuente: Elaboración propia)

Tramo	Longitud (m)	Potencia frigorífica (kW)	Diámetro nominal (")	Diámetro interior (mm)	Velocidad (m/s)	Pérdida de carga (K)
L1 (asp.)	0.93	44.77	2 1/8	50.37	9.09	0.014
L1 (liq)	0.93	44.77	7/8	20.44	0.83	0.012
L2 (asp.)	8.3	19.45	1 5/8	38.73	7.26	0.11
L2 (liq)	8.3	19.45	5/8	13.87	0.78	0.15
L3 (asp.)	2.12	7.8	7/8	20.44	8.59	0.086
L3 (liq)	2.12	7.8	3/8	8.00	0.95	0.11
L4 (asp.)	3.34	11.65	1 1/8	26.57	9.24	0.11
L4 (liq)	3.34	11.65	1/2	10.70	0.81	0.09
L5 (asp.)	9.62	10.3	1 3/8	32.42	6.59	0.13
L5 (liq)	9.62	10.3	1/2	10.70	0.71	0.20
P1 (asp.)	4.51	29.31	1 5/8	38.77	10.09	0.11
P1 (liq)	4.51	29.31	3/4	16.91	0.81	0.07
P2 (asp.)	7.28	23.55	1 5/8	38.73	8.14	0.12
P2 (liq)	7.28	23.55	5/8	13.87	0.96	0.19
P3 (asp.)	3.75	8.05	7/8	20.44	8.94	0.16
P3 (liq)	3.75	8.05	1/2	10.70	0.55	0.05
P4 (asp.)	1.28	1.35	1/2	10.70	5.60	0.05
P4 (liq)	1.28	1.35	1/4	4.75	0.50	0.04
P5 (asp.)	6.17	6.7	7/8	20.44	7.50	0.19
P5 (liq)	6.17	6.7	3/8	8.00	0.82	0.24
N1 (asp.)	6.5	23.5	2 5/8	62.67	8.90	0.065
N1 (liq)	6.5	23.5	7/8	20.44	0.85	0.042
N2 (asp.)	2.29	12.9	2 1/8	50.37	9.49	0.034
N2 (liq)	2.29	12.9	5/8	14.27	0.96	0.029
N3 (asp.)	6.4	10.6	1 5/8	38.73	8.30	0.106
N3 (liq)	6.4	10.6	5/8	13.87	0.84	0.065

Las tuberías de la línea de descarga, puesto que son de una longitud pequeña por estar situados los condensadores junto a los compresores como se observa en el Plano N° 3, serán las siguientes:

- Línea de descarga de gas a presión de la central de temperatura positiva: Longitud 2 m, Diámetro nominal 1 3/8", diámetro interior 32,42 mm.

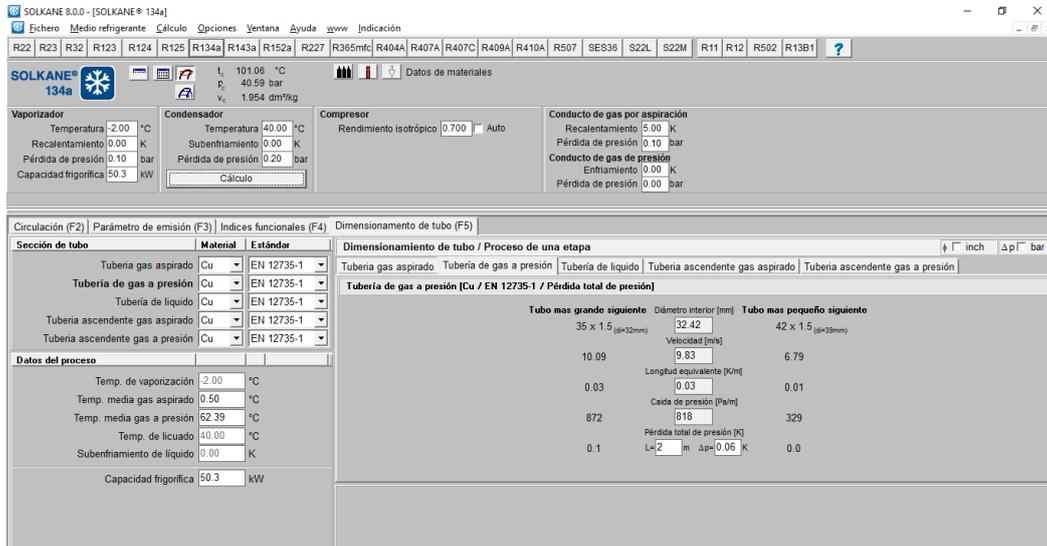


Ilustración 30. Tubería de gas a presión de la central de T<sup>a</sup> positiva (Fuente: [24]).

- Línea de líquido de los condensadores al recipiente de refrigerante en la central de temperatura positiva: Longitud 2.5 m, Diámetro nominal 1 1/8", diámetro interior 26.57 mm.

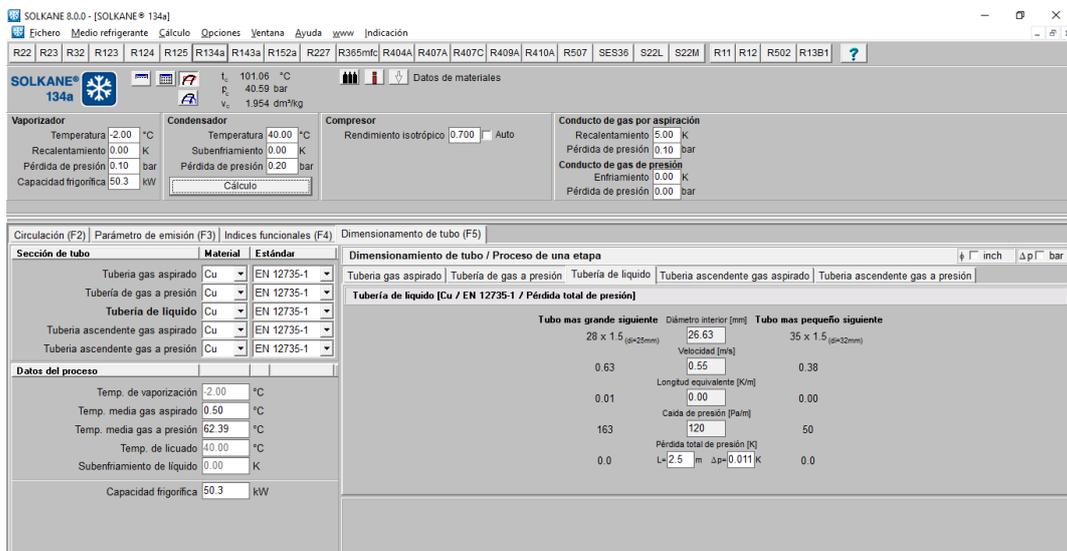


Ilustración 31. Tubería general de líquido de la central de T<sup>a</sup> positiva (Fuente: [24]).

- Línea de descarga de gas a presión de la central de temperatura negativa: Longitud 5.6 m, Diámetro nominal 1 1/8", diámetro interior 26.57 mm.

The screenshot shows the SOLKANE 8.0.0 software interface. The main window displays refrigerant properties for R404A:  $t_c = 72.05$  °C,  $p_c = 37.29$  bar, and  $v_c = 2.055$  dm<sup>3</sup>/kg. The process data section includes: Vaporizador (Temp: -37.00 °C, Recalentamiento: 0.00 K, Pérdida de presión: 0.05 bar, Capacidad frigorífica: 23.5 kW), Condensador (Temp: 40.00 °C, Subenfriamiento: 0.00 K, Pérdida de presión: 0.20 bar), Compresor (Rendimiento isotrópico: 0.700), and Conducto de gas por aspiración (Recalentamiento: 5.00 K, Pérdida de presión: 0.05 bar). The pipe dimensioning table for 'Tubería de gas a presión' shows a selected diameter of 26.56 mm for a 28 x 1.5 (d=25mm) pipe, with a velocity of 6.45 m/s and an equivalent length of 0.02 Km. The total pressure loss is 0.1 K.

Ilustración 32. Tubería de gas a presión de la central de T<sup>a</sup> negativa (Fuente: [24]).

- Línea de líquido del condensador al recipiente de refrigerante en la central de temperatura negativa: Longitud 5.7 m, Diámetro nominal 1 1/8", diámetro interior 26.57 mm.

The screenshot shows the SOLKANE 8.0.0 software interface for a liquid line. The process data section includes: Vaporizador (Temp: -37.00 °C, Recalentamiento: 0.00 K, Pérdida de presión: 0.05 bar, Capacidad frigorífica: 23.5 kW), Condensador (Temp: 40.00 °C, Subenfriamiento: 0.00 K, Pérdida de presión: 0.20 bar), Compresor (Rendimiento isotrópico: 0.700), and Conducto de gas de presión (Enfriamiento: 0.00 K, Pérdida de presión: 0.00 bar). The pipe dimensioning table for 'Tubería de líquido' shows a selected diameter of 26.80 mm for a 28 x 1.5 (d=25mm) pipe, with a velocity of 0.49 m/s and an equivalent length of 0.00 Km. The total pressure loss is 0.0 K.

Ilustración 33. Tubería general de líquido de la central de T<sup>a</sup> negativa (Fuente: [24]).

Todos los tramos de tubería serán de cobre unidos mediante soldadura fuerte, y estarán aislados mediante coquilla de espuma elastomérica de caucho tipo Armaflex para ahorrar energía y evitar condensaciones superficiales.

El espesor de este aislamiento se elige en función de la temperatura del fluido transportado y de las condiciones ambientales, siguiendo los valores conservadores mostrados en la siguiente tabla:

*Tabla 31. Espesor de aislamiento mínimo para tuberías frigoríficas (Fuente: [21]).*

Condiciones ambientales: 30 °C, 70 % H.R	Espesor de aislamiento (mm); $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$					
	Tª fluido (°C)					
Díámetro Nominal (mm)	> 15	15 a 6	6 a -3	-3 a -12	-12 a -23	-23 a -40
< 25	10	15	20	25	30	35
> 25	10	20	25	30	40	50

Teniendo en cuenta estos datos y los proporcionados por los fabricantes, se instalará un aislamiento de 25 mm de espesor para las tuberías de aspiración de la central de temperatura positiva y de entre 35 y 40 mm para las de la central de temperatura negativa, y un aislamiento de un espesor de 10 mm para las tuberías de líquido de ambas centrales.

Además, estos tramos tendrán pequeñas pendientes, del 2%, para facilitar el retorno de aceite al compresor, en especial en las tuberías de aspiración y descarga, ya que el aceite se mezcla peor con el vapor que con el líquido refrigerante.

Además, todos los evaporadores contarán con unos conductos de desagüe que recogerán y reconducirán el agua que se pueda generar por escarcho hasta la red general de tuberías de desagüe de la nave, realizados en tubo de PVC de 1/2" de diámetro.

Por último, las derivaciones a cada evaporador desde la línea de líquido principal se realizarán por la parte inferior de la tubería, para evitar que se arrastren hacia ellos burbujas de vapor que se pudieran formar en la parte superior de los conductos.

### 5.3.5. Selección de la válvula de expansión

Para cada evaporador, se elige la válvula de expansión acorde al refrigerante que circula por él, con las conexiones adecuadas con las tuberías que se comunica y para las potencias y temperaturas de evaporación necesarias.

**Tabla 32. Características de evaporadores para selección de válvulas de expansión (Fuente: [Elaboración propia]).**

Evaporador	Refrigerante	Conexiones (")	Potencia (kW)	Tª evaporación (°C)
Almacén prod. recibido	R134a	5/8	15.5	3
Cámara refrigerados		1/2	10.3	-2
Troceado		3/4	7.3	8
Limpieza		3/8	6.7	8
Envasado		3/8	7.8	8
Pasillo		1/2 y 1/4	2.7	8
Túnel congelación	R404a	5/8	12.9	-37
Almacén congelados		5/8	10.6	-27

Todas ellas contarán con un accionamiento tipo eléctrico, como se puede ver en las hojas de características recogidas en el Anexo II.

En las válvulas de los evaporadores con conexión de entrada 3/4" y 5/8" se instalará un adaptador de tamaño para la conexión de la tubería con la válvula de expansión.

Estas válvulas de expansión, en los evaporadores de ambas centrales, se situarán junto a los mismos, bien en el techo de la cámara o bien en un lateral en el caso de situarse estos adosados a las paredes.

### 5.3.6. Sistema de monitorización

Con el objeto de garantizar el perfecto funcionamiento de la Instalación acorde a la normativa vigente [25, 26] que obliga a disponer de un registrador o visualizador de temperatura de servicio con certificado de calibración y de lectura inviolable, se instalarán equipos de alta precisión que cumplan con la norma establecida por la ICT/155/2020, de 7 de febrero [27].

Cumpliendo además con el reglamento CE 37/2005 [28], en el que se especifica que los locales de depósito y almacenamiento de los alimentos ultracongelados deberán disponer de instrumentos de registro adecuados para controlar a intervalos regulares y frecuentes la temperatura del aire a que están sometidos los alimentos ultracongelados, se instalará un sistema de monitorización de la temperatura y la energía consumida por los equipos que la afectan, lo que permitirá disponer de la generación de informes periódicos así como de un histórico de datos homologado en todo momento.

Los dispositivos que componen este sistema, instalados en el exterior de cada una de las cámaras y con sondas interiores de alta precisión con amplio rango de temperaturas, estarán conectados a un software de gestión de datos que permita controlar en todo momento el consumo de energía de los equipos y las condiciones interiores de la cámara (temperatura, humedad, etc.), contando además con un sistema de alarma frente a condiciones de temperatura inadecuada por posible fallo de algún equipo de las cámaras.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Google Earth Pro [Último acceso: 05/11/2020].
- [2] UNE-EN 100001:2001. Climatización. Condiciones climáticas para proyectos. 2001.
- [3] UNE-EN ISO 12241:2010. Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales. Método de cálculo. 2010.
- [4] Camarasfrigorificas.es <https://www.camarasfrigorificas.es/> [Último acceso: 10/01/2021].
- [5] Vizuite puertas y paneles frigoríficos. <https://www.vizuite.com/camaras-puertas-y-paneles-frigorificos/> [Último acceso: 21/12/2020].
- [6] Grupo Disco. Datos técnicos. Calores específicos. <https://www.grupodisco.com/servicio-tecnico/datos-tecnicos/> [Último acceso: 07/03/2021]
- [7] Tecnología de los plásticos. Polietileno de baja densidad. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/polietileno-de-baja-densidad.html> [Último acceso: 07/03/2021]
- [8] Heatcraft Engineering Manual. 2008 Heatcraft Refrigeration Products LLC. (H-ENGM0408). 2008.
- [9] Coronel, J. F., Tablas y Diagramas de Tecnología Frigorífica. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla. 2014.
- [10] Ingenieriaelemental.com. <https://ingenieriaelemental.com/2020/06/23/carta-psicrometrica-online/> [Último acceso: 07/03/2021]
- [11] ASHRAE.org. Center for applied thermodynamic studies. University of Idaho. <https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Bookstore/UP3/SI-2.pdf> [Último acceso: 07/04/2021]
- [12] Tomra.com. <https://www.tomra.com/es-es/sorting/alimentacion/equipamiento-de-clasificacion/helius> [Último acceso: 31/10/2020]
- [13] Interempresas.net. <http://www.interempresas.net/Alimentaria/FeriaVirtual.html> [Último acceso: 31/10/2020]
- [14] Axmann-fs. [https://www.axmann-fs.com/gurtfoerderer\\_gurtfoerderer\\_40\\_81\\_es.html](https://www.axmann-fs.com/gurtfoerderer_gurtfoerderer_40_81_es.html) [Último acceso: 31/10/2020]
- [15] Orrego, C. E., Calor de respiración de frutas y vegetales. Universidad nacional de Colombia Sede Manizales. 2001. <https://core.ac.uk/download/pdf/11057494.pdf> [Último acceso: 07/04/2021]
- [16] Torrella, E., Apuntes almacenamiento bajo régimen de frío. Balance frigorífico. 2011. [Último acceso: 26/09/2020].

- [17] Froztec.com. <https://www.froztec.com/como-elegir-tus-equipos-de-refrigeracion-industrial> [Último acceso: 16/11/2020]
- [18] Llopis, R., Cabello, R., Sánchez, D. Grupo de Ingeniería Térmica. Universidad Jaume I – Castellon. 2014.
- [19] Tillner-Roth, R., Baehr, H. D., An International Standard Formulation for the Thermodynamic Properties of 1,1,1,2-Tetrafluoroethane (HFC-134a) for Temperatures from 170 K to 455 K and Pressures up to 70 MPa, J. Phys. Chem, Ref. Data, Vol. 23, No. 5, 1994.
- [20] CoolPack Version 1.5, IPU & Department of Mechanical Engineering. Technical University of Denmark, 2000 – 2012.
- [21] Coolproyect.es. <https://coolproyect.es/> [Último acceso: 07/03/2021]
- [22] Catálogo refrigeración Pecomark 2020. Pecomark.com, Julio 2020.
- [23] BITZER software v6.17.0 rev2548. Bitzer.
- [24] Solkane refrigerant software Version 8.0.0.15. Solvay Fluor GmbH.
- [25] Real Decreto 1109/1991, de 12 de julio de 1991, por el que se aprueba la Norma General relativa a los alimentos ultracongelados destinados a la alimentación humana. TEXTO CONSOLIDADO. Última modificación: 14 de octubre de 1995.
- [26] Real Decreto 2420/1978, de 2 de junio, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración y venta de conservas vegetales.
- [27] ICT/155/2020, de 7 de febrero, por la que se regula el control metrológico del Estado de determinados instrumentos de medida. 2020.
- [28] REGLAMENTO (CE) No 37/2005 DE LA COMISIÓN de 12 de enero de 2005 relativo al control de las temperaturas en los medios de transporte y los locales de depósito y almacenamiento de alimentos ultracongelados destinados al consumo humano.
- [29] Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.
- [30] Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. Última modificación del 15 de julio de 2015.
- [31] Catálogo panel sándwich 2020 Panelais Producciones. [https://www.panelais.com/docs/CatalogoSandwichPanel\\_es\\_fr.pdf](https://www.panelais.com/docs/CatalogoSandwichPanel_es_fr.pdf), Abril 2020.

### **Programas de cálculo y diseño**

- *Microsoft Excel*. Microsoft Corporation.
- *Microsoft Visio*. Microsoft Corporation.
- *Microsoft Project*. Microsoft Corporation.
- *AutoCAD 2021*. Autodesk, Inc.
- *CoolPack*. Universidad Técnica de Dinamarca (DTU).
- *Bitzer software*. Bitzer.
- *Solkane refrigerant software Version 8.0.0.15*. Solvay Fluor GmbH.
- *Google Earth Pro*. Google LLC.

## **DOCUMENTO N° 2: ANEXOS**

## ÍNDICE

<b>DOCUMENTO N° 2: ANEXOS .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO I: RESULTADOS DE CÁLCULOS Y SIMULACIONES .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO II: FICHAS TÉCNICAS.....</b>	<b>85</b>
1.1. EVAPORADORES.....	86
1.2. COMPRESORES.....	95
1.3. CONDENSADORES.....	100
1.4. VÁLVULAS.....	101
1.5. PANEL FRIGORÍFICO.....	102
1.6. PUERTAS .....	104

# **ANEXO I: RESULTADOS DE CÁLCULOS Y SIMULACIONES**

Tabla 33. Parámetros y resultados de cálculo de cargas térmicas por transmisión de calor por paredes y techos (Fuente: Elaboración propia).

		P. Norte	P. Este	P. Sur	P. Oeste	Techo	TOTAL	
Producto recibido (Ti=10°C)	Tª ext.	28	28	15	15	28		
	Espesor (m)	0.04						
	R.conducción	1.905						
	R. convección	0.0375	0.0375	0.025	0.025	0.0375		
	Potencia (W)	269	227	75	63.5	538.5	1173	
Túnel congelación (Ti=-30°C)	Tª ext.	28	25	15	-20	28		
	Espesor	0.15						
	R.conducción	7.143						
	R. convección	0.0375	0.025	0.025	0.025	0.0375		
	Potencia (W)	108	86	83	16	98	391	
Cámara congelados (Ti=-20°C)	Tª ext.	28	15	5	28	28		
	Espesor	0.15						
	R.conducción	7.143						
	R. convección	0.0375	0.025	0.0375	0.025	0.0375		
	Potencia (W)	108	111	56	152	200	627	
Cámara refrigerados (Ti=5°C)	Tª ext.	-20	15	28	28	28		
	Espesor	0.04						
	R.conducción	1.905						
	R. convección	0.025	0.025	0.0375	0.0375	0.0375		
	Potencia (W)	0	172	191	394	517	1274	
Troceado y elaboración (Ti=15°C)	Tª ext.	28	10	15	25	28		
	Espesor	0.04						
	R.conducción	1.905						
	R. convección	0.0375	0.025	0.025	0.025	0.0375		
	Potencia (W)	234	29	0	58	215	536	
Limpieza (Ti=15°C)	Tª ext.	10	28	20	15	28		
	Espesor	0.04						
	R.conducción	1.905						
	R. convección	0.025	0.0375	0.0375	0.025	0.0375		
	Potencia (W)	66	94	66	0	196	422	
Envasado (Ti=15°C)	Tª ext.	15	20	20	15	28		
	Espesor	0.04						
	R.conducción	1.905						
	R. convección	0.025	0.0375	0.0375	0.025	0.0375		
	Potencia (W)	0	63	44	0	230	337	
Pasillo (Ti=15°C)	Tª ext.	20	20	20	5	28		
	Espesor	0.04						
	R.conducción	1.905						
	R. convección	0.025						
	Potencia (W)	181	117	181	0	674	1153	

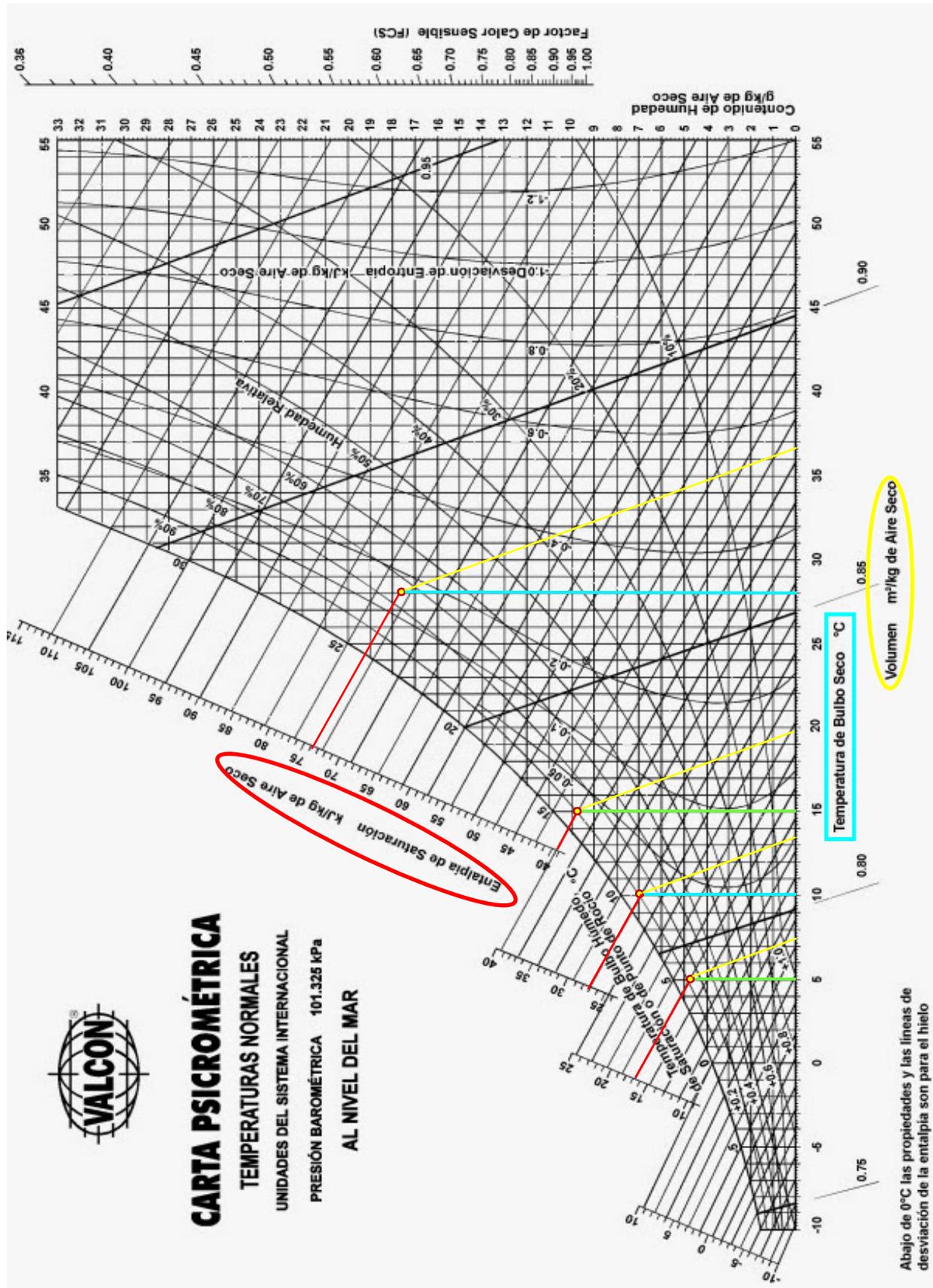


Ilustración 34. Diagrama psicrométrico para obtención de datos de puntos con temperatura positiva con los parámetros para la obtención de datos señalados (Fuente: [10]).

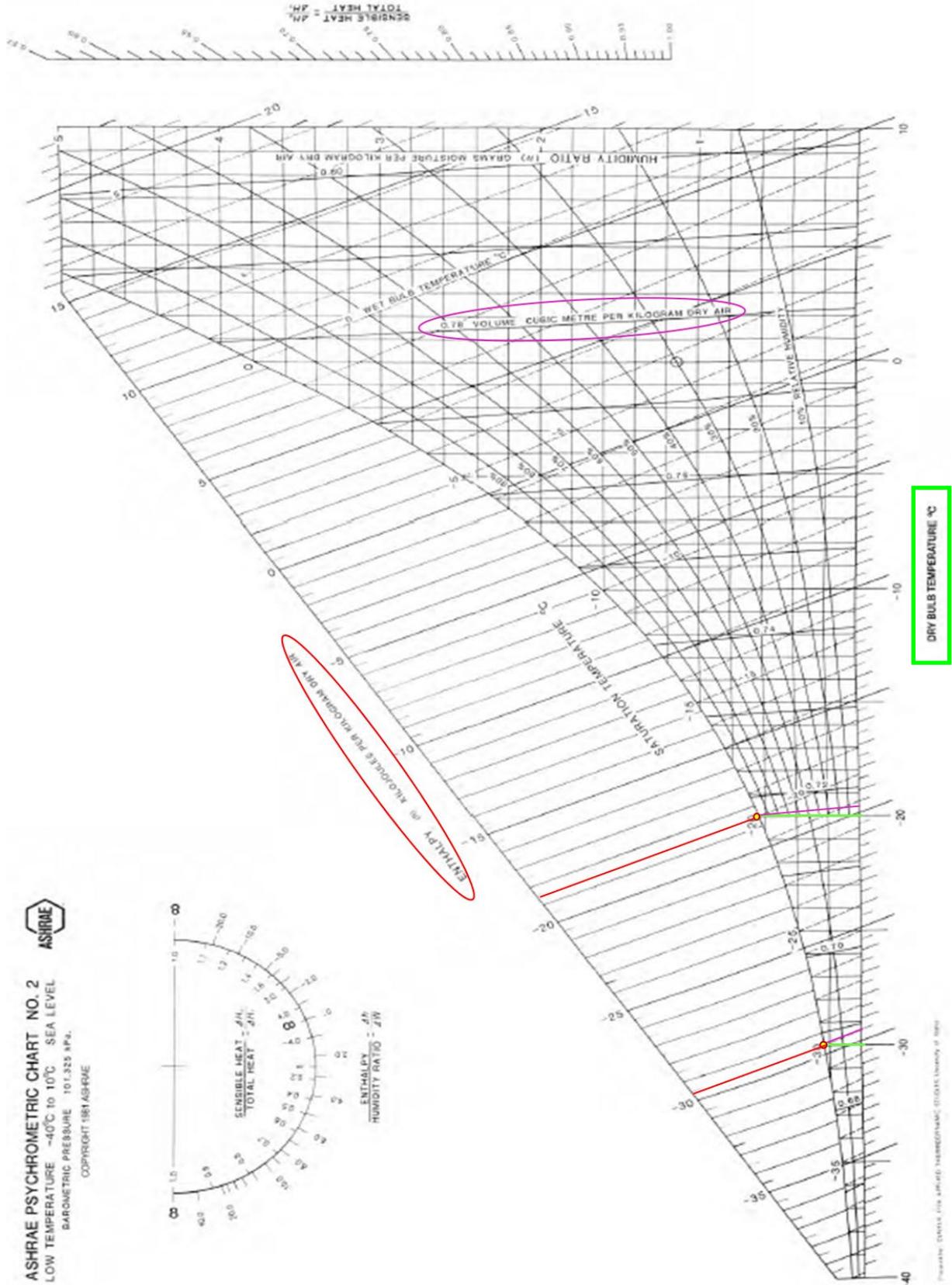


Ilustración 35. Diagrama psicrométrico para obtención de datos de puntos con temperatura negativa con los parámetros para la obtención de datos señalados (Fuente: [11]).

En las siguientes imágenes se muestran los datos y resultados obtenidos en el análisis de los ciclos de ambas centrales de refrigeración:

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack\_1.exe 2. Tool\_C2 - [Cycle Specification]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

CYCLE SPECIFICATION			
TEMPERATURE LEVELS	PRESSURE LOSSES	QUALITY OUT OF EVAPORATOR	REFRIGERANT
$T_E$ [°C]: 3.0	$\Delta P_{SL}$ [K]: 0.5	$n_{CIRC}$ [-]: 2.00	R134a
$T_C$ [°C]: 40.0 $\Delta T_{SC}$ [K]: 1.0	$\Delta P_{DL}$ [K]: 0.5		
CYCLE CAPACITY			
Cooling capacity $\dot{Q}_E$ [kW]: 15.5	$\dot{Q}_E$ : 15.5 [kW]	$\dot{Q}_C$ : 18.9 [kW]	$\dot{m}$ : 0.107 [kg/s] $\dot{V}_S$ : 24.4 [m <sup>3</sup> /h]
COMPRESSOR PERFORMANCE			
Isentropic efficiency $\eta_{iS}$ [-]: 0.7	$\eta_{iS}$ : 0.700 [-]	$\dot{W}_{CP}$ : 3.7 [kW]	
COMPRESSOR HEAT LOSS			
Heat loss factor $f_Q$ [%]: 10	$f_Q$ : 10.0 [%]	$T_2$ : 51.5 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS}$ : 0.37 [kW]
SUCTION LINE			
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]: 0.0	$\dot{Q}_{SL}$ : 19 [W]	$T_8$ : 3.0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$ : 0.0 [K]

Calculate Print Help Home State Points Auxiliary COP: 4.179 COP\*: 4.184

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack\_1.exe 2. Tool\_C2 - [Diagram Window]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

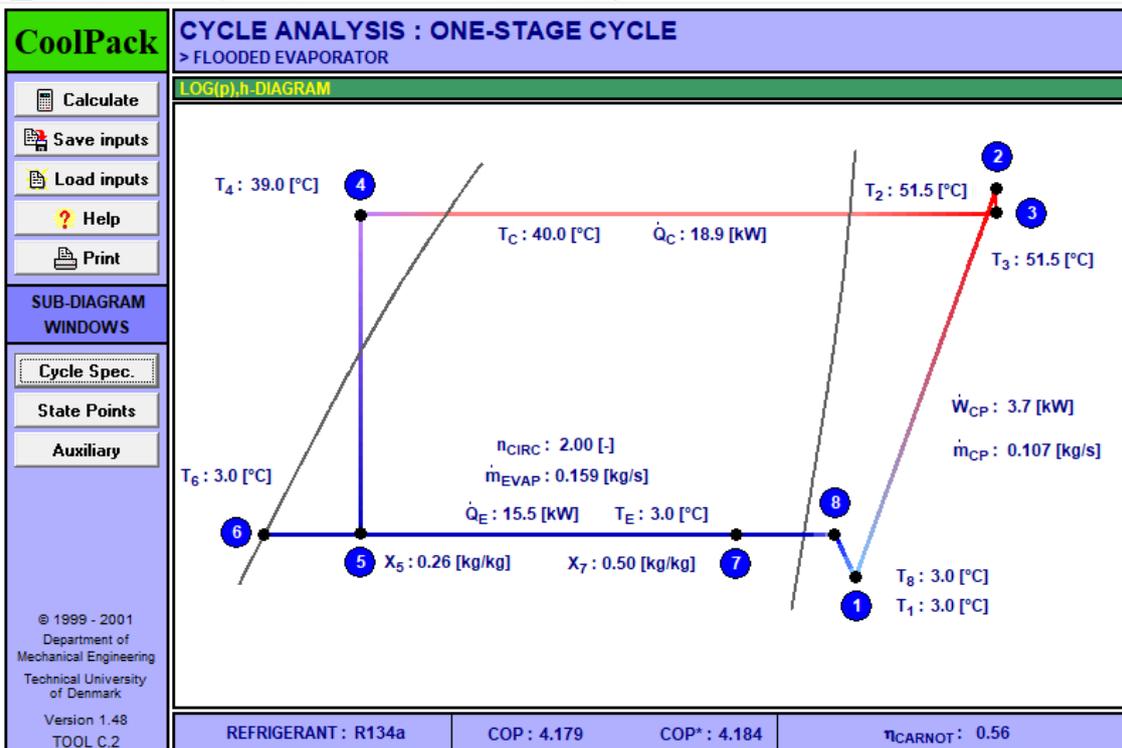


Ilustración 36. Resultados del ciclo de la cámara de producto recibido (Fuente: [20]).

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack\_1.exe 2. Tool\_C2 - [Cycle Specification]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

CYCLE SPECIFICATION			
TEMPERATURE LEVELS	PRESSURE LOSSES	QUALITY OUT OF EVAPORATOR	REFRIGERANT
$T_E$ [°C]: 8.0	$\Delta p_{SL}$ [K]: 0.5	$n_{CIRC}$ [-]: 2.00	R134a
$T_C$ [°C]: 40.0 $\Delta T_{SC}$ [K]: 1.0	$\Delta p_{DL}$ [K]: 0.5		
CYCLE CAPACITY			
Cooling capacity $\dot{Q}_E$ [kW]: 6.7	$\dot{Q}_E$ : 6.7 [kW]	$\dot{Q}_C$ : 7.9 [kW]	$\dot{m}$ : 0.045 [kg/s] $\dot{V}_S$ : 8.7 [m <sup>3</sup> /h]
COMPRESSOR PERFORMANCE			
Isentropic efficiency $\eta_{IS}$ [-]: 0.7	$\eta_{IS}$ : 0.700 [-]	$\dot{W}_{CP}$ : 1.3 [kW]	
COMPRESSOR HEAT LOSS			
Heat loss factor $f_G$ [%]: 10	$f_G$ : 10.0 [%]	$T_2$ : 49.8 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS}$ : 0.13 [kW]
SUCTION LINE			
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]: 0.0	$\dot{Q}_{SL}$ : 9 [W]	$T_8$ : 8.0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$ : 0.0 [K]

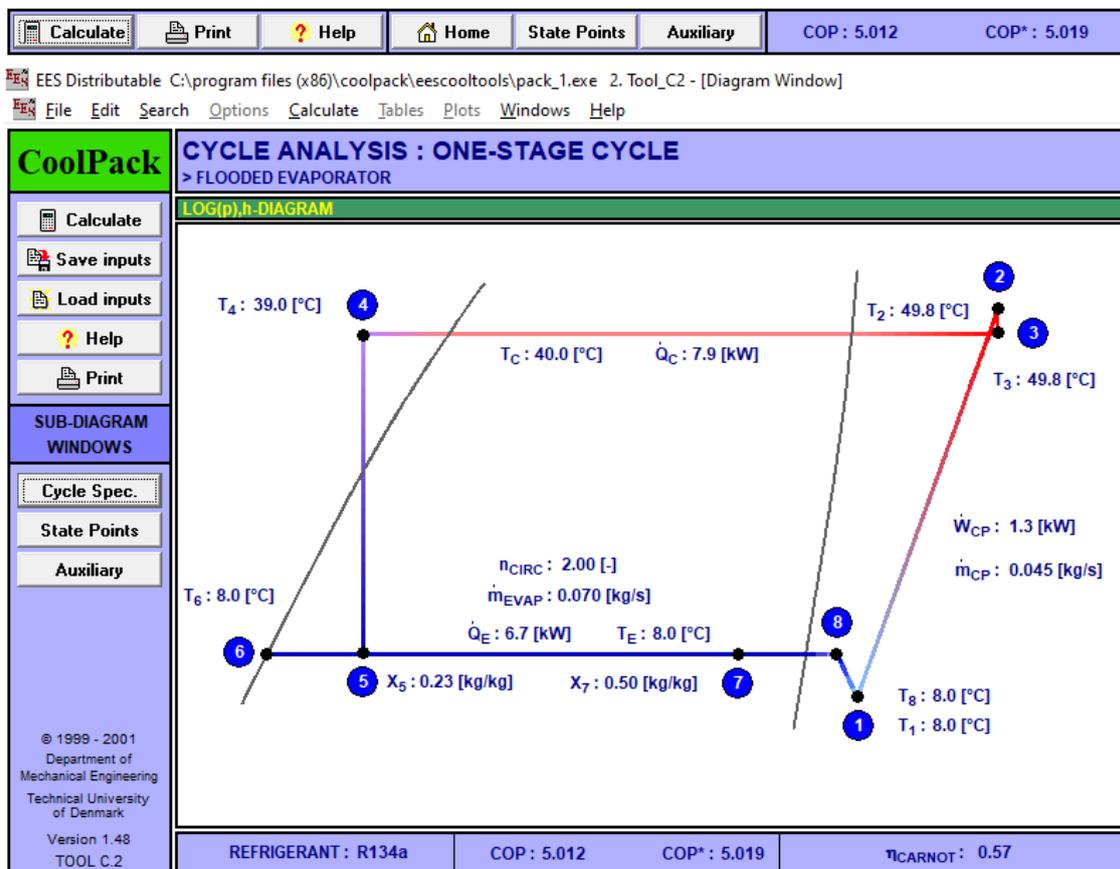


Ilustración 37. Resultados del ciclo de la sala de limpieza (Fuente: [20]).

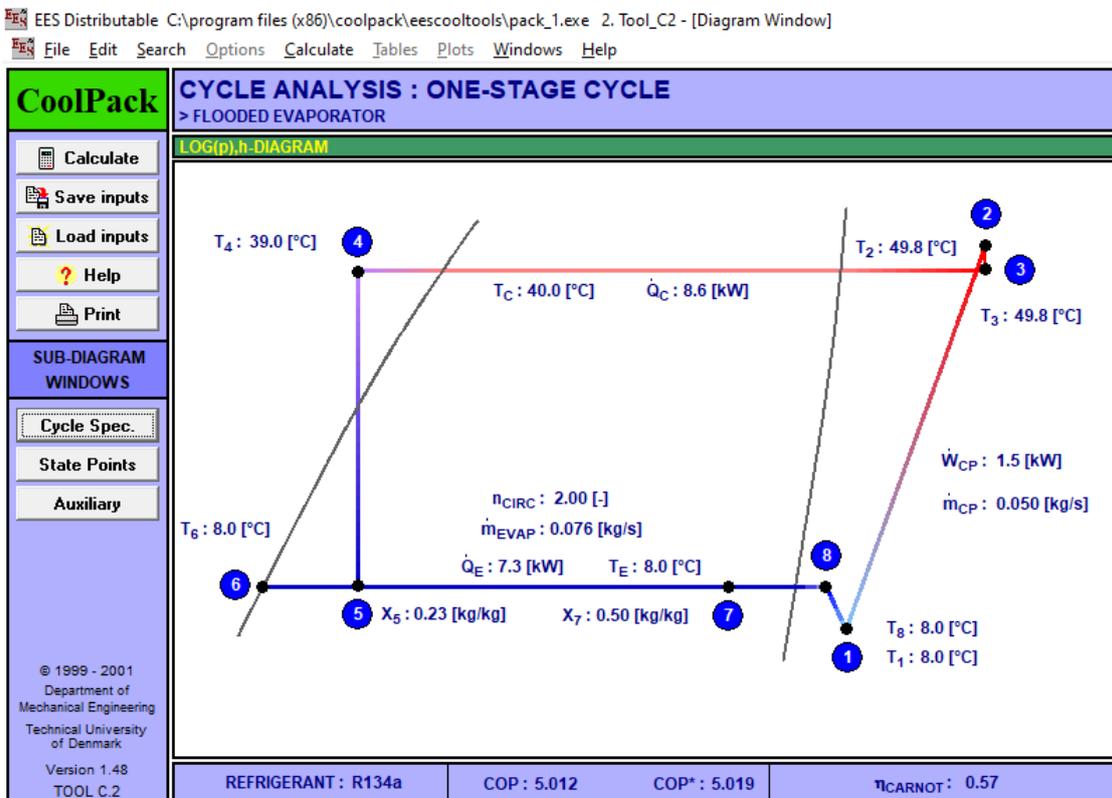
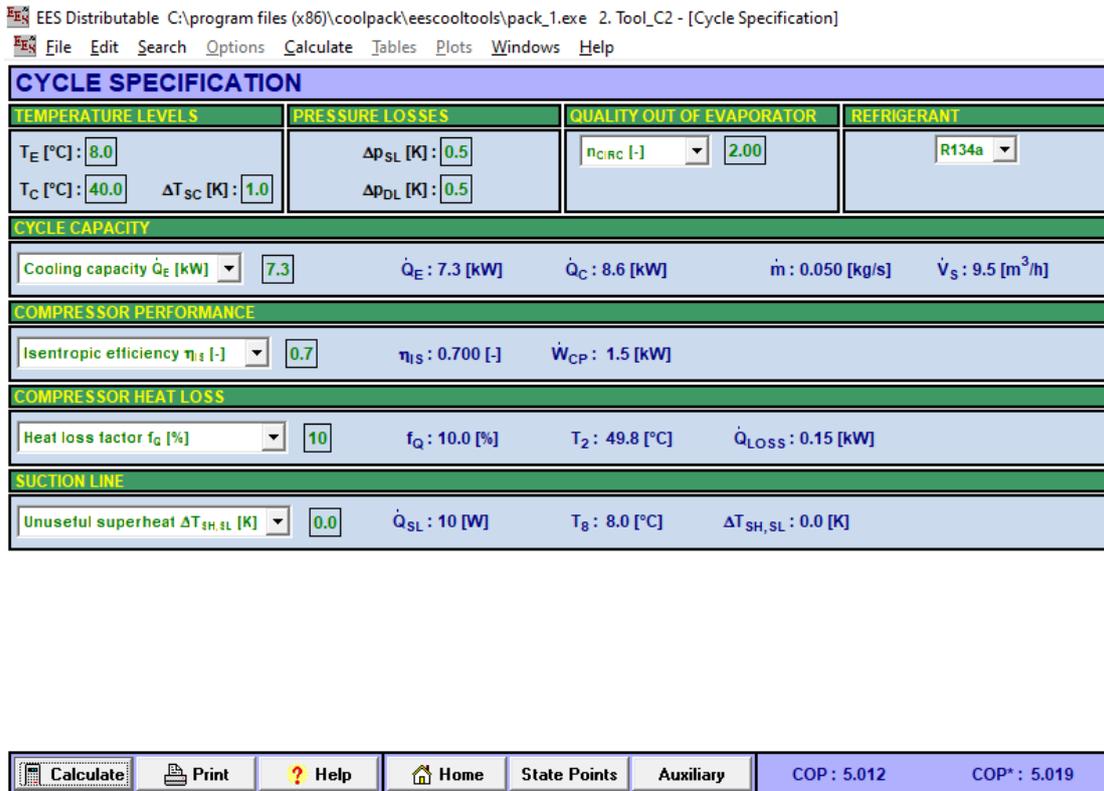


Ilustración 38. Resultados del ciclo de la sala de troceado y elaboración (Fuente: [20]).

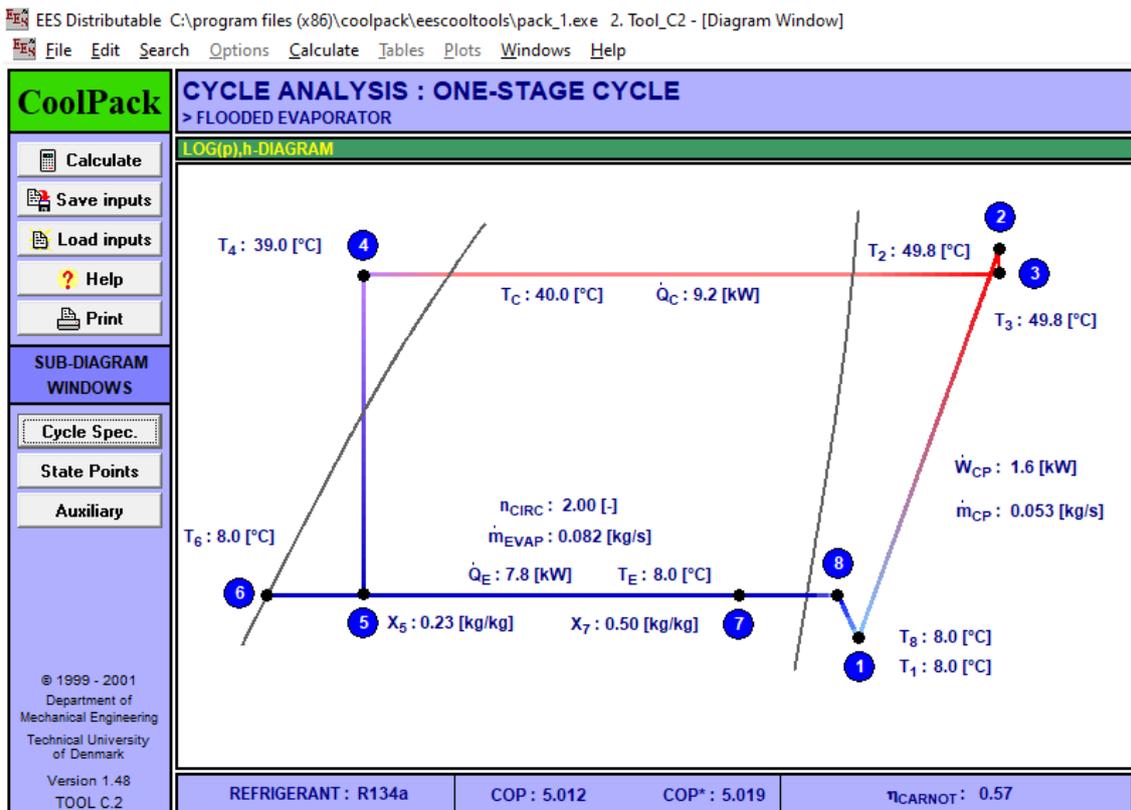
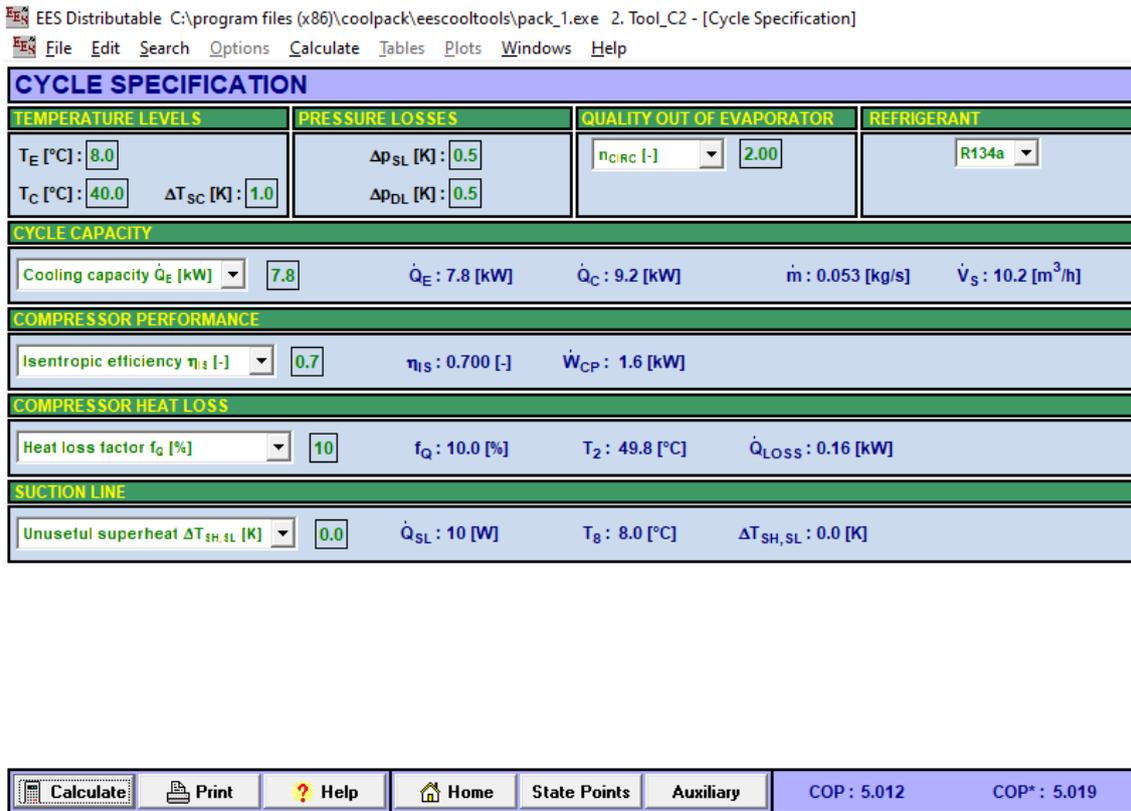


Ilustración 39. Resultados del ciclo de la sala de envasado (Fuente: [20]).

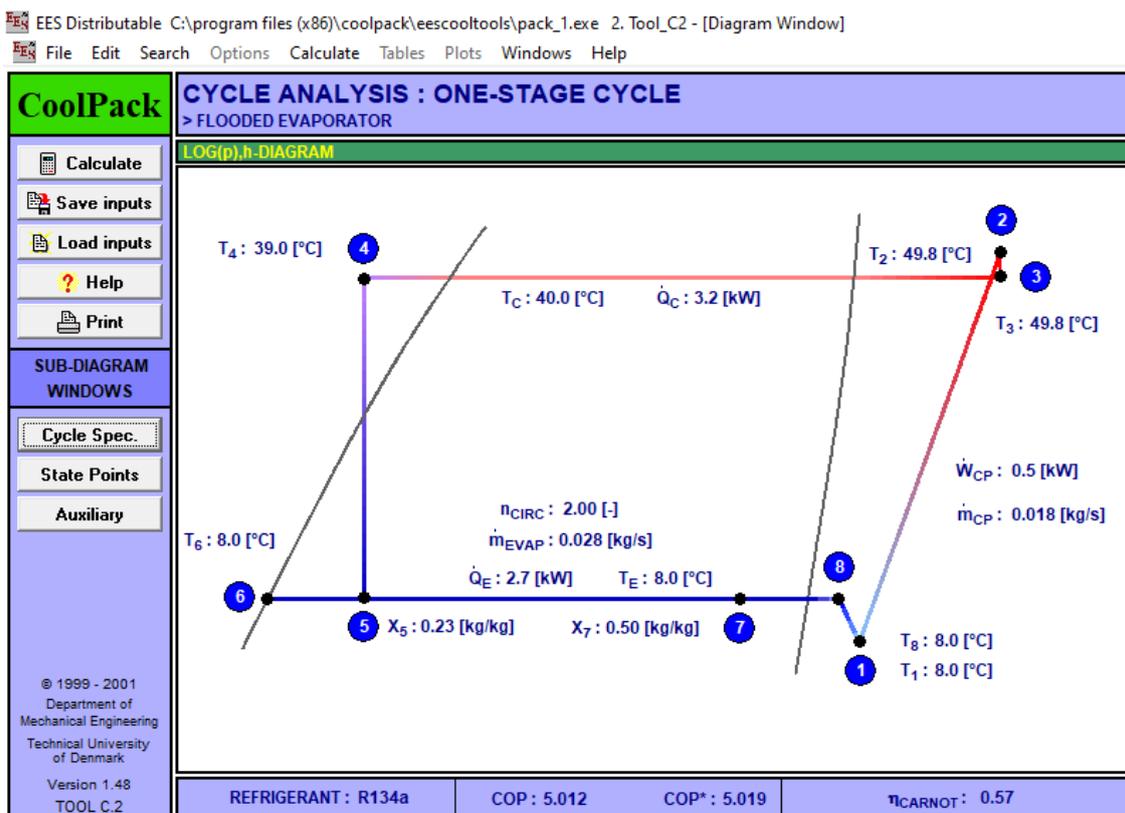
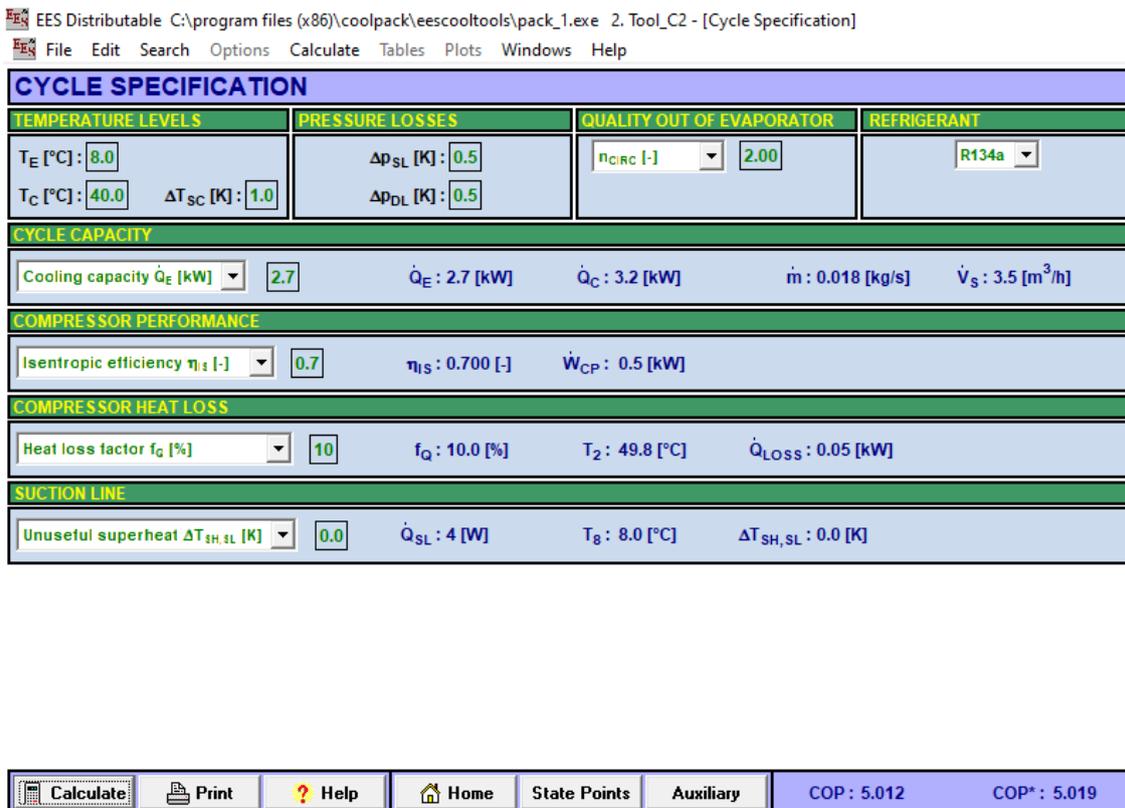


Ilustración 40. Resultados del ciclo del pasillo (Fuente: [20]).

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack\_1.exe 2. Tool\_C2 - [Cycle Specification]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

CYCLE SPECIFICATION			
TEMPERATURE LEVELS	PRESSURE LOSSES	QUALITY OUT OF EVAPORATOR	REFRIGERANT
$T_E$ [°C]: -37.0	$\Delta p_{SL}$ [K]: 0.5	$n_{CIRC}$ [-]: 2.00	R404A
$T_C$ [°C]: 40.0 $\Delta T_{SC}$ [K]: 1.0	$\Delta p_{DL}$ [K]: 0.5		
CYCLE CAPACITY			
Cooling capacity $\dot{Q}_E$ [kW]: 12.9	$\dot{Q}_E$ : 12.9 [kW]	$\dot{Q}_C$ : 22.7 [kW]	$\dot{m}$ : 0.149 [kg/s] $\dot{V}_S$ : 68.4 [m <sup>3</sup> /h]
COMPRESSOR PERFORMANCE			
Isentropic efficiency $\eta_{IS}$ [-]: 0.7	$\eta_{IS}$ : 0.700 [-]	$\dot{W}_{CP}$ : 10.9 [kW]	
COMPRESSOR HEAT LOSS			
Heat loss factor $f_Q$ [%]: 10	$f_Q$ : 10.0 [%]	$T_2$ : 63.9 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS}$ : 1.09 [kW]
SUCTION LINE			
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]: 0.0	$\dot{Q}_{SL}$ : 15 [W]	$T_8$ : -37.0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$ : 0.0 [K]

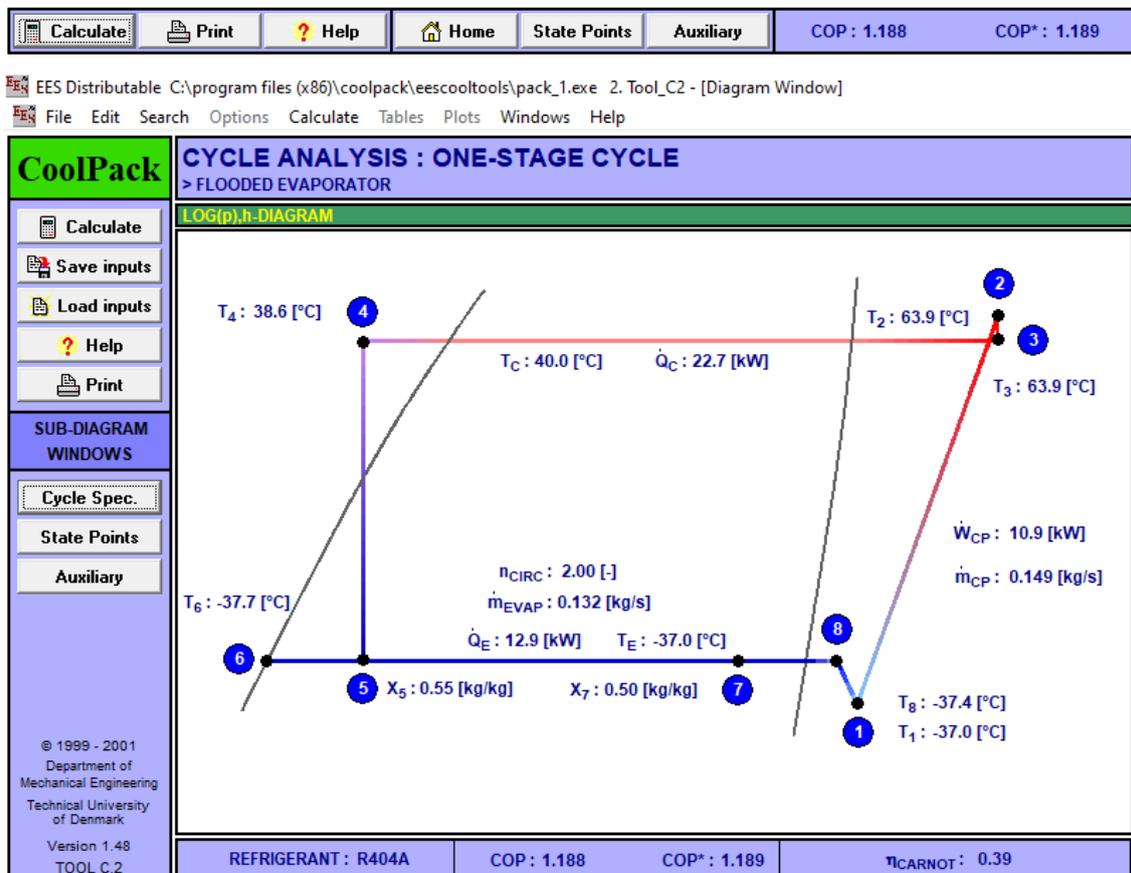


Ilustración 41. Resultados del ciclo del túnel de congelación (Fuente: [20]).

EES Distributable C:\program files (x86)\coolpack\eescooltools\pack\_1.exe 2. Tool\_C2 - [Cycle Specification]

File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help

CYCLE SPECIFICATION			
TEMPERATURE LEVELS	PRESSURE LOSSES	QUALITY OUT OF EVAPORATOR	REFRIGERANT
$T_E$ [°C]: -27.0	$\Delta p_{SL}$ [K]: 0.5	$n_{CIRC}$ [-]: 2.00	R404A
$T_C$ [°C]: 40.0 $\Delta T_{SC}$ [K]: 1.0	$\Delta p_{DL}$ [K]: 0.5		
CYCLE CAPACITY			
Cooling capacity $\dot{Q}_E$ [kW]: 10.6	$\dot{Q}_E$ : 10.6 [kW]	$\dot{Q}_C$ : 16.9 [kW]	$\dot{m}$ : 0.114 [kg/s] $\dot{V}_S$ : 35.3 [m <sup>3</sup> /h]
COMPRESSOR PERFORMANCE			
Isentropic efficiency $\eta_{IS}$ [-]: 0.7	$\eta_{IS}$ : 0.700 [-]	$\dot{W}_{CP}$ : 6.9 [kW]	
COMPRESSOR HEAT LOSS			
Heat loss factor $f_Q$ [%]: 10	$f_Q$ : 10.0 [%]	$T_2$ : 59.3 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS}$ : 0.69 [kW]
SUCTION LINE			
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]: 0.0	$\dot{Q}_{SL}$ : 14 [W]	$T_8$ : -27.0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$ : 0.0 [K]

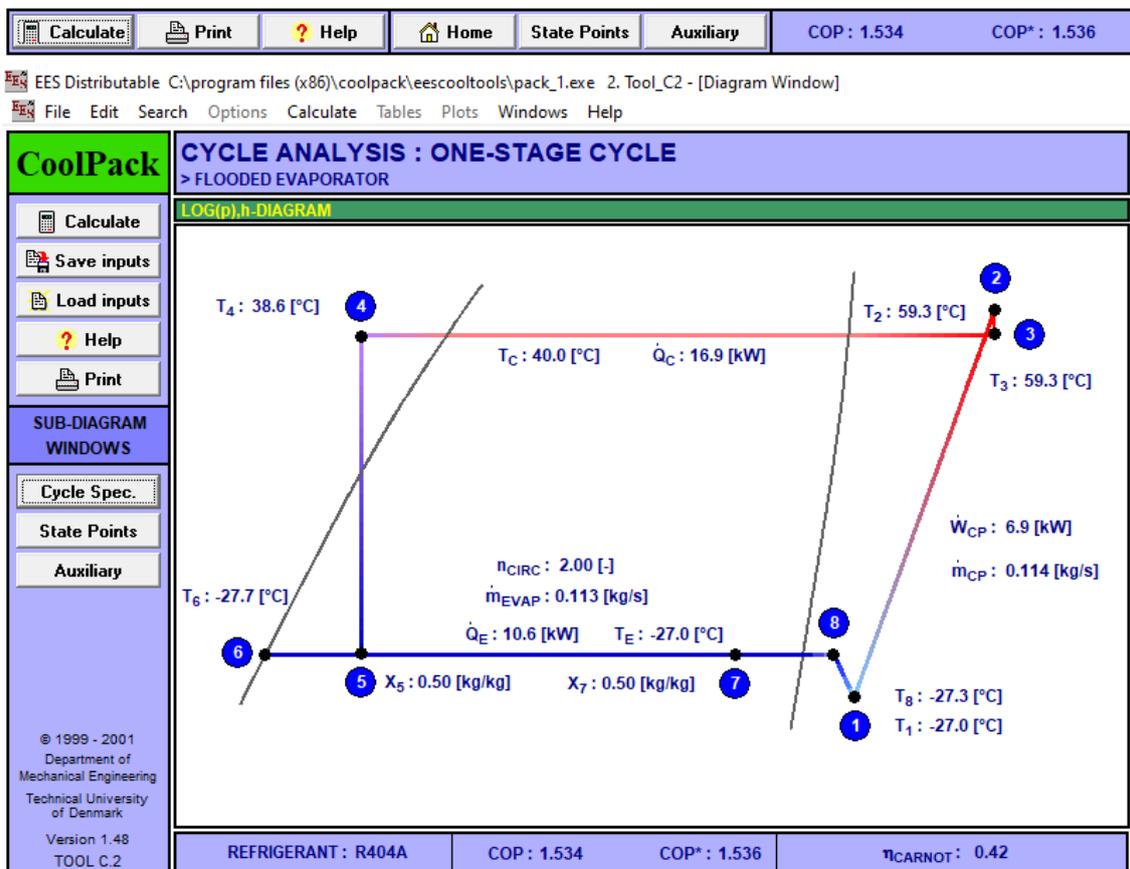


Ilustración 42. Resultados del ciclo de la cámara de congelados (Fuente: [20]).

Se muestran a continuación los datos y resultados obtenidos para los tramos de tuberías de ambas instalaciones de refrigeración:

### Central de Temperatura Positiva (R134a)

Ilustración 43. Tubería de gas aspirado del tramo L1 (Fuente: [24]).

Ilustración 44. Tubería de líquido del tramo L1 (Fuente: [24]).

Tubo mas grande siguiente	Díámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
35 x 1.5 (di=32mm)	38.64	42 x 1.5 (di=38mm)
10.59	7.26	7.13
0.03	0.01	0.01
384	153	146
0.3	L=8.3 m Δp=0.11 K	0.1

Ilustración 45. Tubería de gas aspirado del tramo L2 (Fuente: [24]).

Tubo mas grande siguiente	Díámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
15 x 1.0 (di=13mm)	13.92	16 x 1.0 (di=14mm)
0.90	0.78	0.77
0.03	0.02	0.02
685	493	478
0.2	L=8.3 m Δp=0.15 K	0.1

Ilustración 46. Tubería de líquido del tramo L2 (Fuente: [24]).

The screenshot shows the SOLKANE 8.0.0 software interface. The main window displays various system parameters and a pipe dimensioning table. The refrigerant is R134a. The evaporator temperature is 8.00 °C, and the condenser temperature is 40.00 °C. The refrigeration capacity is 7.80 kW. The pipe dimensioning table for the gas suction line (Tubería de gas aspirado) shows a diameter of 22 x 1.0 mm (dn=20mm) with a velocity of 8.99 m/s and an equivalent length of 0.04 Km. The pressure drop is 514 Pa/m, resulting in a total pressure loss of 193 Pa over a length of 2.2 m.

Sección de tubo	Material	Estándar	Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa
Tubería gas aspirado	Cu	EN 12735-1	Tubería gas aspirado   Tubería de gas a presión   Tubería de líquido   Tubería ascendente gas aspirado   Tubería ascendente gas a presión
Tubería de gas a presión	Cu	EN 12735-1	
Tubería de líquido	Cu	EN 12735-1	
Tubería ascendente gas aspirado	Cu	EN 12735-1	
Tubería ascendente gas a presión	Cu	EN 12735-1	

Tubería de gas aspirado [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]	
Tubo mas grande siguiente	Tubo mas pequeño siguiente
22 x 1.0 (dn=20mm)	28 x 1.5 (dn=25mm)
Velocidad [m/s]	8.99
Longitud equivalente [Km]	0.04
Caida de presión [Pa/m]	514
Pérdida total de presión [K]	193
L=2.2 m Δp=0.086 K	0.0

Ilustración 47. Tubería de gas aspirado del tramo L3 (Fuente: [24]).

The screenshot shows the SOLKANE 8.0.0 software interface. The main window displays various system parameters and a pipe dimensioning table. The refrigerant is R134a. The evaporator temperature is -2.00 °C, and the condenser temperature is 40.00 °C. The refrigeration capacity is 7.80 kW. The pipe dimensioning table for the liquid line (Tubería de líquido) shows a diameter of 10 x 1.0 mm (dn=8mm) with a velocity of 0.95 m/s and an equivalent length of 0.05 Km. The pressure drop is 1362 Pa/m, resulting in a total pressure loss of 471 Pa over a length of 2.2 m.

Sección de tubo	Material	Estándar	Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa
Tubería gas aspirado	Cu	EN 12735-1	Tubería gas aspirado   Tubería de gas a presión   Tubería de líquido   Tubería ascendente gas aspirado   Tubería ascendente gas a presión
Tubería de gas a presión	Cu	EN 12735-1	
Tubería de líquido	Cu	EN 12735-1	
Tubería ascendente gas aspirado	Cu	EN 12735-1	
Tubería ascendente gas a presión	Cu	EN 12735-1	

Tubería de líquido [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]	
Tubo mas grande siguiente	Tubo mas pequeño siguiente
10 x 1.0 (dn=8mm)	12 x 1.0 (dn=10mm)
Velocidad [m/s]	0.95
Longitud equivalente [Km]	0.05
Caida de presión [Pa/m]	1362
Pérdida total de presión [K]	471
L=2.2 m Δp=0.11 K	0.0

Ilustración 48. Tubería de líquido del tramo L3 (Fuente: [24]).

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 134a]**

Medio refrigerante: **134a**

Propiedades del refrigerante:  
 $t_c$ : 101.06 °C  
 $P_c$ : 40.59 bar  
 $v_c$ : 1.954 dm<sup>3</sup>/kg

**Vaporizador**  
 Temperatura: 3.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Capacidad frigorífica: 11.7 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700  Auto

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
**Conducto de gas de presión**  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

**Tubería de gas aspirado [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]**

Tubo mas grande siguiente	Díámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
28 x 1.5 (di=25mm)	26.54	35 x 1.5 (di=32mm)
Velocidad [m/s]	9.24	6.35
Longitud equivalente [K/m]	0.04	0.01
Caida de presión [Pa/m]	499	150
Pérdida total de presión [K]	0.1	0.0
L=3.4 m	$\Delta p=0.11$ K	

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	3.00 °C
Temp. media gas aspirado	5.50 °C
Temp. media gas a presión	59.77 °C
Temp. de licuado	40.00 °C
Subenfriamiento de líquido	0.00 K
Capacidad frigorífica	11.7 kW

Ilustración 49. Tubería de gas aspirado del tramo L4 (Fuente: [24]).

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 134a]**

Medio refrigerante: **134a**

Propiedades del refrigerante:  
 $t_c$ : 101.06 °C  
 $P_c$ : 40.59 bar  
 $v_c$ : 1.954 dm<sup>3</sup>/kg

**Vaporizador**  
 Temperatura: -2.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Capacidad frigorífica: 11.7 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700  Auto

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
**Conducto de gas de presión**  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

**Tubería de líquido [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]**

Tubo mas grande siguiente	Díámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
12 x 1.0 (di=10mm)	10.65	15 x 1.0 (di=13mm)
Velocidad [m/s]	0.81	0.54
Longitud equivalente [K/m]	0.04	0.01
Caida de presión [Pa/m]	976	275
Pérdida total de presión [K]	0.1	0.0
L=3.4 m	$\Delta p=0.09$ K	

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	-2.00 °C
Temp. media gas aspirado	0.50 °C
Temp. media gas a presión	62.39 °C
Temp. de licuado	40.00 °C
Subenfriamiento de líquido	0.00 K
Capacidad frigorífica	11.7 kW

Ilustración 50. Tubería de líquido del tramo L4 (Fuente: [24]).

**Sección de tubo**

Sección de tubo	Material	Estándar
Tubería gas aspirado	Cu	EN 12735-1
Tubería de gas a presión	Cu	EN 12735-1
Tubería de líquido	Cu	EN 12735-1
Tubería ascendente gas aspirado	Cu	EN 12735-1
Tubería ascendente gas a presión	Cu	EN 12735-1

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	-2.00	°C
Temp. media gas aspirado	0.50	°C
Temp. media gas a presión	62.39	°C
Temp. de licuado	40.00	°C
Subenfriamiento de líquido	0.00	K
Capacidad frigorífica	10.3	kW

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

Tubo mas grande siguiente	Diámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
35 x 1.5 (dia=32mm)	32.48	42 x 1.5 (dia=33mm)
6.79	6.59	4.57
0.01	0.01	0.01
146	135	56
0.1	L=9.62 m Δp=0.13 K	0.1

Ilustración 51. Tubería de gas aspirado del tramo L5 (Fuente: [24]).

**Sección de tubo**

Sección de tubo	Material	Estándar
Tubería gas aspirado	Cu	EN 12735-1
Tubería de gas a presión	Cu	EN 12735-1
Tubería de líquido	Cu	EN 12735-1
Tubería ascendente gas aspirado	Cu	EN 12735-1
Tubería ascendente gas a presión	Cu	EN 12735-1

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	-2.00	°C
Temp. media gas aspirado	0.50	°C
Temp. media gas a presión	62.39	°C
Temp. de licuado	40.00	°C
Subenfriamiento de líquido	0.00	K
Capacidad frigorífica	10.3	kW

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

Tubo mas grande siguiente	Diámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
12 x 1.0 (dia=10mm)	10.67	15 x 1.0 (dia=13mm)
0.81	0.71	0.48
0.03	0.02	0.01
776	567	219
0.3	L=9.62 m Δp=0.2 K	0.1

Ilustración 52. Tubería de líquido del tramo L5 (Fuente: [24]).

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 134a]**

Medio refrigerante: 134a

Temperatura: 101.06 °C  
 P<sub>c</sub>: 40.59 bar  
 v<sub>c</sub>: 1.954 dm<sup>3</sup>/kg

**Vaporizador**  
 Temperatura: 5.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Capacidad frigorífica: 29.4 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700  Auto

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Conducto de gas de presión  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

Tubería gas aspirado | Tubería de gas a presión | Tubería de líquido | Tubería ascendente gas aspirado | Tubería ascendente gas a presión

**Tubería gas aspirado [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]**

Tubo mas grande siguiente	Díámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
35 x 1.5 (di=32mm)	38.76	42 x 1.5 (di=39mm)
Velocidad [m/s]	10.09	
Longitud equivalente [Km]	0.06	0.02
Caida de presión [Pa/m]	759	287
Pérdida total de presión [K]	0.3	0.1
L=4.51 m Δp=0.11 K		

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	5.00 °C
Temp. media gas aspirado	7.50 °C
Temp. media gas a presión	58.78 °C
Temp. de licuado	40.00 °C
Subenfriamiento de líquido	0.00 K
Capacidad frigorífica	29.4 kW

Ilustración 53. Tubería de gas aspirado del tramo P1 (Fuente: [24]).

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 134a]**

Medio refrigerante: 134a

Temperatura: 101.06 °C  
 P<sub>c</sub>: 40.59 bar  
 v<sub>c</sub>: 1.954 dm<sup>3</sup>/kg

**Vaporizador**  
 Temperatura: -2.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Capacidad frigorífica: 29.4 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700  Auto

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Conducto de gas de presión  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

Tubería gas aspirado | Tubería de gas a presión | Tubería de líquido | Tubería ascendente gas aspirado | Tubería ascendente gas a presión

**Tubería de líquido [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]**

Tubo mas grande siguiente	Díámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
18 x 1.0 (di=16mm)	16.81	22 x 1.0 (di=20mm)
Velocidad [m/s]	0.81	
Longitud equivalente [Km]	0.02	0.01
Caida de presión [Pa/m]	532	181
Pérdida total de presión [K]	0.1	0.0
L=4.55 m Δp=0.070K		

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	-2.00 °C
Temp. media gas aspirado	0.50 °C
Temp. media gas a presión	62.39 °C
Temp. de licuado	40.00 °C
Subenfriamiento de líquido	0.00 K
Capacidad frigorífica	29.4 kW

Ilustración 54. Tubería de líquido del tramo P1 (Fuente: [24]).

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 134a]**

Medio refrigerante: **134a**

Temperatura: 101.06 °C  
 P<sub>s</sub>: 40.59 bar  
 v<sub>c</sub>: 1.954 dm<sup>3</sup>/kg

**Vaporizador**  
 Temperatura: 5.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Capacidad frigorífica: 23.6 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700 Auto

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
**Conducto de gas de presión**  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

---

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

Tubería gas aspirado | Tubería de gas a presión | Tubería de líquido | Tubería ascendente gas aspirado | Tubería ascendente gas a presión

**Tubería de gas aspirado [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]**

Tubo mas grande siguiente	Dímetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
35 x 1.5 (di=32mm)	38.66	42 x 1.5 (di=39mm)
Velocidad [m/s]	8.14	8.00
Longitud equivalente [K/m]	0.04	0.02
Caida de presión [Pa/m]	504	191
Pérdida total de presión [K]	0.3	0.1
L=7.3 m Δp=0.120 K		

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	5.00 °C
Temp. media gas aspirado	7.50 °C
Temp. media gas a presión	58.78 °C
Temp. de licuado	40.00 °C
Subenfriamiento de líquido	0.00 K
Capacidad frigorífica	23.6 kW

Ilustración 55. Tubería de gas aspirado del tramo P2 (Fuente: [24]).

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 134a]**

Medio refrigerante: **134a**

Temperatura: 101.06 °C  
 P<sub>s</sub>: 40.59 bar  
 v<sub>c</sub>: 1.954 dm<sup>3</sup>/kg

**Vaporizador**  
 Temperatura: -2.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Capacidad frigorífica: 23.6 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700 Auto

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
**Conducto de gas de presión**  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

---

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

Tubería gas aspirado | Tubería de gas a presión | Tubería de líquido | Tubería ascendente gas aspirado | Tubería ascendente gas a presión

**Tubería de líquido [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]**

Tubo mas grande siguiente	Dímetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
15 x 1.0 (di=13mm)	13.89	16 x 1.0 (di=14mm)
Velocidad [m/s]	0.96	0.94
Longitud equivalente [K/m]	0.04	0.03
Caida de presión [Pa/m]	977	682
Pérdida total de presión [K]	0.3	0.2
L=7.3 m Δp=0.19 K		

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	-2.00 °C
Temp. media gas aspirado	0.50 °C
Temp. media gas a presión	62.39 °C
Temp. de licuado	40.00 °C
Subenfriamiento de líquido	0.00 K
Capacidad frigorífica	23.6 kW

Ilustración 56. Tubería de líquido del tramo P2 (Fuente: [24]).

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 134a]**

Medio refrigerante: **134a**

Temperatura: 101.06 °C  
 Rendimiento isotrópico: 0.700  Auto

**Vaporizador**  
 Temperatura: 8.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Capacidad frigorífica: 8.10 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700  Auto

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
**Conducto de gas de presión**  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

Tubería gas aspirado | Tubería de gas a presión | Tubería de líquido | Tubería ascendente gas aspirado | Tubería ascendente gas a presión

**Tubería gas aspirado [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]**

Tubo mas grande siguiente	Díámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
22 x 1.0 (dn=20mm)	20.44	28 x 1.5 (dn=25mm)
	Velocidad [m/s]	
	8.94	5.97
	Longitud equivalente [Km]	
	0.05	0.02
	Caida de presión [Pa/m]	
	616	207
	Pérdida total de presión [K]	
	L=3.8 m Δp=0.160 K	0.1

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	8.00 °C
Temp. media gas aspirado	10.50 °C
Temp. media gas a presión	57.36 °C
Temp. de licuado	40.00 °C
Subenfriamiento de líquido	0.00 K
Capacidad frigorífica	8.1 kW

Ilustración 57. Tubería de gas aspirado del tramo P3 (Fuente: [24]).

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 134a]**

Medio refrigerante: **134a**

Temperatura: 101.06 °C  
 Rendimiento isotrópico: 0.700  Auto

**Vaporizador**  
 Temperatura: -2.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Capacidad frigorífica: 8.05 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700  Auto

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
**Conducto de gas de presión**  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

Tubería gas aspirado | Tubería de gas a presión | Tubería de líquido | Tubería ascendente gas aspirado | Tubería ascendente gas a presión

**Tubería de líquido [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]**

Tubo mas grande siguiente	Díámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
12 x 1.0 (dn=10mm)	10.68	15 x 1.0 (dn=13mm)
	Velocidad [m/s]	
	0.55	0.37
	Longitud equivalente [Km]	
	0.02	0.01
	Caida de presión [Pa/m]	
	498	141
	Pérdida total de presión [K]	
	L=3.75 m Δp=0.05 K	0.0

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	-2.00 °C
Temp. media gas aspirado	0.50 °C
Temp. media gas a presión	62.39 °C
Temp. de licuado	40.00 °C
Subenfriamiento de líquido	0.00 K
Capacidad frigorífica	8.05 kW

Ilustración 58. Tubería de líquido del tramo P3 (Fuente: [24]).

The screenshot shows the SOLKANE 8.0.0 software interface for R134a refrigerant. The main window displays various parameters for the refrigerant and the system components. The 'Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa' section is active, showing the 'Tubería de gas aspirado' (gas suction pipe) configuration. The pipe is made of Cu (Copper) and EN 12735-1 standard. The dimensioning table shows the following data:

Tubo mas grande siguiente	Dímetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
12 x 1.0 (di=10mm)	10.76	15 x 1.0 (di=13mm)
Velocidad [m/s]	5.58	
Longitud equivalente [Km]	0.04	
Caja de presión [Pa/m]	722	202
Pérdida total de presión [K]	0.1	0.0
L= 1.3 m	$\Delta p=0.050$ K	

Other parameters shown include: Vaporizador (Temperature: 8.00 °C, Capacity: 1.40 kW), Condensador (Temperature: 40.00 °C), and Compresor (Efficiency: 0.700).

Ilustración 59. Tubería de gas aspirado del tramo P4 (Fuente: [24]).

The screenshot shows the SOLKANE 8.0.0 software interface for R134a refrigerant. The main window displays various parameters for the refrigerant and the system components. The 'Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa' section is active, showing the 'Tubería de líquido' (liquid line) configuration. The pipe is made of Cu (Copper) and EN 12735-1 standard. The dimensioning table shows the following data:

Tubo mas grande siguiente	Dímetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
6 x 1.0 (di=6mm)	4.69	8 x 1.0 (di=8mm)
Velocidad [m/s]	0.50	
Longitud equivalente [Km]	0.07	0.01
Caja de presión [Pa/m]	1803	259
Pérdida total de presión [K]	0.1	0.0
L= 1.3 m	$\Delta p=0.04$ K	

Other parameters shown include: Vaporizador (Temperature: -2.00 °C, Capacity: 1.40 kW), Condensador (Temperature: 40.00 °C), and Compresor (Efficiency: 0.700).

Ilustración 60. Tubería de líquido del tramo P4 (Fuente: [24]).

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 134a]**

Medio refrigerante: Cálculo

Temperatura: 101.06 °C  
 P<sub>s</sub>: 40.59 bar  
 v<sub>c</sub>: 1.954 dm<sup>3</sup>/kg

**Vaporizador**  
 Temperatura: 8.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Capacidad frigorífica: 6.70 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
**Conducto de gas de presión**  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

Sección de tubo	Material	Estándar
Tubería gas aspirado	Cu	EN 12735-1
Tubería de gas a presión	Cu	EN 12735-1
Tubería de líquido	Cu	EN 12735-1
Tubería ascendente gas aspirado	Cu	EN 12735-1
Tubería ascendente gas a presión	Cu	EN 12735-1

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	8.00 °C
Temp. media gas aspirado	10.50 °C
Temp. media gas a presión	57.36 °C
Temp. de licuado	40.00 °C
Subenfriamiento de líquido	0.00 K
Capacidad frigorífica	6.7 kW

**Tubo mas grande siguiente**  
 22 x 1.0 (di=20mm)    Diámetro interior [mm]: 20.31

**Tubo mas pequeño siguiente**  
 28 x 1.5 (di=25mm)    Diámetro interior [mm]: 28.00

Velocidad [m/s]: 7.49  
 Longitud equivalente [K/m]: 0.03  
 Caída de presión [Pa/m]: 434  
 Pérdida total de presión [K]: 0.2  
 L=6.2 m    Δp=0.19 K

Ilustración 61. Tubería de gas aspirado del tramo P5 (Fuente: [24]).

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 134a]**

Medio refrigerante: Cálculo

Temperatura: 101.06 °C  
 P<sub>s</sub>: 40.59 bar  
 v<sub>c</sub>: 1.954 dm<sup>3</sup>/kg

**Vaporizador**  
 Temperatura: -2.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
 Capacidad frigorífica: 6.70 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.10 bar  
**Conducto de gas de presión**  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

Sección de tubo	Material	Estándar
Tubería gas aspirado	Cu	EN 12735-1
Tubería de gas a presión	Cu	EN 12735-1
Tubería de líquido	Cu	EN 12735-1
Tubería ascendente gas aspirado	Cu	EN 12735-1
Tubería ascendente gas a presión	Cu	EN 12735-1

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	-2.00 °C
Temp. media gas aspirado	0.50 °C
Temp. media gas a presión	62.39 °C
Temp. de licuado	40.00 °C
Subenfriamiento de líquido	0.00 K
Capacidad frigorífica	6.7 kW

**Tubo mas grande siguiente**  
 8 x 1.0 (di=6mm)    Diámetro interior [mm]: 7.99

**Tubo mas pequeño siguiente**  
 10 x 1.0 (di=8mm)    Diámetro interior [mm]: 10.00

Velocidad [m/s]: 0.82  
 Longitud equivalente [K/m]: 0.16  
 Caída de presión [Pa/m]: 4230  
 Pérdida total de presión [K]: 1.0  
 L=6.2 m    Δp=0.24 K

Ilustración 62. Tubería de líquido del tramo P5 (Fuente: [24]).

### Central de Temperatura Negativa (R404a)

The screenshot shows the SOLKANE 8.0.0 software interface. The main window is titled 'Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa'. The 'Sección de tubo' is set to 'Tubería de gas aspirado'. The 'Material' is 'Cu' and the 'Estándar' is 'EN 12735-1'. The 'Dimensionamiento de tubo' table shows the following data:

Tubo más grande siguiente	Dímetro interior [mm]	Tubo más pequeño siguiente
64 x 2.0 (di=60mm)	62.78	76 x 2.0 (di=72mm)
9.61	6.78	6.67
0.01	0.01	0.01
98	78	40
0.1	L=6.5 m Δp=0.065K	0.0

The 'Datos del proceso' table shows the following data:

Temp. de vaporización	-32.00	°C
Temp. media gas aspirado	-29.50	°C
Temp. media gas a presión	72.68	°C
Temp. de licuado	40.00	°C
Subenfriamiento de líquido	0.00	K
Capacidad frigorífica	23.5	kW

Ilustración 63. Tubería de gas aspirado del tramo N1 (Fuente: [24]).

The screenshot shows the SOLKANE 8.0.0 software interface. The main window is titled 'Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa'. The 'Sección de tubo' is set to 'Tubería de líquido'. The 'Material' is 'Cu' and the 'Estándar' is 'EN 12735-1'. The 'Dimensionamiento de tubo' table shows the following data:

Tubo más grande siguiente	Dímetro interior [mm]	Tubo más pequeño siguiente
22 x 1.0 (di=20mm)	20.47	28 x 1.5 (di=25mm)
0.89	0.85	0.57
0.01	0.01	0.00
318	284	108
0.0	L=6.5 m Δp=0.042K	0.0

The 'Datos del proceso' table shows the following data:

Temp. de vaporización	-37.00	°C
Temp. media gas aspirado	-34.50	°C
Temp. media gas a presión	76.05	°C
Temp. de licuado	40.00	°C
Subenfriamiento de líquido	0.00	K
Capacidad frigorífica	23.5	kW

Ilustración 64. Tubería de líquido del tramo N1 (Fuente: [24]).

Ilustración 65. Tubería de gas aspirado del tramo N2 (Fuente: [24]).

Ilustración 66. Tubería de líquido del tramo N2 (Fuente: [24]).

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 404A]**

Medio refrigerante: **404A**

Temperatura  $t_c$ : 72.05 °C  
 Presión  $P_c$ : 37.29 bar  
 Volumen específico  $v_c$ : 2.055 dm<sup>3</sup>/kg

**Vaporizador**  
 Temperatura: -27.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.05 bar  
 Capacidad frigorífica: 10.6 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700  Auto

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.05 bar  
 Conducho de gas de presión  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

---

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

Sección de tubo: Tubería gas aspirado (Material: Cu, Estándar: EN 12735-1)

Tubería de gas a presión: Cu / EN 12735-1  
 Tubería de líquido: Cu / EN 12735-1  
 Tubería ascendente gas aspirado: Cu / EN 12735-1  
 Tubería ascendente gas a presión: Cu / EN 12735-1

**Tubería de gas aspirado [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]**

Tubo mas grande siguiente	Díámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
35 x 1.5 (d=32mm)	38.74	42 x 1.5 (d=38mm)
	Velocidad [m/s]	
12.14	8.28	8.17
	Longitud equivalente [K/m]	
0.04	0.02	0.02
	Caida de presión [Pa/m]	
376	148	143
	Pérdida total de presión [K]	
0.3	L=6.4 m Δp=0.103 K	0.1

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	-27.00 °C
Temp. media gas aspirado	-24.50 °C
Temp. media gas a presión	69.66 °C
Temp. de licuado	40.00 °C
Subenfriamiento de líquido	0.00 K
Capacidad frigorífica	10.6 kW

Ilustración 67. Tubería de gas aspirado del tramo N3 (Fuente: [24]).

**SOLKANE 8.0.0 - [SOLKANE® 404A]**

Medio refrigerante: **404A**

Temperatura  $t_c$ : 72.05 °C  
 Presión  $P_c$ : 37.29 bar  
 Volumen específico  $v_c$ : 2.055 dm<sup>3</sup>/kg

**Vaporizador**  
 Temperatura: -37.00 °C  
 Recalentamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.05 bar  
 Capacidad frigorífica: 10.6 kW

**Condensador**  
 Temperatura: 40.00 °C  
 Subenfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.20 bar

**Compresor**  
 Rendimiento isotrópico: 0.700  Auto

**Conducto de gas por aspiración**  
 Recalentamiento: 5.00 K  
 Pérdida de presión: 0.05 bar  
 Conducho de gas de presión  
 Enfriamiento: 0.00 K  
 Pérdida de presión: 0.00 bar

---

**Dimensionamiento de tubo / Proceso de una etapa**

Sección de tubo: Tubería de líquido (Material: Cu, Estándar: EN 12735-1)

Tubería gas aspirado: Cu / EN 12735-1  
 Tubería de gas a presión: Cu / EN 12735-1  
 Tubería de líquido: Cu / EN 12735-1  
 Tubería ascendente gas aspirado: Cu / EN 12735-1  
 Tubería ascendente gas a presión: Cu / EN 12735-1

**Tubería de líquido [Cu / EN 12735-1 / Pérdida total de presión]**

Tubo mas grande siguiente	Díámetro interior [mm]	Tubo mas pequeño siguiente
15 x 1.0 (d=13mm)	13.83	16 x 1.0 (d=14mm)
	Velocidad [m/s]	
0.95	0.84	0.82
	Longitud equivalente [K/m]	
0.01	0.01	0.01
	Caida de presión [Pa/m]	
603	446	421
	Pérdida total de presión [K]	
0.1	L=6.4 m Δp=0.065 K	0.1

**Datos del proceso**

Temp. de vaporización	-37.00 °C
Temp. media gas aspirado	-34.50 °C
Temp. media gas a presión	76.05 °C
Temp. de licuado	40.00 °C
Subenfriamiento de líquido	0.00 K
Capacidad frigorífica	10.6 kW

Ilustración 68. Tubería de líquido del tramo N3 (Fuente: [24]).

## **ANEXO II: FICHAS TÉCNICAS**

Para la realización del proyecto se emplearán equipos y componentes como los que se indican a continuación, u otros de similares características.

### 1.1. EVAPORADORES

- **Almacén de producto congelado**

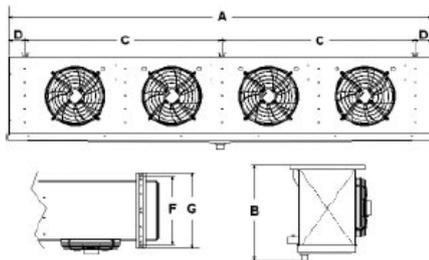


Evaporadores cúbicos, ventilados, comerciales e industriales

«CTE-50...» con separación de aleta 8 mm, hélice Ø 500 mm

Dimensiones en mm

Modelos		501 E/A/B-8	502 E/A/B-8	503 E/A/B-8	504 E/A/B-8
Totales	A	1184	2034	2884	3734
	B			844	
	G			660	
Anclajes	C	880	1730	2580	2x1730
	D			140	
	F			602	
Conex. frigoríficas en mm	Entrada Ø	E/A16-B22	E/A/B22	E22-A/B28	A/B28
	Salida Ø	E/A25-B35	E/A28-B42	E/A42-B54	A/B42-B54
Conex. desagüe	Salida	2" GAS			



#### Características

Modelo	Sup. Total m <sup>2</sup>	Ventiladores trifásicos 400 V 50 Hz					Desc. W ED	Rto. (Wátios) T° evap: -5°C		Rto. (Wátios) T° evap: -25°C
		N.º	Ø	A Total	m <sup>3</sup> /h	Tiro m		ΔT=7 TC=+2°C	ΔT=8 TC=+3°C	
CTE-501 E8	22,27	1	500	1,8	7780	29	6040	6874	8453	5620
CTE-501 A8	33,41	1	500	1,8	7410	28	6040	9380	11644	7679
CTE-501 B8	44,66	1	500	1,8	7110	27	6040	11062	13608	9043
CTE-502 E8	44,66	2	500	3,6	15670	31	10200	13989	17223	11446
<b>CTE-502 A8</b>	<b>66,82</b>	<b>2</b>	<b>500</b>	<b>3,6</b>	<b>14830</b>	<b>30</b>	<b>10200</b>	<b>18618</b>	<b>22790</b>	<b>16144</b>

Ilustración 69. Características del evaporador elegido para el almacén de producto congelado (Fuente: [23]).

- **Túnel de congelación**

**MURALES  
CON KIT DE  
VENTILACIÓN  
KSC**

Los evaporadores murales industriales de la serie KSC tienen su principal aplicación en procesos de congelación o enfriamiento rápido. Puede suministrarse la batería sin Tren de ventilación o como se detalla a continuación:

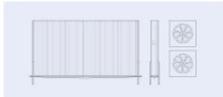


**Insfri**  
COLD AIR SOLUTIONS

**KSC + Tren ventilación Tipo A:** Batería con ventilación superior integrada.



**KSC + Tren ventilación Tipo B:** Batería con ventilación en bañe/s independiente/s.



**KSC + Tren ventilación Tipo C:** Batería con ventilación frontal.

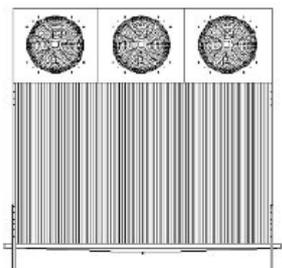


51

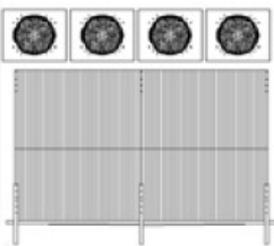


**Evaporadores murales verticales y kits de ventilación**

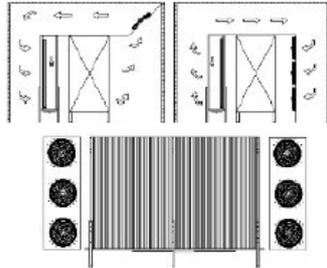
**KSC + Tren ventilación Tipo A:** Batería con ventilación superior integrada



**KSC + Tren ventilación Tipo B:** Batería con ventilación en bañe/s independiente/s



**KSC + Tren ventilación Tipo C:** Batería con ventilación frontal



# CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS:

## BATERÍA

- Construida con materia prima de gran calidad: tubos de cobre de 5/8" (Ø 43 mm pared) expansionados en aletas de aluminio con paso de 8 ó 10 mm.
- Cuidadosa limpieza interior de los tubos.
- Verificada a presión: se entrega con carga de nitrógeno seco.
- Colector y distribuidor de líquido, con los circuitos y longitudes adecuados a cada aplicación.
- Estructura de aluminio (2 mm grosor) con tornillos y soportes en acero inoxidable.
- Bandeja exterior e interior, para evitar condensaciones externas, en aluminio.

- Puede suministrarse:
- Para AGUA GLICOLADA o similar.
  - Paso de aletas 12 mm
  - Las medidas, previa demanda, pueden adecuarse a las necesidades del cliente.

## EMBALAJE

En jaula de madera.

## VENTILACIÓN

- Evaporadores equipados con ventiladores Ziehl-abbeg o EBM, de rotor externo, con protección térmica:

Ø VENTILADOR	V.F.Hz	PROTECCIÓN	POTENCIA ABSORBIDA	r.p.m.
450 mm	400 V / 3 / 50 Hz	IP-54	610 W	1.340
550 mm	400 V / 3 / 50 Hz	IP-54	700 W	1.340
630 mm	400 V / 3 / 50 Hz	IP-54	1.900 W	1.340
710 mm	400 V / 3 / 50 Hz	IP-54	3.000 W	1.340

- Los ventiladores disponen de rejillas de protección, en acero pintado, de acuerdo a la normativa de seguridad vigente (CE).
- Los motores están conexonados a terminal propio de tierra.
- La flecha de aire se indica según la normativa CECOMAF, distancia a la cual la velocidad es 0'25 m/s con el evaporador dispuesto en suelo rasante, sin obstáculos en el camino del aire.
- Los ventiladores y resistencias están conexonados en su cajas respectivas, con grado de protección IP-54.
- Los ventiladores pueden suministrarse con EMBOCADURA para conductos o distintas especificaciones ELÉCTRICAS a las ya referidas.

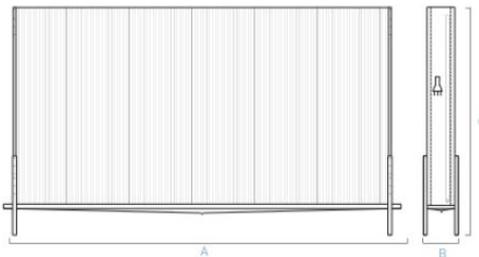
## DESHIELO

TIPO DESHIELO	APLICACIÓN (*)	DATOS CONSTRUCTIVOS
AIRE	Alta Temperatura [T°>0]	Ninguno
RESIST. BATERIA [R]	Alta-Media Temperatura [T°>0]	Resistencias de batería
RESIST. TOTALES [R]	Media-Baja Temperatura [T°<0]	Resistencias en batería + bandeja
GAS CALIENTE-MIXTO [RM]	Media-Baja Temperatura [T°<0]	Gas caliente batería + Resistencias bandeja
GAS CALIENTE-TOTAL [HT]	Media-Baja Temperatura [T°<0]	Gas caliente batería + Serpentin bandeja
AGUA [WD]	Alta-Media-Baja Temperatura	Bandeja dispersora agua

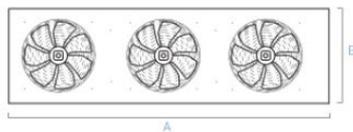
(\*) T° referida al recinto

- En el desescarhe eléctrico, las principales características de las resistencias son:
- Material en acero inoxidable blindado, con terminales vulcanizados sobre el tubo: alta protección anti-humedad y hielo.
  - Distribuidas de forma estratégica, dependiendo de la exigencia de calor del evaporador.
  - Disponen de fijación especial en su extremo, para evitar desplazamientos por dilatación.

# DIMENSIONES:



MODELO	A [mm]	B [mm]	C [mm]	CONEX. FRIG.			DESAGUE
				Ent.	Sal.	Sal.	
KSC 68	1.100	450	1.950	5/8"	1 5/8"	1"	1 1/4"
KSC 88		550			2 1/8"		
KSC 616_	1.900	450		1 3/8"	2 5/8"		
KSC 816_		550			2 x 2 1/8"		
KSC 624_	2.700	450		2 x 2 5/8"	2 x 2 1/8"		
KSC 824_		550			2 x 2 5/8"		
KSC 632_	3.500	450		2 x 3 1/8"	2 x 2 5/8"		
KSC 832_		550			2 x 2 5/8"		
KSC 640_	4.300	450		2 x 3 1/8"	2 x 2 5/8"		
KSC 840_		550			2 x 3 1/8"		
KSC 648_	5.100	450	2 x 3 1/8"	2 x 3 1/8"			
KSC 848_		550					



TREN VENT. MODELO	TIPO A		UNID.	TIPO B		UNID.	TIPO C	
	A [mm]	B [mm]		A x B [mm]	A [mm]		B [mm]	
KSC 68	800	800	1	800 X 800	2	600	1.700	1.700
KSC 88								
KSC 616_	1.600	800	2	800 X 800	2	650	1.730	1.700
KSC 816_								
KSC 624_	2.400	800	3	800 X 800	2	800	1.700	2.250
KSC 824_								
KSC 632_	3.200	800	4	800 X 800	2	850	1.700	2.250
KSC 832_								
KSC 640_	4.000	800	5	800 X 800	2	800	1.700	2.250
KSC 840_								
KSC 648_	4.800	800	6	800 X 800	2	800	1.700	2.250
KSC 848_								

# SELECCIÓN BATERÍA:

	BATERIA		DESHELO (kW)		POTENCIA (W) R404A			
	Sup. (m <sup>2</sup> )	Vol. Int. (dm <sup>3</sup> )	Bat.	Band.	T <sup>o</sup> Evap. - 5°C		T <sup>o</sup> Evap. - 25°C	
					DT 6°	DT 8°	DT 6°	DT 7°
					TC = +1°C	TC = +3°C	TC = -19°C	TC = -18°C
KSC 688	102	33,9	12,4	1,9	15.910	21.220	12.730	14.850
KSC 888	136	45,2	18,1		21.220	28.290	16.970	19.800
KSC 6168	204	63,8	28,5	3,0	31.820	42.430	25.460	29.700
KSC 8168	272	85,0	37,5		42.430	56.580	33.950	39.600
KSC 6248	306	93,6	41,8	4,4	47.740	63.740	38.190	44.550
KSC 8248	408	124,8	55,0		63.650	84.860	50.920	59.410
KSC 6328	408	123,4	45,6	4,8	63.650	84.860	50.920	59.410
KSC 8328	544	164,6	60,0		84.860	113.150	67.890	79.210
KSC 6408	510	153,3	57,0	6,0	79.560	106.080	63.650	74.260
KSC 8408	680	204,4	75,0		106.080	141.440	84.860	99.010
KSC 6488	612	183,1	68,4	7,2	95.470	127.300	76.380	89.110
KSC 8488	816	244,1	90,0		127.300	169.730	101.840	118.810

	BATERIA		DESHELO (kW)		POTENCIA (W) R404A			
	Sup. (m <sup>2</sup> )	Vol. Int. (dm <sup>3</sup> )	Bat.	Band.	T <sup>o</sup> Evap. - 25°C		T <sup>o</sup> Evap. - 35°C	
					DT 6°	DT 7°	DT 6°	DT 7°
					TC = -19°C	TC = -18°C	TC = -29°C	TC = -28°C
KSC 6810	83,2	33,9	12,4	1,9	11.950	13.940	11.260	13.130
KSC 8810	110,9	45,2	18,1		15.930	18.580	15.010	17.510
KSC 61610	166,4	63,8	28,5	3,0	23.890	27.880	22.520	26.270
KSC 81610	221,9	85,0	37,5		31.860	37.170	30.020	35.020
KSC 62410	249,7	93,6	41,8	4,4	35.840	41.810	33.770	39.400
KSC 82410	332,9	124,8	55,0		47.790	55.750	45.030	52.540
KSC 63210	332,9	123,4	45,6	4,8	47.790	55.750	45.030	52.540
KSC 83210	443,9	164,6	60,0		63.720	74.340	60.040	70.050
KSC 64010	416,2	153,3	57,0	6,0	59.730	69.690	56.290	65.670
KSC 84010	554,9	204,4	75,0		79.650	92.920	75.050	87.560
KSC 64810	499,4	183,1	68,4	7,2	71.680	83.630	67.550	78.800
KSC 84810	665,9	244,1	90,0		95.570	111.500	90.060	105.070

# SELECCIÓN TREN DE VENTILACIÓN:

TREN VENTILACIÓN TIPO: A (montado en parte superior)				TREN VENTILACIÓN TIPO: B (Independiente)			
MODELO	Nº x Ø Vent. (mm)	CAUDAL m <sup>3</sup> /h	TIRO mts	MODELO	Nº x Ø Vent. (mm)	CAUDAL m <sup>3</sup> /h	TIRO mts
KSC 688 KSC 888	1x630	16.800 16.500	35 34	KSC 688 KSC 888	4x450	16.800 16.500	24 23
KSC 6168 KSC 8168	2X630	33.300 33.000	36 35	KSC 6168 KSC 8168	4X500	33.300 33.000	28 27
KSC 6248 KSC 8248	3X630	49.800 49.500	37 36	KSC 6248 KSC 8248	6X500	49.800 49.500	30 29
KSC 6328 KSC 8328	4X630	66.300 66.000	38 37	KSC 6328 KSC 8328	4X630	66.300 66.000	38 37
KSC 6408 KSC 8408	5X630	82.800 82.500	39 38	KSC 6408 KSC 8408	4X710	82.800 82.500	44 43
KSC 6488 KSC 8488	6X630	99.300 99.000	40 39	KSC 6488 KSC 8488	6X630	99.300 99.000	40 39
KSC 6810 KSC 8810	1X630	16.900 16.600	36 35	KSC 6810 KSC 8810	4X450	16.900 16.600	25 24
KSC 61610 KSC 81610	2X630	33.500 33.200	37 36	KSC 61610 KSC 81610	4X500	33.500 33.200	29 28
KSC 62410 KSC 82410	3X630	51.100 49.800	38 37	KSC 62410 KSC 82410	6X500	51.100 49.800	31 30
KSC 63210 KSC 83210	4X630	66.700 66.400	39 38	KSC 63210 KSC 83210	4X630	66.700 66.400	39 38
KSC 64010 KSC 84010	5X630	83.300 83.000	40 39	KSC 64010 KSC 84010	4X710	83.300 83.000	45 44
KSC 64810 KSC 84810	6X630	99.900 99.600	41 40	KSC 64810 KSC 84810	6X630	99.900 99.600	41 40

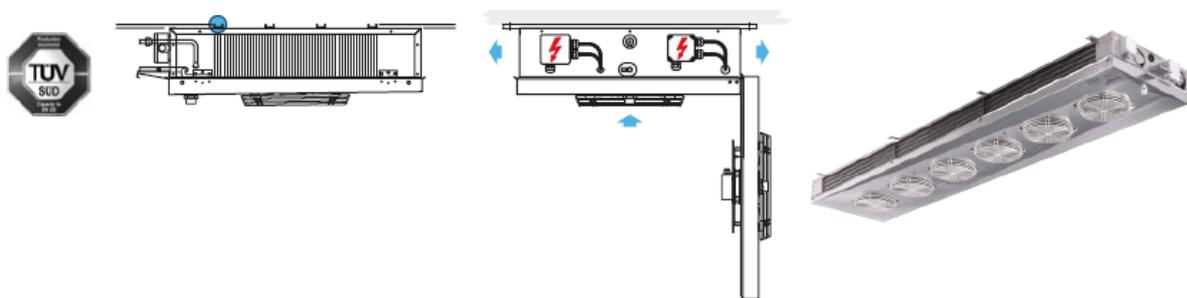
Ilustración 70. Características del tren de ventilación y baterías elegidos para el túnel de congelación (Fuente: [23]).

## - Sala de limpieza



### Evaporadores ventilados comerciales de techo doble flujo

«GDE...» con separación de aleta 4 mm, hélice Ø 315 mm



### Características

Alta velocidad de ventilación 1300 r.p.m.

Modelo	Sup. total m <sup>2</sup>	Ventiladores monof. 230 V 50/60 Hz						Rto. (Watts) T° evap: 0°C		Rto. (Watts) T° evap: -5°C	
		N.º	Ø	A. Total	m <sup>3</sup> /h	Tiro m	Desc. WED	ΔT=10 TC=+10 °C	ΔT=7 TC=+2 °C	ΔT=8 TC=+3 °C	
GDE 311 E4	13,2	1	315	0,5	1470	2X7	1600	3894	2262	2784	
GDE 312 E4	26,4	2	315	1	2940	2X8	3000	7932	4607	5671	
GDE 313 E4	39,6	3	315	1,5	4410	2X9	4500	11825	6869	8456	
GDE 314 E4	52,8	4	315	2	5880	2X10	6000	15718	9131	11240	
GDE 315 E4	66	5	315	2,5	7350	2X12	7500	19179	11142	13714	
GDE 316 E4	79,2	6	315	3	8820	2X14	8550	22928	13319	16395	

Modelo	Conex. Frig.		Dimensiones en mm		
	Entr.	Sal.	Ancho	Alto	Fondo
GDE 311 E4	12	16	885	283	860
GDE 312 E4	16	22	1435	288	860
GDE 313 E4	16	28	1985	293	860
GDE 314 E4	16	28	2535	298	860
GDE 315 E4	22	35	3085	300	860
GDE 316 E4	16	35	3635	308	860

Ilustración 71. Características del evaporador elegido para la sala de limpieza (Fuente: [23]).

**Pasillo**

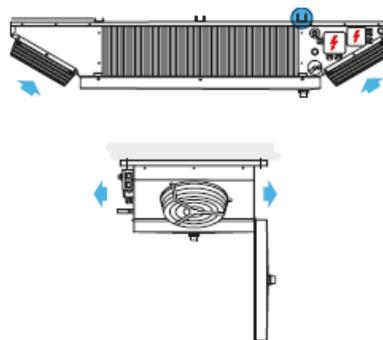
Evaporadores ventilados comerciales de techo, de baja ventilación



«GLE... EM» con separación de aleta 5 mm, hélice Ø 250 y 315 mm

**Beneficios obtenidos:**

- Nueva Geometría. Reducción volumen interno y en consecuencia necesidad de refrigerante.
- Mantenemos o aumentamos superficie externa.
- Se reducen puntos de soldadura, reducción riesgo de fugas.



**Características**

Modelo	Sup. Total m <sup>2</sup>	Ventil. monof. 230V/60/60Hz					Rto. (Watts) T° evap: -5°C			
		N.º	Ø	A Total	m <sup>3</sup> /h	Tiro m	Desc. W/ED	ΔT=7 TC=+2.9°C	ΔT=8 TC=+3°C	ΔT=7 TC=-18°C
GLE 21 EM5	24,4	2	250	1,36	1500	2x6	2550	2710	3200	2320
GLE 22 EM5	36,6	2	250	1,36	1650	2x6	3300	3000	3530	2560
GLE 23 EM5	48,8	2	250	1,36	1650	2x6	4200	3280	3860	2800
GLE 34 EM5	61,1	2	315	0,97	3470	2x6	6000	6270	7400	5350
GLE 34 FM5	76,3	2	315	0,97	3350	2x6	6000	6920	8170	5910

TC= Temperatura interior de la cámara, ΔT=TC -T° evaporación (punto medio).

Modelo	Conex. Frig.		Dimensiones en mm		
	Entr.	Sal.	Ancho	Alto	Fondo
<b>GLE 21 EM5</b>	12	12	1752	335	695
GLE 22 EM5	12	12	2202	335	695
GLE 23 EM5	12	12	2651	347	695
GLE 34 EM5	12	12	3231	347	810
GLE 34 FM5	12	12	3231	347	810

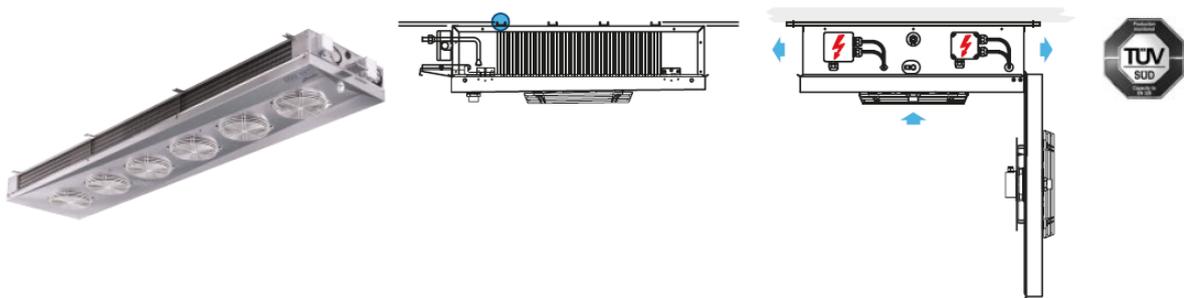
Ilustración 72. Características de los evaporadores elegidos para el pasillo (Fuente: [23]).

- **Sala de envasado y sala de troceado**



Evaporadores ventilados comerciales de techo doble flujo

«GDE...» con separación de aleta 4 mm, hélice Ø 350 mm



**Características**

Alta velocidad de ventilación 1300 r.p.m.

Modelo	Sup. total m²	Ventiladores monof. 230 V 50/60 Hz						Rto. (Wattios) Tº evap: 0°C		Rto. (Wattios) Tº evap: -5°C	
		N.º	Ø	A Total	m³/h	Tiro m	Desc. W/ED	ΔT= 10 TC=+10 °C	ΔT= 7 TC=+2 °C	ΔT= 8 TC=+3 °C	
GDE 361 A4	23,8	1	350	0,8	2230	2x12	2500	6633	3854	4743	
<b>GDE 362 A4</b>	47,6	2	350	1,6	4460	2x13	4500	13411	7791	9589	
GDE 363 A4	71,4	3	350	2,4	6690	2x15	7000	20333	11812	14539	
GDE 364 A4	95,2	4	350	3,2	8920	2X16	9000	26534	15414	18973	
GDE 365 F4	95,2	5	350	4	11750	2X17	11000	32590	18933	23303	

Modelo	Conex. Frig.		Dimensiones en mm		
	Entr.	Sal.	Ancho	Alto	Fondo
GDE 361 A4	12	22	885	327	1052
<b>GDE 362 A4</b>	16	28	1435	332	1052
GDE 363 A4	22	35	1985	337	1052
GDE 364 A4	22	35	2535	342	1052
GDE 365 F4	22	42	3085	347	1052

Ilustración 73. Características de los evaporadores elegidos para la sala de envasado y de troceado (Fuente: [23]).

- **Almacén de producto recibido**

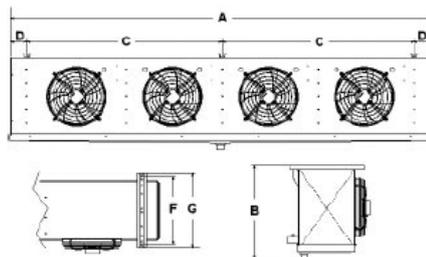


Evaporadores cúbicos, ventilados, comerciales e industriales

«CTE-50...» con separación de aleta 8 mm, hélice Ø 500 mm

Dimensiones en mm

Modelos		501 E/A/B-8	502 E/A/B-8	503 E/A/B-8	504 E/A/B-8
Totales	A	1184	2034	2884	3734
	B		844		
	G		660		
Anclajes	C	880	1730	2580	2x1730
	D		140		
	F		602		
Conex. frigoríficas en mm	Entrada Ø	E/A16-B22	E/A/B22	E22-A/B28	A/B28
	Salida Ø	E/A25-B35	E/A28-B42	E/A42-B54	A/B42-B54
Conex. desagüe	Salida	2" GAS			



**Características**

Modelo	Sup. Total m <sup>2</sup>	Ventiladores trifásicos 400 V 50 Hz					Desc. W ED	Rto. (Waticos) T° evap: -5°C		Rto. (Waticos) T° evap: -25°C
		N.º	Ø	A Total	m <sup>3</sup> /h	Tiro m		ΔT=7 TC=+2°C	ΔT=8 TC=+3°C	
CTE-501 E8	22,27	1	500	1,8	7780	29	5040	6874	8453	5620
CTE-501 A8	33,41	1	500	1,8	7410	28	5040	9390	11544	7679
CTE-501 B8	44,56	1	500	1,8	7110	27	5040	11062	13608	9043
CTE-502 E8	44,56	2	500	3,6	15670	31	10200	13989	17223	11446
<b>CTE-502 A8</b>	<b>66,82</b>	<b>2</b>	<b>500</b>	<b>3,6</b>	<b>14830</b>	<b>30</b>	<b>10200</b>	<b>18518</b>	<b>22790</b>	<b>15144</b>

Ilustración 74. Características del evaporador elegido para el almacén de producto recibido (Fuente: [23]).

- **Almacén de refrigerados**



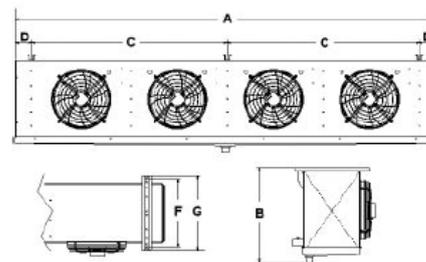
Evaporadores cúbicos, ventilados, comerciales e industriales

«CTE-50...» con separación de aleta 6 mm, hélice Ø 500 mm



Dimensiones en mm

Modelos		501 E/A/B-6	502 E/A/B-6	503 E/A/B-6	504 E/A/B-6
Totales	A	1184	2034	2884	3734
	B		844		
	G		660		
Anclajes	C	880	1730	2580	2x1730
	D		140		
	F		602		
Conex. frigoríficas en mm	Entrada Ø	E/A16-B22	E/A/B22	E22-A/B28	A/B28
	Salida Ø	E/A25-B35	E/A28-B42	E/A42-B54	A/B42-B54
Conex. desagüe	Salida	1" GAS			



Características

Modelo	Sup. Total m²	N.º	Ø	Ventiladores III400 V/50 Hz			Desc. W ED	Rto. (Wattios) Tº evap: -5°C		Rto. (Wattios) Tº evap: -25°C
				A Total	m³/h	Tiro m		ΔT= 7 TC=+2 °C	ΔT= 8 TC=+3 °C	ΔT= 7 TC=-18 °C
CTE-501 E6	28,27	1	500	1,8	7620	28	5040	7876	9695	6444
CTE-501 A6	43,41	1	500	1,8	7120	27	5040	10391	12786	8503
CTE-501 B6	57,55	1	500	1,8	6750	26	5040	11644	14337	9524

Ilustración 75. Características del evaporador elegido para el almacén de producto refrigerado (Fuente: [23]).

## 1.2. COMPRESORES

- Central de temperatura positiva:
  - **Compresor 4NES – 12Y – 40P**

Compresores de Pistones Semi-herméticos		Resultado	Limites	Datos técnicos	Dimensiones	Información	Documentación	Formaciones
Modo: Refrigeración y Aire acondicionado Refrigerante: R134a Temperatura de referencia: Temp. en el punto de rocío Tipo de compresor: Compresor sólo Serie: Estándar Versión del motor: todo		<b>Datos técnicos</b> Formaciones: 4NES-12Y						
Selección del compresor: <input type="radio"/> Potencia frigorífica (24.11) <input checked="" type="radio"/> Modelo de compresor (4NES-12Y) Punto de funcionamiento: Temp. de evaporación: -2 °C, Temp. de condensación: 40 °C, Condiciones de funcionamiento: Temp. del líquido (después): 40 °C, Recalentamiento de gas: 5 K, Recalentamiento útil: 100 %, Modo de funcionamiento: Auto		<b>Informaciones técnicas</b> Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz): 56.25 m³/h Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz): 67.89 m³/h Campo de frecuencias: 25. 70 Hz Nº de cilindros x diámetro x carrera: 4 x 70 mm x 42 mm Peso: 146 kg Presión máxima (BPI/AP): 19 / 32 bar Conexión línea aspiración: 35 mm - 1 3/8" Conexión línea descarga: 28 mm - 1 1/8" Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F: BSE32(Standard)   R134a tc>70°C: BSE55 (Option) Aceite para R1234yf: BSE32 (Standard)   R1234yf tc>70°C: BSE55 (Option) Aceite para R454C/R455A: BSE55 (Standard)   tc>15°C: BSE85K (Option)   tc>70°C: BSE85K (Option) BSE32 (Standard)						
Regulación de capacidad: <input type="radio"/> sin <input type="radio"/> Variador de frecuencia externo (80 Hz) <input checked="" type="radio"/> VARISTEP (100%) <input type="radio"/> Etapa (100%) Alimentación eléctrica: Frecuencia de la red: 50Hz		<b>Informaciones motor</b> Versión del motor: 3 Tensión del motor (otro bajo demanda): 380-420V PVV-3-50Hz Intensidad máxima en funcionamiento: 15.9 A Intensidad máxima en funcionamiento 70Hz/400V/FI: 25.2 A Relación de bobinado: 50/50 Intensidad en arranque (rotor bloqueado): 69.0 A Y / 113.0 A YY Potencia máx. absorbida: 9.0 kW						
Dimensiones y conexiones		<b>Estándar de entrega</b> Protección motor: SE-B1, CM-RC-01(Option) Clase de protección: IP66 Antivibradores: Standard Carga de aceite: 2.60 dm³ Válvula de descarga: Standard Válvula de aspiración: Standard						
		<b>Opciones disponibles</b> Sensor de temperatura del gas comprimido: Option Arranque en vacío: Option Regulación de capacidad: 100-50% (Option) Regulación de capacidad - en continuo: 100-10% (Option) Ventilador adicional: Option Válvula de servicio aceite: Option Calefactor de Carter: 0. 140 W PTC (Option) Control de nivel de aceite: OLC-K1 (Option)						
		<b>Nivel sonoro medido</b> Potencia sonora (-10°C / 45°C): 76.3 dB(A) @50Hz Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C): 68.3 dB(A) @50Hz						

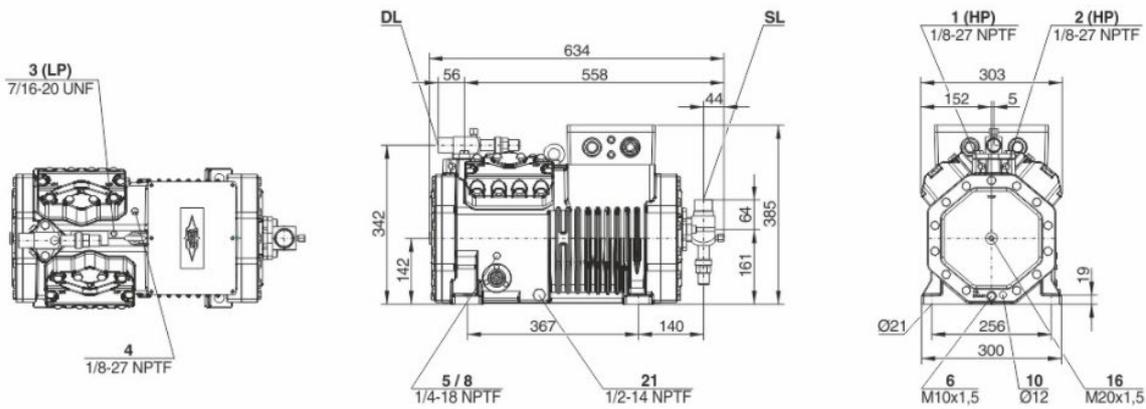


Ilustración 76. Condiciones de diseño y características del compresor elegido para las 4 primeras etapas de la central de temperatura positiva (Fuente: [24]).

- **Compresor 4DES – 5Y – 40S**

Compresores de Pistones Semi-herméticos

Modo: Refrigeración y Aire acondicionado

Refrigerante: R134a

Temperatura de referencia: Temp. en el punto de rocío

Tipo de compresor: Compresor sólo

Serie: Estándar

Versión del motor: todo

Selección del compresor: 24.11

Modelo de compresor: **4DES-5Y**

Incluir modelos anteriores:

Punto de funcionamiento: Temp. de evaporación: -2 °C, Temp. de condensación: 40 °C

Condiciones de funcionamiento: Temp. del líquido (después): 40 °C

Recalentamiento de gas: 5 K

Recalentamiento útil:  100 %

Modo de funcionamiento: Auto

Regulación de capacidad: sin

Varificador de frecuencia externo: 60 Hz

VARISTEP: 100%

Etapa: 100%

Mostrar Información general

Resultado | Límites | Datos técnicos | Dimensiones | Información | Documentación | Formaciones

Datos técnicos: 4DES-5Y

**Informaciones técnicas**

Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz): 26.84 m<sup>3</sup>/h  
 Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz): 32.39 m<sup>3</sup>/h  
 N° de cilindros x diámetro x carrera: 4 x 50 mm x 39.3 mm  
 Peso: 94 kg  
 Presión máxima (BPI/AP): 19 / 32bar  
 Conexión línea aspiración: 28 mm - 1 1/8"  
 Conexión línea descarga: 22 mm - 7/8"  
 Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F: BSE32(Standard) | R134a tc>70°C: BSE55 (Option)  
 Aceite para R22 (R12/R502): B5.2 (Option)  
 Aceite para R1234yf: BSE32 (Standard) | R1234yf tc>70°C: BSE55 (Option)  
 Aceite para R1234ze: BSE55 (Standard) | to>15°C: BSE85K (Option) | tc>70°C: BSE85K (Option)  
 Aceite para R454C/R455A: BSE32 (Standard)  
 Aceite para R515B: BSE55 (Standard) | to>15°C: BSE85K (Option) | tc>70°C: BSE85K (Option)

**Informaciones motor**

Versión del motor: 2  
 Tensión del motor (otro bajo demanda): 380-420V Y-3-50Hz  
 Intensidad máxima en funcionamiento: 14.5 A  
 Intensidad en arranque (rotor bloqueado): 62.2 A  
 Potencia máx. absorbida: 6.1 kW

**Estándar de entrega**

Protección motor: SE-B1  
 Clase de protección: IP66  
 Antivibradores: Standard  
 Carga de aceite: 2.00 dm<sup>3</sup>  
 Válvula de descarga: Standard  
 Válvula de aspiración: Standard

**Opciones disponibles**

Sensor de temperatura del gas comprimido: Option  
 Regulación de capacidad: 100-50% (Option)  
 Regulación de capacidad - en continuo: 100-10% (Option)  
 Ventilador adicional: Option  
 Calefactor de Cártier: 0.120 W PTC (Option)  
 Control de nivel de aceite: OLC-K1 (Option)

**Nivel sonoro medido**

Potencia sonora (-10°C / 45°C): 73.6dB(A) @ 50Hz  
 Potencia sonora (-35°C / 40°C): 74.5 dB(A) @ 50Hz  
 Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C): 65.6dB(A) @ 50Hz  
 Presión sonora @ 1m (-35°C / 40°C): 66.5 dB(A) @ 50Hz

---

Resultado | Límites | Datos técnicos | **Dimensiones** | Información | Documentación | Formaciones

4DES-5Y | Estándar

**Dimensiones y conexiones**

The technical drawings show the following dimensions and specifications:

- DL**: Discharge line connection (top left)
- SL**: Suction line connection (top center)
- 3 (LP)**: 1/8-27 NPTF (top right)
- 1 (HP)**: 1/8-27 NPTF (middle right)
- 2 (HP)**: 1/8-27 NPTF (bottom right)
- 5 / 8**: 7/16-20 UNF (bottom left)
- Dimensions**: 361, 221, 310, 316, 352, 293, 75, 436, 309, 56, 42, 125, 198, 241, 16, 6, 10, Ø13, M20x1,5, M10x1,5, Ø12.

Ilustración 77. Condiciones de diseño y características del compresor elegido para la 5ª etapa de la central de temperatura positiva (Fuente: [24]).

- **Compresor 4VES – 6Y – 40P**

Compresores de Pistones Semi-herméticos	Resultado	Límites	Datos técnicos	Dimensiones	Información	Documentación	Formaciones
<b>Modo</b> Refrigeración y Aire acondicionado <b>Refrigerante</b> R134a <b>Temperatura de referencia</b> Temp. en el punto de rocío <b>Tipo de compresor</b> Compresor sólo <b>Serie</b> Estándar <b>Versión del motor</b> todo <b>Selección del compresor</b> <input type="radio"/> Potencia frigorífica <input checked="" type="radio"/> Modelo de compresor <b>Punto de funcionamiento</b> Temp. de evaporación: -2 °C Temp. de condensación: 40 °C <b>Condiciones de funcionamiento</b> Temp. del líquido (después): 40 °C Recalentamiento de gas: 5 K <input type="checkbox"/> Recalentamiento útil: 100 % <b>Modo de funcionamiento</b> Auto <b>Regulación de capacidad</b> <input type="radio"/> sin <input type="radio"/> Variador de frecuencia externo: 80 Hz <input checked="" type="radio"/> VARISTEP <input type="radio"/> Etapa: 100% <b>Alimentación eléctrica</b> Frecuencia de la red: 50Hz	<b>Datos técnicos</b> <b>Informaciones técnicas</b> Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz): 34.73 m <sup>3</sup> /h Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz): 41.92 m <sup>3</sup> /h Campo de frecuencias: 25 - 70 Hz Nº de cilindros x diámetro x carrera: 4 x 55 mm x 42 mm Peso: 139 kg Presión máxima (BPI/AP): 19 / 32 bar Conexión línea aspiración: 28 mm - 1 1/8" Conexión línea descarga: 22 mm - 7/8" Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F: BSE32 (Standard)   R134a (to>70°C: BSE55 (Option) Aceite para R1234yf: BSE32 (Standard)   R1234yf (to>70°C: BSE55 (Option) Aceite para R1234ze: BSE55 (Standard)   (to>15°C: BSE85K (Option)   (to>70°C: BSE85K (Option) Aceite para R454C/R455A: BSE32 (Standard) <b>Informaciones motor</b> Versión del motor: 3 Tensión del motor (otro bajo demanda): 380-420V PW-3-50Hz Intensidad máxima en funcionamiento: 10.0 A Intensidad máxima en funcionamiento 70Hz/400V/FI: 14.8 A Relación de bobinado: 50/50 Intensidad en arranque (rotor bloqueado): 39.0 A Y / 68.0 A YY Potencia máx. absorbida: 6.0 kW <b>Estándar de entrega</b> Protección motor: SE-B1, CM-RC-01 (Option) Clase de protección: IP66 Antivibradores: Standard Carga de aceite: 2.60 dm <sup>3</sup> Válvula de descarga: Standard Válvula de aspiración: Standard <b>Opciones disponibles</b> Sensor de temperatura del gas comprimido: Option Arranque en vacío: Option Regulación de capacidad: 100-50% (Option) Regulación de capacidad - en continuo: 100-10% (Option) Ventilador adicional: Option Válvula de servicio aceite: Option Calefactor de Carter: 0.140 W PTC (Option) Control de nivel de aceite: OLC-K1 (Option) <b>Nivel sonoro medido</b> Potencia sonora (-10°C / 45°C): 70.3 dB(A) @50Hz Presión sonora @ 1m (-10°C / 45°C): 62.3 dB(A) @50Hz Potencia sonora (-10°C / 45°C) R134a:	<b>Formaciones</b> 4VES-6Y					

Resultado	Límites	Datos técnicos	Dimensiones	Información	Documentación	Formaciones
			Dimensiones y conexiones			4VES-6Y Estándar

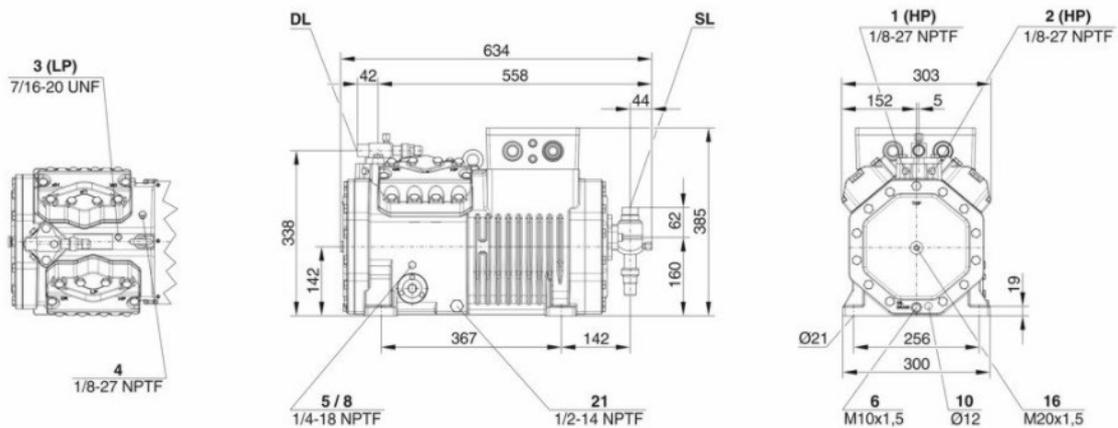


Ilustración 78. Condiciones de diseño y características del compresor elegido para la 6ª etapa de la central de temperatura positiva (Fuente: [24]).

- Central de temperatura negativa:
  - **Compresor 6HE – 28Y – 40P**

Mostrar Información general

Resultado Límites Datos técnicos Dimensiones Información Documentación Formaciones

Datos técnicos 6HE-28Y

**Informaciones técnicas**

Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	110,5 m³/h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	133,4 m³/h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	6 x 70 mm x 55 mm
Peso	233 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32 bar
Conexión línea aspiración	54 mm - 2 1/8"
Conexión línea descarga	35 mm - 1 3/8"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE32(Standard)   R134a tc>70°C: BSE55 (Option)
Aceite para R22 (R12/R502)	B5.2(Option)
Aceite para R1234yf	BSE32 (Standard)   R1234yf tc>70°C : BSE55 (Option)
Aceite para R1234ze	BSE55 (Standard)   tc>15°C: BSE85K (Option)   tc>70°C: BSE85K (Option)
Aceite para R454C/R455A	BSE32 (Standard)
Aceite para R515B	BSE55 (Standard)   tc>15°C: BSE85K (Option)   tc>70°C: BSE85K (Option)

**Informaciones motor**

Versión del motor	2
Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-420V P/W-3-50Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	53.2 A
Relación de bobinado	50/50
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	141.0 A Y / 233.0 A YY
Potencia máx. absorbida	33.0 kW

**Estándar de entrega**

Protección motor	SE-B2, CM-RC-01(Option)
Clase de protección	IP54 (Standard), IP66 (Option)
Antivibradores	Standard
Carga de aceite	4,75 dm³
Válvula de descarga	Standard
Válvula de aspiración	Standard

**Opciones disponibles**

Sensor de temperatura del gas comprimido	Option
Arranque en vacío	Option
Regulación de capacidad	100-66-33% (Option)
Regulación de capacidad - en continuo	100-10% (Option)
Ventilador adicional	Option
Refrigerant Injection (RI)	Option
Válvula de servicio aceite	Option
Calefactor de Cártier	140 W (Option)
Control de presión de aceite	MP54 (Option), Delta-PII

**Nivel sonoro medido**

Mostrar Información general

Resultado Límites Datos técnicos Dimensiones Información Documentación Formaciones

Dimensiones y conexiones 6HE-28Y Estándar

Ilustración 79. Condiciones de diseño y características del compresor elegido para el túnel de congelación (Fuente: [24]).

- **Compresor 4GE – 23Y – 40P**

Mostrar información general

40.0°C 40.0°C 79.7°C -31.8°C -31.8°C -37.0°C

4GE-18Y

Resultado Límites Datos técnicos Dimensiones Información Documentación Formaciones

**Datos técnicos** 4GE-23Y

**Informaciones técnicas**

Volumen desplazado (1450 rpm a 50 Hz)	84.5 m³/h
Volumen desplazado (1750 rpm a 60Hz)	101.98 m³/h
Nº de cilindros x diámetro x carrera	4 x 75 mm x 55 mm
Peso	196 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 32 bar
Conexión línea aspiración	54 mm - 2 1/8"
Conexión línea descarga	28 mm - 1 1/8"
Tipo de aceite R134a/R407C/R404A/R507A/R407A/R407F	BSE32(Standard)   R134a tc>70°C. BSE55 (Option)
Aceite para R22 (R12/R502)	BS 2(Opcion)
Aceite para R1234yf	BSE32 (Standard)   R1234yf tc>70°C. BSE55 (Option)
Aceite para R1234ze	BSE55 (Standard)   to>15°C. BSE85K (Option)   tc>70°C. BSE85K (Option)
Aceite para R454C/R455A	BSE32 (Standard)
Aceite para R515B	BSE55 (Standard)   to>15°C. BSE85K (Option)   tc>70°C. BSE85K (Option)

**Informaciones motor**

Versión del motor	2
Tensión del motor (otro bajo demanda)	380-420V PW-3-50Hz
Intensidad máxima en funcionamiento	43.9 A
Relación de bobinado	50/50
Intensidad en arranque (rotor bloqueado)	97.0 A.Y / 158.0 A.YY
Potencia máx. absorbida	27.0 kW

**Estándar de entrega**

Protección motor	SE-B2, CM-RC-01(Opcion)
Clase de protección	IP54 (Standard), IP66 (Option)
Antivibradores	Standard
Carga de aceite	4.50 dm³
Válvula de descarga	Standard
Válvula de aspiración	Standard

**Opciones disponibles**

Sensor de temperatura del gas comprimido	Option
Arranque en vacío	Option
Regulación de capacidad	100-50% (Option)
Regulación de capacidad - en continuo	100-10% (Option)
Ventilador adicional	Option

Resultado Límites Datos técnicos Dimensiones Información Documentación Formaciones

4GE-23Y Estándar

**Dimensiones y conexiones**

DL 704 519 SL 76 445 377 157 362 127 16 M20x1,5 5 1/4-18 NPTF 8 1/4-18 NPTF 3 (LP) 1/8-27 NPTF 4 1/8-27 NPTF 2 (HP) 1/8-27 NPTF 11 7/16-20 UNF 1 (HP) 1/8-27 NPTF 453 12 7/16-20 UNF 9a 3/4-14 NPTF 9b 1/2-14 NPTF 305 360 10 3/8-18 NPTF 6 / 7 M26x1,5

Ilustración 80. Condiciones de diseño y características del compresor elegido para la cámara de producto congelado (Fuente: [24]).

### 1.3. CONDENSADORES

- **Condensadores de la central de temperatura positiva:**

Condensadores de aire para unidades



#### «UPH y KCE...» con ventiladores trifásicos

Dimensiones en mm					Vol. inter. dm <sup>3</sup>	Ventiladores <sup>(1)</sup>					Rendimientos (Wattios) ΔT=15 °C	Modelo
Ancho	Fondo	Alto	Peso Kg	Sup. m <sup>2</sup>		N.º	Pot. W/u.	Hélice Ø	Total Caudal m <sup>3</sup> /h	dB a 10 m		
762	300	360	21	14,8	1,19	2	87	300	2500	42	6870	UPH-56-712/VTD
950	250	460	27	13,6	1,27	2	139	350	5810	46	9010	UPH-54-900/VTD
950	300	460	31	24	1,91	2	139	350	5450	46	11990	UPH-72-900/VTD
1300	395	610	55	29,6	1,45	2	495	450	11650	49	15850	UPH-60-1080/VTD
1300	445	610	60	37,7	2,91	2	495	450	10800	49	22110	UPH-80-1200/VTD
1300	445	610	63	44,4	3,49	2	495	450	10800	49	25410	UPH-120-1200/VTD
1410	455	800	92	85,9	5,89	2	765	500	13800	49	36080	UPH-160/192-1200/VTD*
1360	445	1260	136	96,2	7,6	4	495	450	22300	52	52580	UPH-264-1200/VTD
1560	535	1110	134	130	10,2	2	1300	560	17000	57	54560	UPH-168-1500/VTD*

Ilustración 81. Características de los condensadores elegidos para la central de temperatura positiva (Fuente: [23]).

- **Condensador de la central de temperatura negativa:**

#### «UPH y KCE...» con ventiladores trifásicos

Dimensiones en mm					Vol. inter. dm <sup>3</sup>	Ventiladores <sup>(1)</sup>					Rendimientos (Wattios) ΔT=15 °C	Modelo
Ancho	Fondo	Alto	Peso Kg	Sup. m <sup>2</sup>		N.º	Pot. W/u.	Hélice Ø	Total Caudal m <sup>3</sup> /h	dB a 10 m		
762	300	360	21	14,8	1,19	2	87	300	2500	42	6870	UPH-56-712/VTD
950	250	460	27	13,6	1,27	2	139	350	5810	46	9010	UPH-54-900/VTD
950	300	460	31	24	1,91	2	139	350	5450	46	11990	UPH-72-900/VTD
1300	395	610	55	29,6	1,45	2	495	450	11650	49	15850	UPH-60-1080/VTD
1300	445	610	60	37,7	2,91	2	495	450	10800	49	22110	UPH-80-1200/VTD
1300	445	610	63	44,4	3,49	2	495	450	10800	49	25410	UPH-120-1200/VTD
1410	455	800	92	85,9	5,89	2	765	500	13800	49	36080	UPH-160/192-1200/VTD*
1360	445	1260	136	96,2	7,6	4	495	450	22300	52	52580	UPH-264-1200/VTD
1560	535	1110	134	130	10,2	2	1300	560	17000	57	54560	UPH-168-1500/VTD*
1640	535	1110	175	137	10,7	2	1850	630	28010	56	72600	UPH-170-1500/VTD

Ilustración 82. Características des condensador elegido para la central de temperatura negativa (Fuente: [23]).

### 1.4. VÁLVULAS

#### Válvulas de expansión HCFC/HFC/HFO



Termostáticas con orificio intercambiable

#### DANFOSS serie TCAE

MPO: 45,5 bar

Rango de capacidad: 3,6 a 19,4 kW (R448a Tco: +45°C/Tev: -10°C)

Refrigerantes compatibles: R22, R134a, R404a, R407c, R410a,

R507, R513a, R448a, R449a, R452a y R1234yf.

Cuerpo en acero inoxidable, con conexiones bimetálicas para facilitar la soldadura.

Cuerpo de válvula en ángulo. Capilar de 1,5 m.

Comportamiento BiFlow excepto con orificio nº. 3.



Selección

Cuerpo termostático + orificio.

Cuerpos termostáticos con compensador externo.

Cuerpo y bulbo en acero inoxidable.

Serie	Refrigerante	Conexiones (1)	MOP (2)	Ref. Gama N	Ref. Gama B	Código	€	
TCAE	R407c	1/2" x 5/8" x 1/4"	no	068U4325	-	401092	379,00	
			si	068U4327	-	401090	378,00	
	R134a/ R513a	3/8" x 5/8" x 1/4"	no	068U4292	-	401089	379,00	
			si	068U4293	-	401091	379,00	
	R404a/ R507a	1/2" x 5/8" x 1/4"	no	068U4296	-	401096	379,00	
			si	068U4305	-	401086	379,00	
	R410a	1/2" x 5/8" x 1/4"	no	-	068U4319	401088	378,00	
			si	068U4337	-	401093	378,00	
				si	068U4339	-	401095	312,00



Consultar Coolselector para otros refrigerantes y temperaturas.

#### Orificios para válvulas de expansión termostáticas TCAE (incluyen filtro)

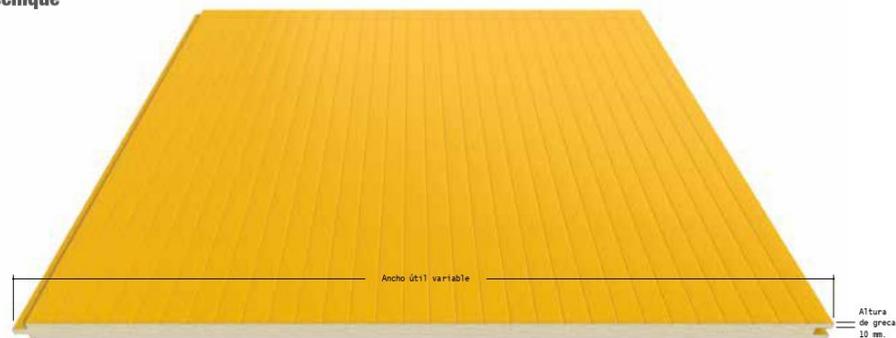
Capacidad máx. (kW) a T° de condensación de +45 °C												Tipo de carga	Referencia	Tamaño
R407c			R134a		R404a/R507				R410a					
+7 °C	-10 °C	-25 °C	+7 °C	-10 °C	0 °C	-10 °C	-25 °C	-35 °C	10 °C	0 °C				
-	16,3	12,4	14,4	11,5	12	10,6	8,2	-	22,5	21,1	N	068U4100	1	
-	-	13,6	-	-	-	-	10,6	8,6	-	-	B			
-	19,5	14,7	16,5	12,8	15,2	13,4	10,3	-	26,2	24,2	N	068U4101	2	
-	-	17,8	-	-	-	-	13,6	11	-	-	B			
-	24,7	18,7	20,5	15,4	19,3	17,3	13,5	-	33,0	29,2	N	068U4102	3	
-	-	23,1	-	-	-	-	17,7	14,7	-	-	B			

Ilustración 83. Características de las válvulas de expansión seleccionadas para los evaporadores de ambas centrales frigoríficas (Fuente: [23]).

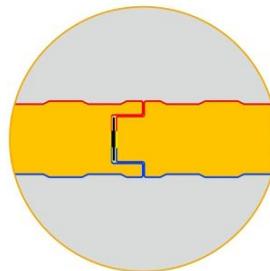
## 1.5. PANEL FRIGORÍFICO

AIS PRT

Ficha Técnica  
Fiche technique

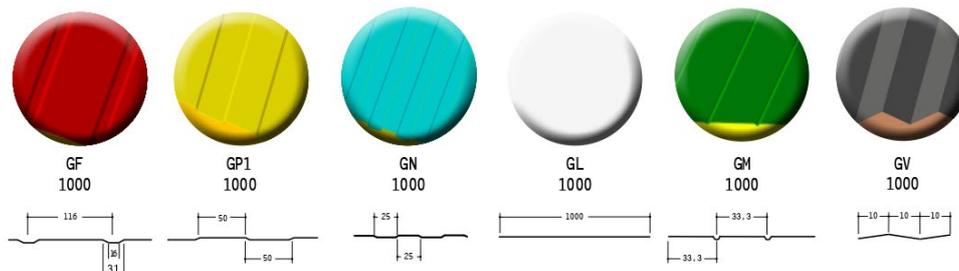


Sistema de unión



Systeme d'union

Módulos y tipos de micronervaduras  
Modules et types de micronervure



Espesores panel de 30 hasta 200 mm.  
Longitud máxima 15,5 m.

Epaisseur panneau de 30 à 200 mm.  
Longueur maximale 15,5 m.

**Soportes**

- Acero galvanizado y prelacado silicona poliéster
- Acero galvanizado y recubierto HDX, PUPA, HPS
- Metales bajo demanda: Aluminio, Inox
- Gofrado: tipo Estuco
- Poliéster cara interior (Bajo Pedido)

**Supports**

- Acier galvanisé et prélaqué silicone polyester
- Acier galvanisé et revêtu de HDX, PUPA, HPS
- Sur demande: Aluminium, Acier Inoxydable
- Gauffre: type stucco
- Polyester face intérieure (Sur demande)

**Aislamiento**

- Con espuma a base de resina de poliuretano que retarda la propagación del fuego
- Densidad 36-40 kg/m³ ±10%
- Panel clasificación de Reacción al fuego:
 

PUR	F	UNE 13501-1
PUR/PIR	B-s2, d0	(Bajo Pedido)

**Isolation**

- Mousse à base de résine de polyuréthane qui retarde la propagation des flammes
- Densité 36-40 Kg/m³ ±10%
- Panneau avec Classement au Feu:
 

PUR	F	UNE 13501-1
PUR/PIR	B-s2, d0	(Sur demande)

**Espesores de chapa**

De 0,32 a 0,60 mm.

**Epaisseurs de tôle**

De 0,32 a 0,60 mm.

**Tolerancia dimensional**

- Espesor del panel: ±2 mm
- Longitud: ±5 mm
- Módulo: ±2 mm
- Rectangularidad/Escuadra: ±0,6% ancho nominal

**Tolerances**

- Épaisseur du panneau: ±2mm
- Longueur: ±5 mm
- Module: ±2 mm
- Équerrage maxi: ±0,6%

**CARGA ENTRE EJES: ACERO/ACERO ST/ST**

**PORTEES ENTRE APPUIS: ACIER/ACIER ST/ST**

Espesor mm	U W/m²K	st/st Peso Kg/m²	Carga Max. uniforme kg/m² con flecha ≤1/200									
			Distancia máxima 2 apoyos (m.)					Distancia máxima 4 apoyos (m.)				
			60	80	100	120	150	60	80	100	120	150
30	0,64	6,28	1,77	1,65	1,46	1,42	1,30	2,06	1,93	1,82	1,61	1,46
40	0,49	6,68	2,45	2,29	2,13	1,94	1,74	2,69	2,49	2,37	2,21	1,94
50	0,40	7,08	2,73	2,51	2,37	2,13	1,90	3,08	2,85	2,69	2,41	2,13
60	0,33	7,48	3,00	2,77	2,61	2,37	2,04	3,44	3,24	2,92	2,73	2,37
80	0,25	8,28	3,52	3,16	2,92	2,65	2,28	4,11	3,67	3,36	3,08	2,65
100	0,20	9,08	3,87	3,51	3,24	2,96	2,53	4,58	4,03	3,75	3,40	2,92
120	0,17	9,88	4,35	3,87	3,52	3,24	2,77	5,05	4,51	4,11	3,76	3,21
150	0,14	11,08	4,95	4,00	3,75	3,32	3,06	5,51	4,91	4,23	3,83	3,23
200	0,10	13,08	6,50	5,89	5,45	5,10	4,50	7,39	6,70	6,20	5,76	5,06

- Valores resultado de pruebas en nuestro laboratorio
- Tabla sólo aplicable a producto estándar Acero especificado
- El proyectista efectuará el cálculo estructural específico

- Valeurs résultat des essais dans notre laboratoire
- Table applicable uniquement au produit standard et aciers spécifiés
- L'Ingenieur devra effectuer le calcul structurel à cas concret

**Características técnicas**

- Resistencia a Tracción: (MPa) 0,057
- Resistencia al esfuerzo cortante: (MPa) 0,090
- Módulo de esfuerzo cortante: (MPa) 2,340
- Resistencia a la compresión: (MPa) 0,079
- Coeficiente de conductividad: (W/m²K) 0,021
- Resistencia a Flexión 1 vano (presión): (KNm/m) 0,880
- Tensión de Arrugamiento 1 vano: (MPa) 90,560
- Resistencia Flexión 1 apoyo intermedio (KNm/m) 1,010
- Tensión de Arrugamiento apoyo central (MPa) 110,020

**Caractéristiques techniques**

- Résistance à la Traction (MPa) 0,057
- Résistance à l'effort de coupe (MPa) 0,090
- Module d'effort de coupe (MPa) 2,340
- Résistance à la compression (MPa) 0,079
- Coefficient de conductivité (W/m²K) 0,021
- Résistance à flexion 2 appuis (KNm/m) 0,880
- Tension de froissement 2 appuis (MPa) 90,560
- Résistance à flexion 3 appuis (KNm/m) 1,010
- T. froissement sur appui central (MPa) 110,020

*Ilustración 84. Características técnicas del panel aislante de las cámaras frigoríficas (Fuente: [31]).*

## 1.6. PUERTAS

DESCRIPCIÓN DE LA PUERTA



**Marco**

Marco completo de aluminio 6063 T5 lacado blanco con rotura de puente térmico especial en nylon 10/6 única en el mercado. Además de una gran robustez, su diseño especial le da una eficiencia energética que permite trabajar con temperaturas negativas por ambos lados de la puerta con total seguridad.

La puerta dispone de paso elevado o carretilla con una pisadera de acero inoxidable en forma de U invertida en todas las puertas. En Baja Temperatura y Túnel incorpora un diseño especial que incluye un cable de resistencia térmica (BT 40W y TN 65W) y un sistema anti-hundimiento.

Tiene la posibilidad de crear cualquier tipo de VC (espesor del panel) gracias a su diversidad en distanciadores de aluminio y su sistema de unión con clip. Así, en cualquier momento podrá cambiar la puerta de lugar independientemente del espesor del panel. Nuestra TC8 está fabricada sin ningún tipo de madera y con tornillería de acero inoxidable ocultada con tapetas.



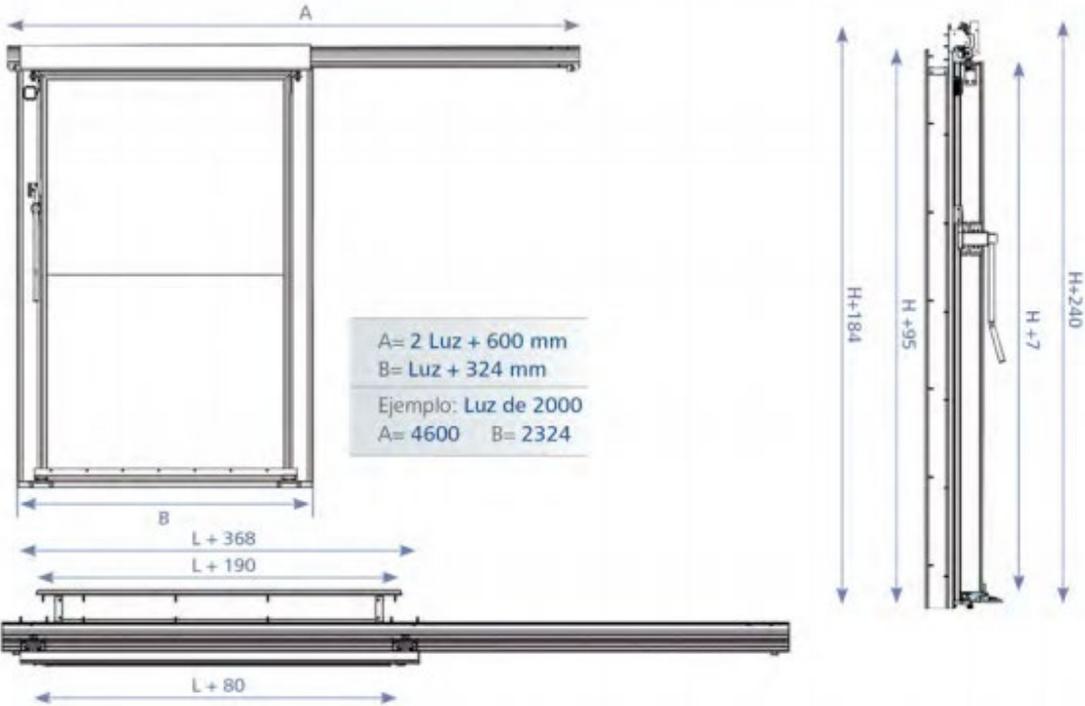
**Hoja**

Hoja con marco de aluminio 6063 T5 con excelente rotura de puente térmico en PVC garantizando la máxima eficiencia energética. Alma de poliuretano inyectado a alta presión con densidad 45Kg/m3 y coeficiente de conductividad térmica de 0,0220 W/m°C. Burlete perimetral de EPDM muy flexible y óptimo para trabajar hasta -60°C.

Espesor de la hoja

Especial	>140 mm
TN	140 mm
BT	100 - 120 mm
0°C	80 - 100 mm

**Medidas exteriores**



A= 2 Luz + 600 mm  
 B= Luz + 324 mm  
 Ejemplo: Luz de 2000  
 A= 4600 B= 2324

Ilustración 85. Características y dimensiones de puerta corredera (Fuente [5]).

**Marco**



Marco con frontal de aluminio 6063 T5 lacado blanco con rotura de puente térmico especial en nylon 10/6 única en el mercado. Además de una gran robustez, su diseño especial le da una eficiencia energética que permite trabajar con temperaturas negativas por ambos lados de la puerta con total seguridad.

La puerta estándar de 0°C es paso carretilla sin pisadera, la cual es opcional.

En Baja Temperatura incorpora una pisadera con diseño especial que incluye un cable de resistencia térmica (BT 40W) y un sistema anti-hundimiento.

Nuestra TP6 está fabricada sin ningún tipo de madera y con tornillería de acero inoxidable ocultada con tapetas.

Como opción se puede suministrar marco completo de aluminio con VC variable.

**Hoja**



Hoja con chapa plegada de forma especial con cantos redondeados, con excelente rotura de puente térmico en PVC garantizando la máxima eficiencia energética. Alma de poliuretano inyectado a alta presión con densidad 45Kg/m<sup>3</sup> y coeficiente de conductividad térmica de 0,0220 W/m°C. Burlete perimetral de EPDM muy flexible.

**Espesor de la hoja**

0°C	80 mm
BT	80 mm

**Herraje**

De material inoxidable, robusto, resistente y con diseño elegante. Regulación vertical y horizontal en bisagras y elementos de cierre. Modelo de bisagras 81121. Cierre 81241 con funcionamiento suave, silencioso, fácil regulación y cerradura con llave incluida.

**Medidas exteriores**

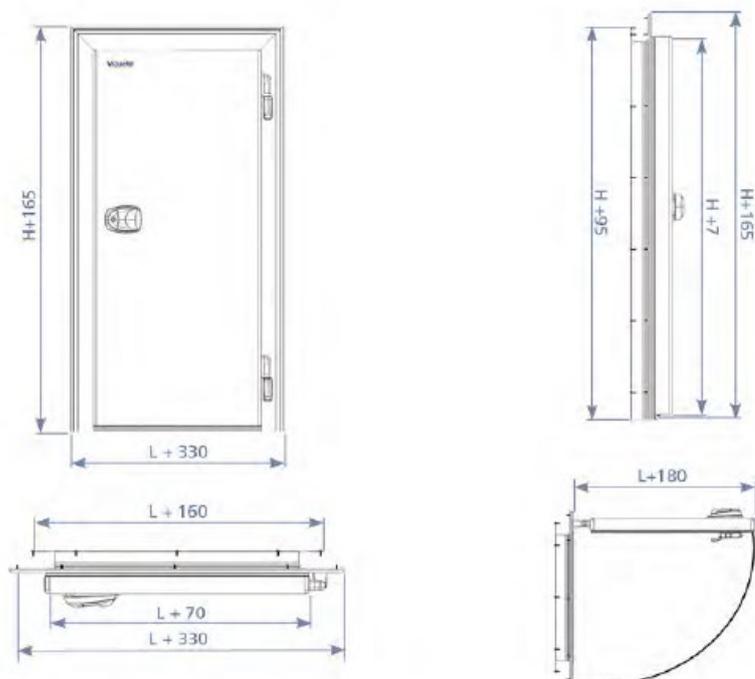
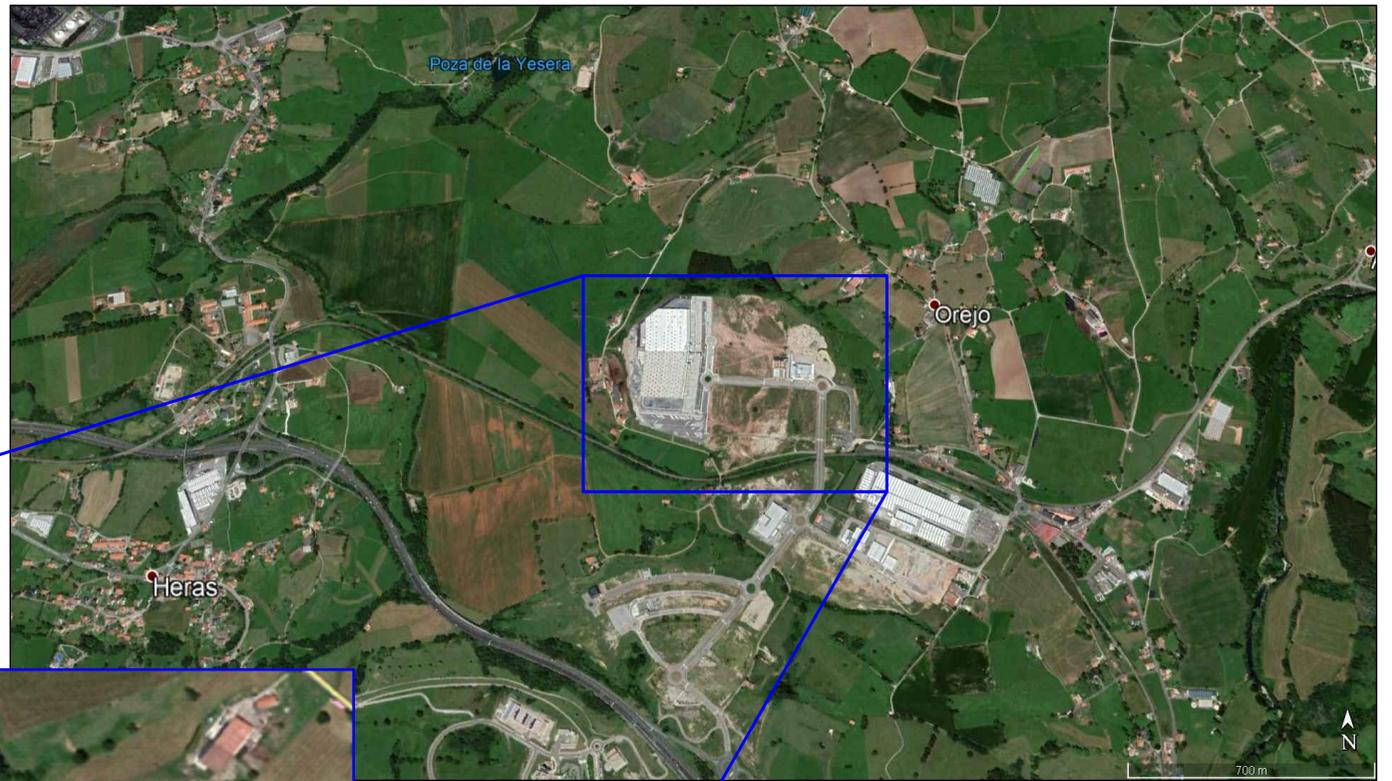


Ilustración 86. Características y dimensiones de puerta pivotante (Fuente [5]).

## **DOCUMENTO N° 3: PLANOS**

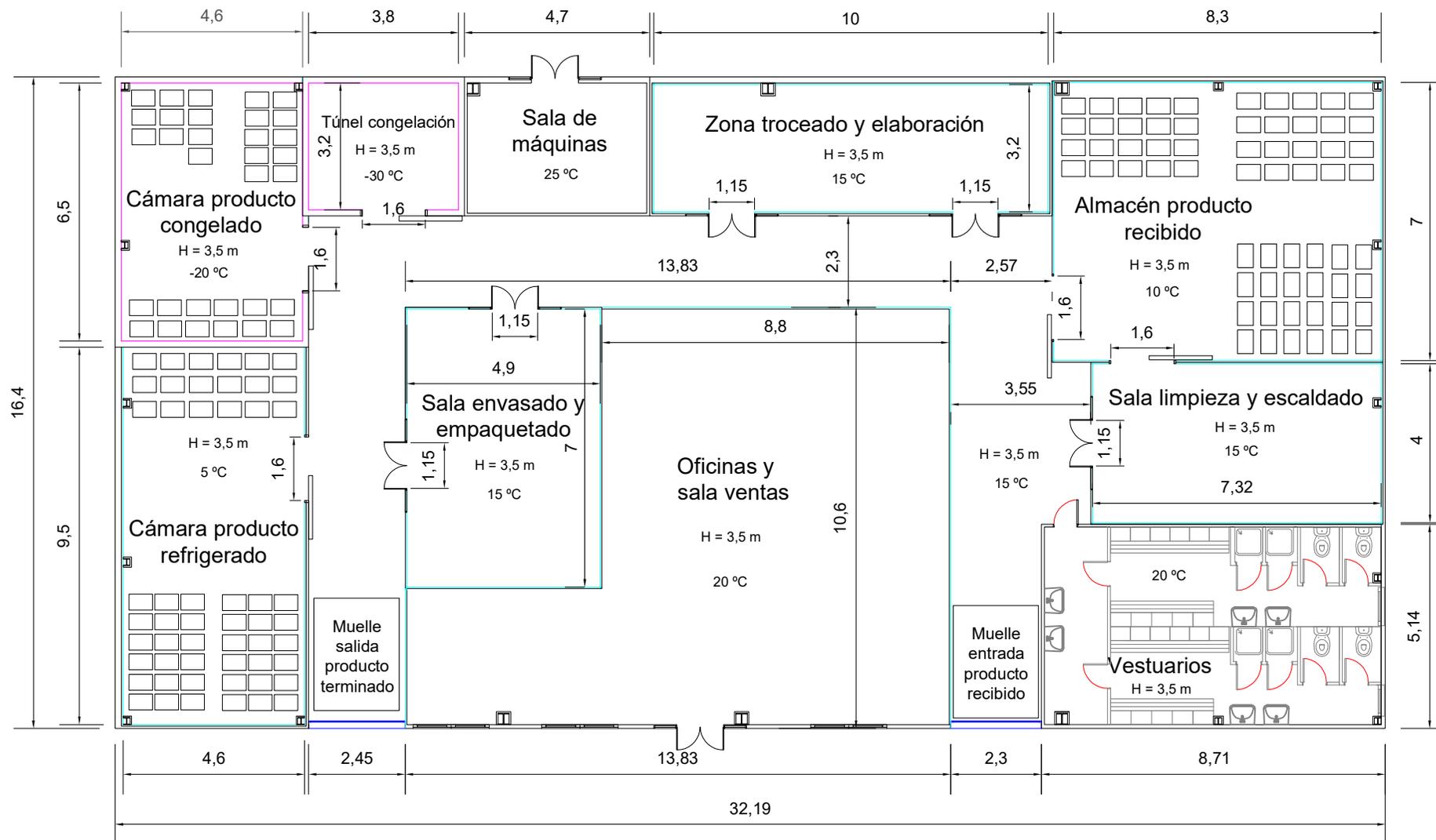
## ÍNDICE

<b>DOCUMENTO Nº 3: PLANOS .....</b>	<b>106</b>
<b>PLANO Nº 1: PLANO DE SITUACIÓN .....</b>	<b>108</b>
<b>PLANO Nº 2: VISTA EN PLANTA: PLANO GENERAL DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>109</b>
<b>PLANO Nº 3: VISTA EN PLANTA: LOCALIZACIÓN DE UNIDADES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y CIRCUITO DE TUBERÍAS EN LA CÁMARAS .....</b>	<b>110</b>
<b>PLANO Nº 4: VISTAS EN PLANTA: AMPLIACIÓN DE SALAS NORTE CON LOCALIZACIÓN DE UNIDADES DE EVAPORACIÓN Y CIRCUITO DE TUBERÍAS EN LAS CÁMARAS .....</b>	<b>111</b>
<b>PLANO Nº 5: VISTAS EN PLANTA: AMPLIACIÓN DE SALAS ESTE CON LOCALIZACIÓN DE UNIDADES DE EVAPORACIÓN Y CIRCUITO DE TUBERÍAS EN LAS CÁMARAS .....</b>	<b>112</b>
<b>PLANO Nº 6: VISTAS EN PLANTA: AMPLIACIÓN DE SALAS SUR CON LOCALIZACIÓN DE UNIDADES DE EVAPORACIÓN Y CIRCUITO DE TUBERÍAS EN LAS CÁMARAS.....</b>	<b>113</b>
<b>PLANO Nº 7: VISTAS EN PLANTA: AMPLIACIÓN DE SALAS OESTE CON LOCALIZACIÓN DE UNIDADES DE EVAPORACIÓN Y CIRCUITO DE TUBERÍAS EN LAS CÁMARAS .....</b>	<b>114</b>
<b>PLANO Nº8: INSTALACIÓN CENTRALIZADA PARA CÁMARAS DE TEMPERATURA POSITIVA .....</b>	<b>115</b>
<b>PLANO Nº 9: INSTALACIÓN CENTRALIZADA PARA CÁMARAS DE TEMPERATURA NEGATIVA .....</b>	<b>116</b>



 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS Ingenieros Industriales y de Telecomunicación Diseño de una instalación frigorífica en la industria alimentaria Proyecto Fin de Máster					
Autor	Ángela Velasco Balbás	Revisado	Carlos Liaño Fernández		
Plano nº:	Título del plano:			Fecha:	01/02/2021
<b>1</b>	<b>Plano de situación</b>			Escala:	1/700

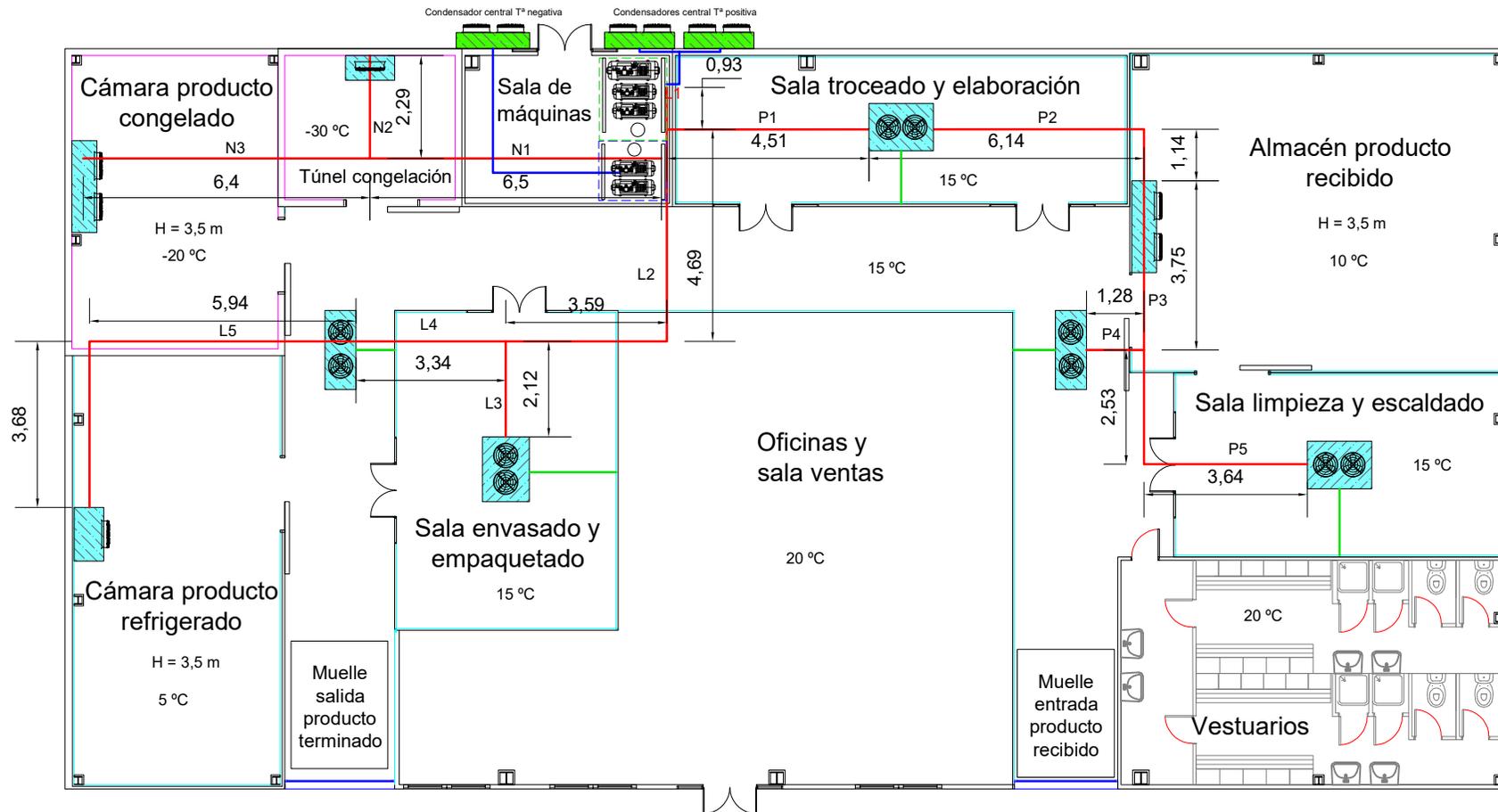
Fachada Norte



LEYENDA	
	Aislamiento de espesor 150 mm
	Aislamiento de espesor 40 mm

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA ETS Ingenieros Industriales y de Telecomunicación Diseño de una instalación frigorífica en la industria alimentaria Proyecto Fin de Máster			
			
Autor	Ángela Velasco Balbás	Revisado	Carlos Liaño Fernández
Plano nº:	Título del plano:		Fecha:
2	Plano en planta de la instalación		01/02/2021
			Escala:
			1/150

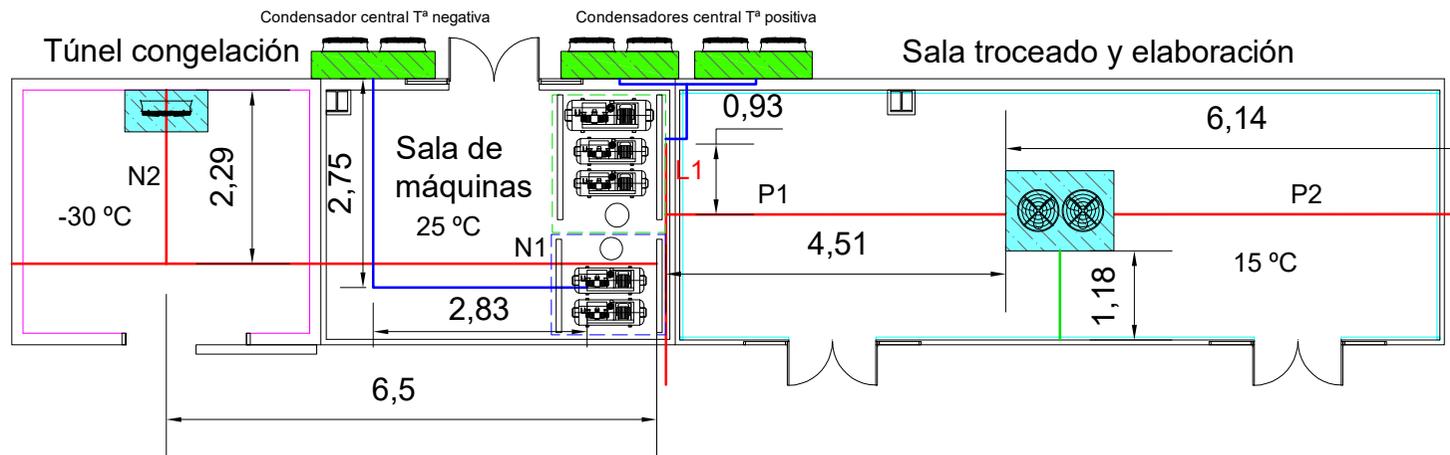
## Fachada Norte



LEYENDA	
<span style="color: red;">—</span>	Red de tuberías de líquido y aspiración
<span style="color: blue;">—</span>	Red de tuberías de descarga
<span style="color: green;">—</span>	Red de desagüe de desescarche
<span style="border: 1px solid magenta; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Aislamiento de espesor 150 mm
<span style="border: 1px solid cyan; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Aislamiento de espesor 40 mm

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			
ETS Ingenieros Industriales y de Telecomunicación		Diseño de una instalación frigorífica en la industria alimentaria	
Proyecto Fin de Máster			
Autor	Ángela Velasco Balbás	Revisado	Carlos Liaño Fernández
Plano nº:	Título del plano:		Fecha:
<b>3</b>	Localización de unidades y red de tuberías		01/02/2021
			Escala:
			1/150

## Fachada Norte



### LEYENDA

	Red de tuberías de líquido y aspiración
	Red de tuberías de descarga
	Red de desagüe de desescarche

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ETS Ingenieros Industriales y de Telecomunicación  
Diseño de una instalación frigorífica en la industria alimentaria  
Proyecto Fin de Máster



Autor

Ángela Velasco Balbás

Revisado

Carlos Liaño Fernández

Plano nº:

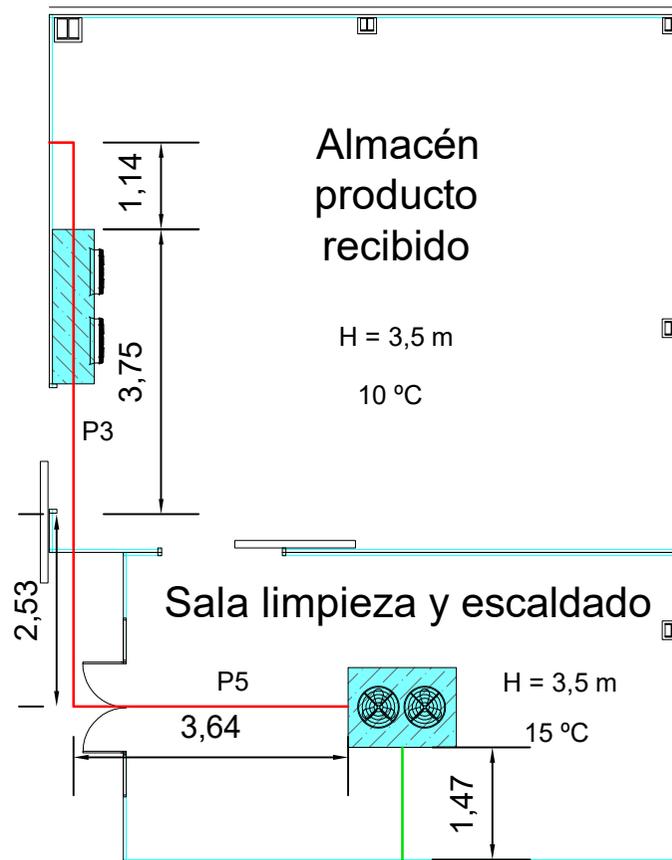
4

Título del plano:

Ampliación de salas norte

Fecha:  
01/02/2021

Escala:  
1/100



### LEYENDA

	Red de tuberías de líquido y aspiración
	Red de tuberías de descarga
	Red de desagüe de desescarche

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ETS Ingenieros Industriales y de Telecomunicación  
Diseño de una instalación frigorífica en la industria alimentaria  
Proyecto Fin de Máster



Autor

Ángela Velasco Balbás

Revisado

Carlos Liaño Fernández

Plano nº:

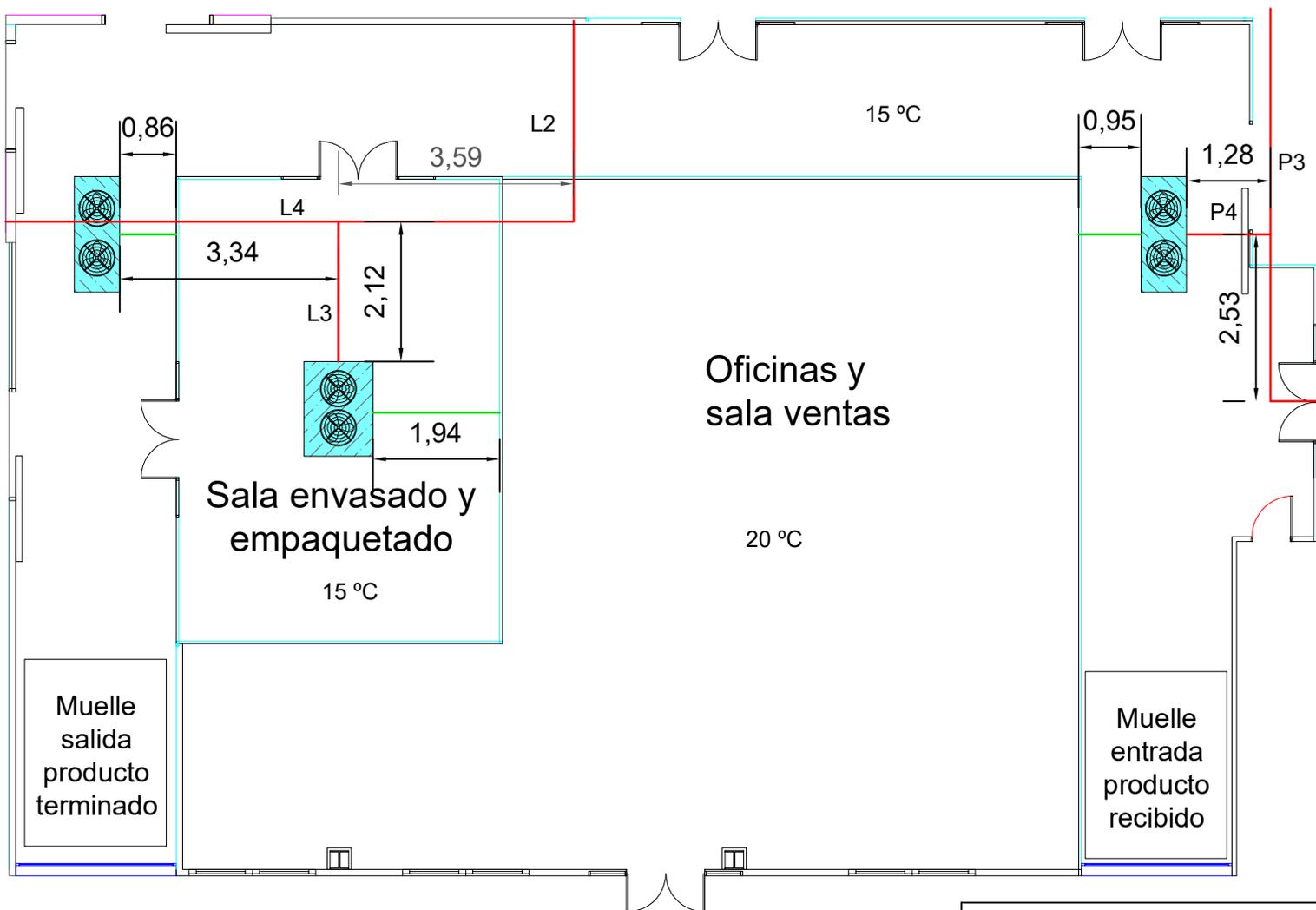
**5**

Título del plano:

**Ampliación de salas este**

Fecha:  
01/02/2021

Escala:  
1/100



### LEYENDA

	Red de tuberías de líquido y aspiración
	Red de tuberías de descarga
	Red de desagüe de desescarche

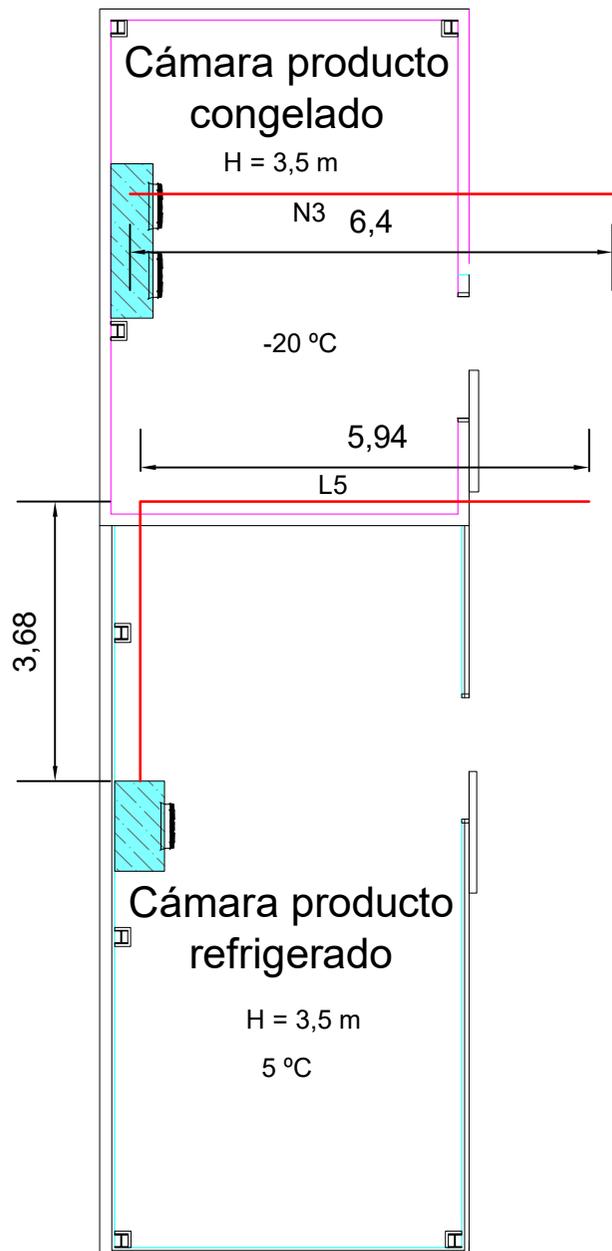


UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

ETS Ingenieros Industriales y de Telecomunicación  
 Diseño de una instalación frigorífica en la industria alimentaria  
 Proyecto Fin de Máster

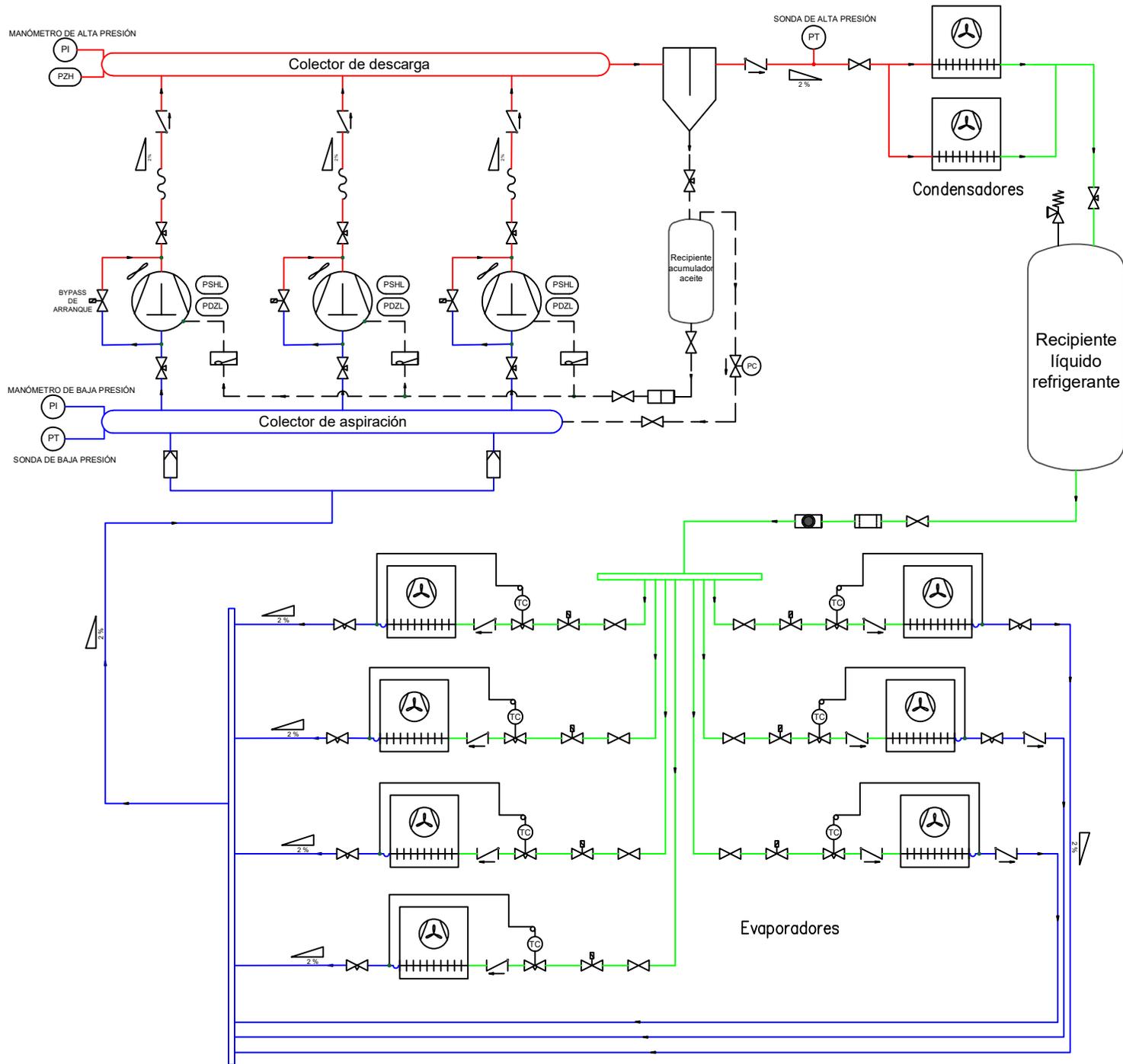


Autor	Ángela Velasco Balbás	Revisado	Carlos Liaño Fernández
Plano nº:	Título del plano:		Fecha:
<b>6</b>	<b>Ampliación de salas sur</b>		01/02/2021
			Escala: 1/100



LEYENDA	
	Red de tuberías de líquido y aspiración
	Red de tuberías de descarga
	Red de desagüe de desescarche

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA			
			
ETS Ingenieros Industriales y de Telecomunicación Diseño de una instalación frigorífica en la industria alimentaria Proyecto Fin de Máster			
Autor	Ángela Velasco Balbás	Revisado	Carlos Liaño Fernández
Plano nº: <b>7</b>	Título del plano: <b>Ampliación de salas oeste</b>		Fecha: 01/02/2021
			Escala: 1/100

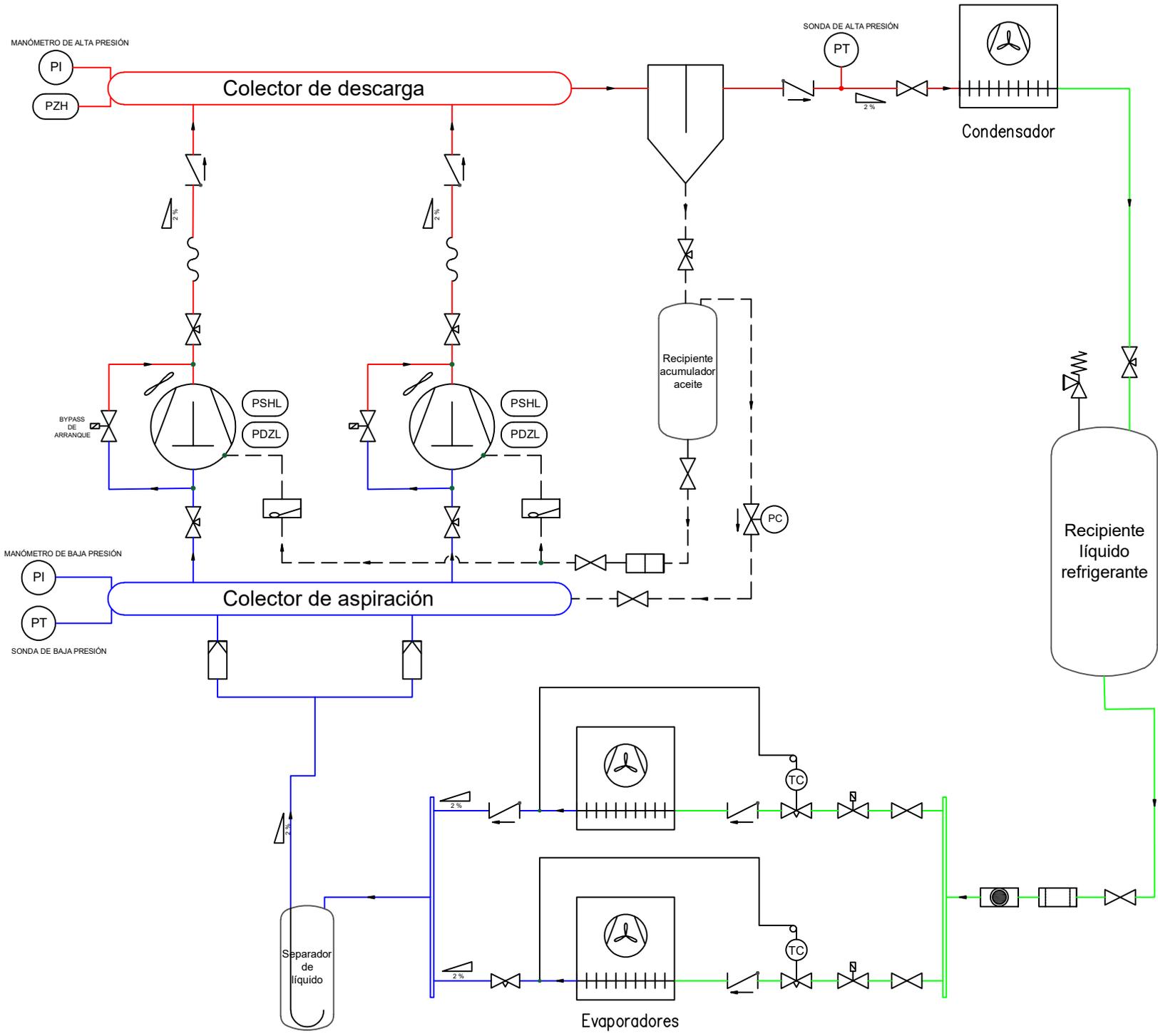


LEYENDA	
SIMBOLOGÍA	DENOMINACIÓN
	COMPRESOR SEMI-HERMÉTICO ALTERNATIVO CON VENTILADOR DE CULATA
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN
	VÁLVULA DE SERVICIO
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	VÁLVULA SOLENOIDE
	VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA CON EQUILIBRADO DE PRESIÓN EXTERNA
	VÁLVULA ANGULAR DE SEGURIDAD CON RESORTE
	VÁLVULA DE DESPRESURIZACIÓN
	FILTRO DE GAS DE ASPIRACIÓN
	REGULADOR DE ACEITE MEDIANTE VÁLVULA DE FLOTADOR
	FILTRO DE ACEITE
	FILTRO DE LÍQUIDO REFRIGERANTE
	VISOR DE LÍQUIDO CON INDICADOR DE HUMEDAD
	ANTIVIBRADOR DE DESCARGA
	SEPARADOR DE ACEITE
	MANÓMETRO
	SONDA DE PRESIÓN
	PRESOSTATO DE ALTA GENERAL
	PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE
	PRESOSTATO ALTA / BAJA
	LÍNEA DE ASPIRACIÓN
	LÍNEA DE DESCARGA
	LÍNEA DE LÍQUIDO
	LÍNEA DE LUBRICANTE Y OTRAS SUSTANCIAS

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

ETS Ingenieros Industriales y de Telecomunicación  
Diseño de una instalación frigorífica en la industria alimentaria  
Proyecto Fin de Máster

Autor	Ángela Velasco Balbás	Revisado	Carlos Liaño Fernández
Plano nº: <b>8</b>	Título del plano: <b>Instalación centralizada para cámaras de temperatura positiva</b>		Fecha: 15/02/2021 Escala:



LEYENDA	
SIMBOLOGÍA	DENOMINACIÓN
	COMPRESOR SEMI-HERMÉTICO ALTERNATIVO CON VENTILADOR DE CULATA
	VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO
	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN
	VÁLVULA DE SERVICIO
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	VÁLVULA SOLENOIDE
	VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA CON EQUILIBRADO DE PRESIÓN EXTERNA
	VÁLVULA ANGULAR DE SEGURIDAD CON RESORTE
	VÁLVULA DE DESPRESURIZACIÓN
	FILTRO DE GAS DE ASPIRACIÓN
	REGULADOR DE ACEITE MEDIANTE VÁLVULA DE FLOTADOR
	FILTRO DE ACEITE
	FILTRO DE LÍQUIDO REFRIGERANTE
	VISOR DE LÍQUIDO CON INDICADOR DE HUMEDAD
	ANTIVIBRADOR DE DESCARGA
	SEPARADOR DE ACEITE
	MANÓMETRO
	SONDA DE PRESIÓN
	PRESOSTATO DE ALTA GENERAL
	PRESOSTATO DIFERENCIAL DE ACEITE
	PRESOSTATO ALTA / BAJA
	LÍNEA DE ASPIRACIÓN
	LÍNEA DE DESCARGA
	LÍNEA DE LÍQUIDO
	LÍNEA DE LUBRICANTE Y OTRAS SUSTANCIAS

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA  
ETS Ingenieros Industriales y de Telecomunicación  
Diseño de una instalación frigorífica en la industria alimentaria  
Proyecto Fin de Máster

Autor	Ángela Velasco Balbás	Revisado	Carlos Liaño Fernández
Plano nº:	Título del plano:		Fecha:
<b>9</b>	<b>Instalación centralizada para cámaras de temperatura negativa</b>		15/02/2021
			Escala:

## **DOCUMENTO N° 4: PLIEGO DE CONDICIONES**

## ÍNDICE

<b>DOCUMENTO Nº 4: PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>117</b>
<b>1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES .....</b>	<b>120</b>
1.1. OBJETO DEL PLIEGO .....	120
1.2. GENERALIDADES .....	120
1.3. NORMATIVAS.....	120
1.4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS .....	122
1.5. DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA.....	122
1.6. INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES .....	122
1.6.1. <i>Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa.....</i>	<i>123</i>
1.6.2. <i>Subcontratas .....</i>	<i>123</i>
1.7. PRESCRIPCIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES .....	123
1.7.1. <i>Uso por el contratista de edificio o bienes del propietario.....</i>	<i>124</i>
1.7.2. <i>Personal.....</i>	<i>124</i>
1.8. DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS .....	124
1.8.1. <i>Promotor.....</i>	<i>124</i>
1.8.2. <i>Proyectista .....</i>	<i>125</i>
<b>2. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS.....</b>	<b>126</b>
2.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES A EMPLEAR .....	126
2.2. MEDIDAS DE CONTROL DE CALIDAD EXIGIBLES AL CONSTRUCTOR.....	126
2.2.1. <i>Instalaciones.....</i>	<i>127</i>
2.2.2. <i>Equipo y maquinaria.....</i>	<i>127</i>
2.3. PROCEDENCIA.....	128
2.3.1. <i>Materiales no consignados en proyecto .....</i>	<i>128</i>
<b>3. ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN.....</b>	<b>129</b>
3.1. PROTOCOLO DE RECEPCIÓN EN OBRA DE EQUIPOS Y MATERIALES .....	129
3.2. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS .....	129
3.2.1. <i>Replanteo.....</i>	<i>129</i>
3.2.2. <i>Inicio de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos .....</i>	<i>130</i>
3.2.3. <i>Orden de los trabajos .....</i>	<i>130</i>
3.2.4. <i>Facilidades para otros contratistas .....</i>	<i>130</i>
3.2.5. <i>Obras ocultas.....</i>	<i>130</i>
3.2.6. <i>Trabajos defectuosos.....</i>	<i>131</i>
3.2.7. <i>Vicios ocultos.....</i>	<i>131</i>
3.2.8. <i>Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor.....</i>	<i>131</i>
3.2.9. <i>Limpieza de las obras .....</i>	<i>132</i>
3.2.10. <i>Obras sin prescripciones.....</i>	<i>132</i>
3.3. ACTA DE RECEPCIÓN.....	132
3.4. RECEPCIÓN PROVISIONAL .....	133
3.4.1. <i>Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra.....</i>	<i>134</i>
3.5. DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA .....	134
3.6. RECEPCIÓN DEFINITIVA.....	134
<b>4. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS .....</b>	<b>135</b>
4.1. FIANZAS.....	135
4.2. EJECUCIÓN DE TRABAJOS CON CARGO A LA FIANZA.....	135

4.3.	DE SU EVOLUCIÓN EN GENERAL.....	135
4.4.	DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA EN EL CASO DE EFECTUARSE RECEPCIONES PARCIALES.....	135
4.5.	ACOPIO DE MATERIALES.....	136
4.6.	NORMAS PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS MATERIALES Y APARATOS .....	136
4.7.	PRECIOS CONTRADICTORIOS .....	136
4.8.	VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS .....	136
4.9.	PAGOS.....	137
4.10.	VARIACIONES DE PRECIOS POR UNIDADES MEJORADAS .....	137
4.11.	ABONO DE TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA.....	138
4.12.	DEMORA DE LOS PAGOS .....	138
4.13.	SEGURO DE LAS OBRAS.....	138

## **1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

### **1.1. OBJETO DEL PLIEGO**

Es objeto de este pliego la regulación de la ejecución de las obras, fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño de la obra, al Constructor de la misma, sus técnicos encargados y/o a la Dirección Facultativa, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

El texto de este Pliego de Condiciones Generales forma parte, en su totalidad, del contrato de adjudicación y se consideran nulas y sin ningún efecto las modificaciones que introduzcan los concursantes sin consentimiento de la Propiedad.

### **1.2. GENERALIDADES**

Las obras a realizar se llevarán a cabo siempre siguiendo las directrices del Proyecto específico redactado por los Técnicos Facultativos (planos, presupuesto, memoria y pliego de condiciones), así como de las indicaciones que se faciliten durante la ejecución por parte de la Dirección Facultativa.

Los planos del proyecto deben considerarse de carácter indicativo de la disposición general del sistema, debiendo realizarse un replanteo en obra de todos los sistemas para evitar interferencias entre los mismos.

### **1.3. NORMATIVAS**

Con carácter general, se incluyen a continuación las normativas y disposiciones que serán de aplicación y que se deben cumplir en la ejecución de las obras, siendo la prioridad de las mismas, según el rango de su publicación en los distintos boletines (B.O.E. y B.O.C.)

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos laborales. (Versión con las modificaciones posteriores integradas en el texto.)
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Modificado por el R.D. 2177/2004, de 12 de noviembre.
- R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Orden 9/3/1971.

- Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias IF 01 a 21, promulgado por el Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias IT 01 a 52, promulgado por el Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto. TEXTO CONSOLIDADO. Última modificación: 01 de octubre de 2020.
- Normas UNE de la Asociación Española de Normalización y Certificación.
- UNE-EN 1273-1. Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos, sin soldadura, para aire acondicionado y refrigeración. Parte 1: Tubos para canalizaciones. 2020.
- Real Decreto 1109/1991, de 12 de julio de 1991, por el que se aprueba la Norma General relativa a los alimentos ultracongelados destinados a la alimentación humana. TEXTO CONSOLIDADO. Última modificación: 14 de octubre de 1995.
- Real Decreto 2420/1978, de 2 de junio, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración y venta de conservas vegetales. Última modificación: 08 de marzo de 2013.
- Orden ICT/155/2020, de 7 de febrero, por la que se regula el control metrológico del Estado de determinados instrumentos de medida. 2020
- REGLAMENTO (CE) No 37/2005 DE LA COMISIÓN de 12 de enero de 2005 relativo al control de las temperaturas en los medios de transporte y los locales de depósito y almacenamiento de alimentos ultracongelados destinados al consumo humano.
- Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. Última modificación del 15 de julio de 2015.

Y cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos oficiales que guarden relación con las obras del presente Proyecto, con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas.

En caso de discrepancia entre las normas anteriores y salvo manifestación expresa en contrario en el presente Proyecto, se entenderá que es válida la prescripción más restrictiva.

#### **1.4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS**

Las obras regidas por el presente pliego de condiciones se sitúan en la calle Pontejos, en un terreno industrial situado en la localidad de Orejo, en Cantabria, y son las necesarias para la ejecución de una instalación de refrigeración y congelación de productos vegetales alimenticios.

Las obras quedan descritas en la Memoria y Planos del Proyecto, en donde se detallan y especifican las características de cada uno de los elementos que componen la obra y que se resumen en:

- Instalación del suelo y aislamiento de las cámaras frigoríficas y de trabajo.
- Instalación de los equipos del sistema de refrigeración.
- Instalación de la red de tuberías de las centrales de refrigeración.
- Conexión eléctrico de los equipos y cuadro eléctrico de control.
- Programación del sistema de monitorización y control.

#### **1.5. DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA**

Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

1. Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiese.
2. El presente Pliego de Condiciones.
3. El resto de la documentación de Proyecto (memoria, anexos, planos, mediciones y presupuesto).

Las órdenes e instrucciones de la Dirección Facultativa de las obras se incorporan al Proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos recogidos en el presente proyecto, la cota prevalece sobre la medida a escala.

#### **1.6. INTERPRETACIONES, ACLARACIONES Y MODIFICACIONES**

El Contratista podrá requerir del Ingeniero, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Toda modificación que se pretenda incorporar al proyecto o cualquier duda sobre su interpretación, ya sea por parte del Contratista o de cualquiera de sus subcontratas,

deberá ser sometida a la Dirección Facultativa, que deberá aprobar por escrito cualquier cambio que se produzca y facilitar los planos de detalle suficientes para la correcta ejecución de las obras.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las ordenes, avisos o instrucciones que reciba del Ingeniero.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Contratista, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiere dictado, el cual dará al Contratista el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

#### **1.6.1. Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa**

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del jefe de obra, ante la propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico de la Dirección Facultativa, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al ingeniero, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

#### **1.6.2. Subcontratas**

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

### **1.7. PRESCRIPCIONES RELATIVAS A TRABAJOS, MATERIALES Y MEDIOS AUXILIARES**

El Contratista dispondrá por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra cumpliendo con las ordenanzas municipales del Ayuntamiento correspondiente, cuando estas fuesen de aplicación.

Serán por cuenta del contratista, los medios mecánicos y personales necesarios para el correcto desarrollo de las obras.

### **1.7.1. Uso por el contratista de edificio o bienes del propietario**

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el Contratista, con la necesaria y previa autorización del Propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación, reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el Contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el Propietario a costa de aquel y con cargo a la fianza.

### **1.7.2. Personal**

El contratista deberá presentar mensualmente, la justificación suficiente de que todas las personas que se encuentran trabajando en obra, disponen de cobertura legal (personal asalariado, autónomos, etc.).

## **1.8. DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS**

### **1.8.1. Promotor**

Será Promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente decide, impulsa, programa o financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Son obligaciones del promotor:

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- Designará al Coordinador de Seguridad y Salud para el proyecto y la ejecución de la obra. Suscribir los seguros previstos en la Ley de Ordenación de la Edificación.
- Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

### **1.8.2. Proyectista**

Son obligaciones del proyectista:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.
- Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.

Las obligaciones del Constructor o Contratista, del Director de obra y del Director de la ejecución de la obra serán las definidas en los artículos 11 a 13 de la L.O.E. [30].

## **2. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS**

### **2.1. CALIDAD DE LOS MATERIALES A EMPLEAR**

Los materiales de origen industrial deberán cumplir las condiciones funcionales y de calidad fijadas, así como las correspondientes normas y disposiciones vigentes relativas a la fabricación y control industrial.

Cuando el material llegue a la obra debe llevar el certificado de origen industrial acreditado del cumplimiento de dichas condiciones, normas y disposiciones. En el caso de que no existan homologaciones oficiales para dicho material o en los casos en que los equipos o materiales no estén obligados al mercado CE, para poder verificar el cumplimiento de las exigencias técnicas de la normativa de aplicación, se tendrán que realizar ensayos y pruebas según lo establecido por el reglamento vigente, es decir, debidamente contrastados por un laboratorio de ensayos homologado para el tipo de ensayos realizados, y deberán ser aprobados por la Dirección de las obras, pues será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas para la buena práctica constructiva.

Una vez instalados los equipos y antes de la puesta en servicio del sistema de refrigeración, todos sus componentes y el conjunto de la instalación deberán someterse a los siguientes ensayos según exige la normativa [29]:

- a) Ensayo de resistencia a la presión.
- b) Ensayo de estanqueidad.
- c) Ensayo funcional de todos los dispositivos de seguridad.
- d) Ensayo de conformidad del conjunto de la instalación.

Durante los ensayos, las conexiones y uniones deberán ser accesibles para su comprobación. Después de las pruebas de presión y estanquidad y antes de la primera puesta en servicio de la instalación deberá procederse a realizar un ensayo funcional de todos los circuitos de seguridad.

Los resultados de estos ensayos deberán ser registrados.

Todos los ensayos referidos se realizarán siguiendo las indicaciones recogidas en la normativa [29].

### **2.2. MEDIDAS DE CONTROL DE CALIDAD EXIGIBLES AL CONSTRUCTOR**

Se llevará a cabo un control de calidad tanto de los materiales como de las ejecuciones de obras e instalaciones que se prevén realizar en la planta.

Se enumeran a continuación las actuaciones a tener en cuenta para el control de recepción de materiales y diferentes ensayos según proceda en cada partida de obra.

### **2.2.1. Instalaciones**

- Instalaciones de fontanería: DB HS-4.
- Instalaciones frigoríficas (RIF).
- Ensayos de presión y pruebas.
- Planos Definitivos de cada Instalación.
- Boletines, Libros de Registro y Actas de pruebas.
- Recomendaciones para el uso y mantenimiento.
- Verificación por Entidad Autorizada.
- Esquemas de Principio.
- Manual de Instrucciones.
- Libro de Mantenimiento, Recomendaciones de Uso y Plan de Revisiones periódicas.
- Certificado CE y Certificado de Inspección Oficial.
- Acta de Protocolo en la que se refleje el correcto funcionamiento de cada una de las Instalaciones.

### **2.2.2. Equipo y maquinaria**

- Certificado de Fabricación y Autorización CE.
- Ficha de características técnicas.
- Requerimiento de consumos y gálibos de manejo.
- Certificado de verificación de rendimiento.
- Libro de Servicio y Mantenimiento.
- Listado de Ensayos, principalmente los normalizados para Compactaciones, Hormigones, Aceros y Específicos.
- Acreditaciones o sellos ENAC.
- Acreditaciones de homologación AENOR.
- Certificados de Unidades Especializados (Pavimentos, Aislamientos).
- DITE y FICHAS TÉCNICAS de los materiales a utilizar en Fachadas, Cubiertas y Falsos Techos.
- Certificado CE.

- Certificado de Pruebas y Seguridad de Instalaciones por Entidad Colaboradora.

### **2.3. PROCEDENCIA**

Los materiales podrán ser cualquiera de los elegidos por el Contratista, siempre y cuando sean presentados por este al Ingeniero Director de Obra, quien dará la aprobación pertinente.

El Contratista está obligado a eliminar a su costa los materiales de calidad inferior a la exigida que aparezcan durante la realización de los trabajos.

#### **2.3.1. Materiales no consignados en proyecto**

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el Contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

### **3. ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN**

Los trabajos a realizar se desarrollarán de acuerdo a los criterios e indicaciones definidos en los planos, las mediciones, la memoria, las especificaciones de materiales e instalación indicados en el propio pliego de condiciones y por el Director Facultativo.

#### **3.1. PROTOCOLO DE RECEPCIÓN EN OBRA DE EQUIPOS Y MATERIALES**

A la llegada de los materiales a obra, se comprobará la correspondencia de materiales con el proyecto, revisando las placas y la documentación técnica acreditativa de la homologación de aparatos.

No podrá sustituirse ningún material de los indicados en el proyecto por otro, aun siendo similar, ni instalar aparatos de marcas o modelos distintos, sin autorización escrita de la Dirección de obra.

Los materiales que presenten defectos como picaduras, mal aspecto, etc., serán desechados, incluso después de haber sido realizado su montaje en obra.

Cualquier otro material que pueda emplearse en estas obras y cuyas condiciones no estén expresamente determinadas en este pliego, se registrará por las especificaciones de las "Normas UNE" y el Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre [29], e irán avalados por el Director Técnico y en su defecto, serán sometidos a ensayos y pruebas necesarios para determinar su adecuada idoneidad a juicio de la Dirección Facultativa según las indicaciones especificadas en el apartado 2.1 del presente pliego.

En el caso de existir discrepancias o desacuerdos debidos a las especificaciones o datos que figuran en alguno de los documentos que integran el Proyecto, prevalecerá, sin posibilidad de apelación del contratista ni de ninguna subcontrata, el criterio razonado de la Dirección Facultativa.

#### **3.2. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entreguen el Ingeniero al Contratista, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado en el Pliego de Condiciones.

##### **3.2.1. Replanteo**

El Contratista iniciará las obras con el replanteo de las mismas, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos

parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Contratista someterá el replanteo a la aprobación del Ingeniero y una vez éste haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Ingeniero, siendo responsabilidad del Contratista la omisión de este trámite.

### **3.2.2. Inicio de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos**

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el contrato, desarrollándolas en la forma necesaria para que, dentro de los períodos parciales señalados, queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo establecido en el contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta a la Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos al menos con cuatro días de antelación.

### **3.2.3. Orden de los trabajos**

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

### **3.2.4. Facilidades para otros contratistas**

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los demás Contratistas que intervengan en la obra, sin perjuicio de las compensaciones económicas que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

### **3.2.5. Obras ocultas**

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose: uno, al Ingeniero; otro, al Aparejador; y, el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

### **3.2.6. Trabajos defectuosos**

El constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones generales y particulares de índole técnica exigidas en el Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la instalación, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al Director de obra, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de obra o Facultativo advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Director de la obra, quien resolverá.

### **3.2.7. Vicios ocultos**

Si el Director de obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia a la Dirección Facultativa.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del constructor, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario serán a cargo de la Propiedad.

### **3.2.8. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor**

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Ingeniero en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

#### *Prórroga por causa de fuerza mayor*

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para

el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Ingeniero. Para ello, el constructor expondrá, en escrito dirigido a la Dirección Facultativa, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

#### *Responsabilidad de la Dirección Facultativa en el retraso de la obra*

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

### **3.2.9. Limpieza de las obras**

Es obligación del Constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrante, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

### **3.2.10. Obras sin prescripciones**

En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del Proyecto, el Constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

## **3.3. ACTA DE RECEPCIÓN**

La recepción de la obra es el acto por el cual el Contratista, una vez concluida ésta, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes. La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el Promotor y el Contratista, y en la misma se hará constar:

- a) Las partes que intervienen.
- b) La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- c) El coste final de la ejecución material de la obra.
- d) La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.

- e) Las garantías que, en su caso, se exijan al constructor para asegurar sus responsabilidades.
- f) Se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el Director de obra y el Director de la ejecución de la obra, y la documentación justificativa del control de calidad realizado.

El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales. En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los 30 días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos 30 días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

### **3.4. RECEPCIÓN PROVISIONAL**

Una vez realizadas las pruebas finales y si los resultados son satisfactorios, se procederá a la recepción provisional de las obras, dando por finalizado el montaje de las mismas.

En ese momento, se debe hacer entrega a la Propiedad de la siguiente documentación:

- Copia del proyecto con trazado real de los elementos.
- Esquemas de principio y funcionamiento, según las distintas reglamentaciones para su colocación en cuadros, máquinas, etc., así como códigos de colores para identificación de tuberías y cuantos detalles se precisen para reconocer todos los elementos instalados.
- Relación de todos los materiales y equipos empleados, con indicación de marcas, modelos, fabricantes y características de funcionamiento.
- Hojas de los resultados de las pruebas finales.
- Manuales de instrucciones.
- Acta de recepción firmada por la Propiedad, el Contratista y la Dirección Facultativa.
- Autorización de entrada en funcionamiento de las instalaciones expedida por los organismos competentes, Consejería de Industria, Dirección General de Medioambiente, Excmo. Ayuntamiento, etc.
- Libro de mantenimiento.

### **3.4.1. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra**

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Ingeniero a su medición definitiva, con precisa asistencia del Contratista o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Ingeniero con su firma, servirá para el abono por la Propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza.

### **3.5. DOCUMENTACIÓN FINAL DE LA OBRA**

El Ingeniero, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de las obras, que se facilitará a la Propiedad, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente.

Dicha documentación se adjuntará, al acta de recepción, con la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de construcción o instalación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento de las instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

### **3.6. RECEPCIÓN DEFINITIVA**

Una vez transcurrido el período de garantía, estimado en un año, salvo pacto de otro período de tiempo por las partes interesadas, y si en el mismo se ha comprobado que el funcionamiento de los elementos es correcto, no habiendo notificado la propiedad ningún tipo de anomalía a la contrata, se dará la obra por recepcionada definitivamente.

A partir de la fecha de recepción definitiva cesará la obligación del Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de la obra y quedarán solo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

## **4. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS**

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas. La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

### **4.1. FIANZAS**

El contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos según se estipule:

- a) Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario, por importe entre el 5% y 10% del precio total de contrata.
- b) Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

### **4.2. EJECUCIÓN DE TRABAJOS CON CARGO A LA FIANZA**

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, la Dirección Facultativa, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

### **4.3. DE SU EVOLUCIÓN EN GENERAL**

La fianza retenida será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de treinta (30) días una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. La propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos.

### **4.4. DEVOLUCIÓN DE LA FIANZA EN EL CASO DE EFECTUARSE RECEPCIONES PARCIALES**

Si la propiedad, con la conformidad de la Dirección Facultativa, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

#### **4.5. ACOPIO DE MATERIALES**

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son de su exclusiva propiedad, siendo responsable el Contratista de su guarda y conservación.

#### **4.6. NORMAS PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS MATERIALES Y APARATOS**

No obstante, las facultades que en estos trabajos por Administración delegada se reserva el Propietario para la adquisición de los materiales y aparatos, si al Constructor se le autoriza para gestionarlos y adquirirlos con sujeción a los documentos que constituyen el Proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades, deberá presentar al Propietario, o en su representación al Ingeniero-Director, los precios y las muestras de los materiales y aparatos ofrecidos, necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

#### **4.7. PRECIOS CONTRADICTORIOS**

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Ingeniero decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. El Contratista estará obligado a efectuar los cambios. A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Ingeniero y el contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el pliego de condiciones. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad. Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

#### **4.8. VALORACIÓN Y ABONO DE LOS TRABAJOS**

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras y salvo que en contrato se haya llegado a otro tipo de acuerdo entre Propiedad y Contratista, el abono de los trabajos se efectuará como se indica:

- 1) Tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.
- 2) Tanto alzado por unidad de obra, cuyo precio invariable se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas.

Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al Contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente Pliego de Condiciones económicas respecto a mejoras o sustituciones de material.

Al Contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán mediante la Dirección Facultativa los datos correspondientes de la relación valorada, al objeto de que, dentro del plazo de diez (10) días a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el Contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas.

Dentro de los diez (10) días siguientes a su recibo, la Dirección Facultativa aceptará o rechazará las reclamaciones del Contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el Propietario contra la resolución de la Dirección Facultativa.

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, la Dirección Facultativa expedirá la certificación de las obras ejecutadas. De su importe se deducirá el tanto por ciento que para la constitución de la fianza se haya preestablecido.

#### **4.9. PAGOS**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por la Dirección Facultativa, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

#### **4.10. VARIACIONES DE PRECIOS POR UNIDADES MEJORADAS**

Será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirá el mismo criterio cuando la Dirección Facultativa introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

#### **4.11. ABONO DE TRABAJOS EJECUTADOS DURANTE EL PLAZO DE GARANTÍA**

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá de la siguiente manera:

1) Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo y la Dirección Facultativa exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el Pliego de Condiciones, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.

2) Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso de la instalación, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.

3) Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la instalación o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

#### **4.12. DEMORA DE LOS PAGOS**

Si el propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido, el Contratista tendrá el derecho de percibir el abono de un tres y medio por ciento (3,5 %) anual, en concepto de intereses de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo de un mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el Contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

#### **4.13. SEGURO DE LAS OBRAS**

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la

obra que se construya, y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción.

En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero solo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por la Dirección Facultativa.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en las pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

## **DOCUMENTO N° 5: MEDICIONES**

## ÍNDICE

<b>DOCUMENTO N° 5: MEDICIONES</b> .....	<b>140</b>
<b>1. ALCANCE DEL ESTADO DE MEDICIONES</b> .....	<b>142</b>
<b>2. DETALLE DE MEDICIONES POR CAPÍTULOS</b> .....	<b>142</b>
2.1. CERRAMIENTOS DE LAS SALAS FRIGORÍFICAS.....	142
2.2. GRUPO COMPRESOR Y RECIPIENTE DE LÍQUIDO.....	143
2.3. INTERCAMBIADORES.....	144
2.4. APARATOS DE REGULACIÓN Y CONTROL.....	145
2.5. RED DE TUBERÍAS.....	146
2.6. INSTALACIONES AUXILIARES.....	149
2.7. ENSAYOS Y TRAMITACIONES.....	150

## 1. ALCANCE DEL ESTADO DE MEDICIONES

El presente documento abarca todos los elementos que se describen en la memoria, señalados en los planos que acompañan al proyecto y que componen los equipos a instalar en la instalación frigorífica.

## 2. DETALLE DE MEDICIONES POR CAPÍTULOS

### 2.1. CERRAMIENTOS DE LAS SALAS FRIGORÍFICAS

Orden	Unidades	Descripción	Cantidad
1.1.	m <sup>2</sup>	Suministro e instalación de panel aislante tipo sándwich de poliuretano inyectado de 40 mm de espesor en paredes y techo de cámaras de temperatura positiva.	760
1.2.	m <sup>2</sup>	Suministro e instalación de panel aislante tipo sándwich de poliuretano inyectado de 150 mm de espesor en paredes y techo de cámaras de temperatura negativa.	170
1.3.	m <sup>2</sup>	Suministro e instalación de suelo aislado de panel frigorífico y solera de hormigón con mallazo por encima.	43
1.4.	Ud.	Suministro e instalación de puertas correderas industriales de 100 mm de espesor para cámaras de congelados	1
1.5.	Ud.	Suministro e instalación de puertas correderas industriales de 140 mm de espesor para túnel de congelación	1
1.6.	Ud.	Suministro e instalación de puertas correderas industriales de 80 mm de espesor	2
1.7.	Ud.	Suministro e instalación de puertas pivotantes industriales de dos hojas de 80 mm de espesor	5

**2.2. GRUPO COMPRESOR Y RECIPIENTE DE LÍQUIDO**

<b>Orden</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
2.1.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de compresor de pistones semihermético con una potencia refrigerante en el evaporador de 25.9 kW y sistema de regulación CRII, para funcionamiento con R134a. Incluida mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.	1
2.2.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de compresor de pistones semihermético con una potencia refrigerante en el evaporador de 15.86 kW, para funcionamiento con R134a. Incluida mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.	1
2.3.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de compresor de pistones semihermético con una potencia refrigerante en el evaporador de 12.07 kW, para funcionamiento con R134a. Incluida mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.	1
2.4.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de compresor de pistones semihermético con una potencia refrigerante en el evaporador de 13.28 kW, para funcionamiento con R404a. Incluida mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.	1
2.5.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de compresor de pistones semihermético con una potencia refrigerante en el evaporador de 10.82 kW, para funcionamiento con R404a. Incluida mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.	1
2.6.	Ud.	Suministro botella de 40 kg de gas R-134a rellenable con grifo.	2
2.7.	Ud.	Suministro botella de 12 kg de gas R-134a rellenable con grifo.	1
2.8.	Ud.	Suministro y montaje de recipiente de líquido refrigerante R134a.	1
2.9.	Ud.	Suministro botella de 30 kg de gas R-404a recargable con 2 grifos.	3
2.10.	Ud.	Suministro y montaje de recipiente de líquido refrigerante R404a.	1
2.11.	Ud.	Suministro y montaje de separador de aspiración y adaptador de conexión 2 5/8" para central de temperatura negativa.	1

<b>2.12.</b>	Ud.	Suministro y montaje de colector de aspiración de gas con 2 entradas de 1 1/8" y 3 salidas de 5/8" para la central de temperatura positiva	1
<b>2.13.</b>	Ud.	Suministro y montaje de colector de aspiración de gas con 2 entradas de 1 1/8" y 2 salidas de 1 1/8" para la central de temperatura negativa	1
<b>2.14.</b>	Ud.	Suministro y montaje de colector de descarga de gas a presión con 3 entradas de 5/8" y 1 salida de 1 3/8" para central de temperatura positiva	1
<b>2.15.</b>	Ud.	Suministro y montaje de colector de descarga de gas a presión con 2 entradas de 7/8" y 1 salida de 1 1/8" para central de temperatura negativa	1

### **2.3. INTERCAMBIADORES**

<b>Orden</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
<b>3.1.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para el pasillo con una potencia de refrigeración de 2.71 kW.	2
<b>3.2.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para sala de limpieza con una potencia de refrigeración de 11.825 kW	1
<b>3.3.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para sala de troceado y sala de envasado con una potencia de refrigeración de 13.411 kW	2
<b>3.4.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para almacén de producto recibido con una potencia de refrigeración de 18.518 kW	1
<b>3.5.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para almacén de producto refrigerado con una potencia de refrigeración de 11.644 kW	1
<b>3.6.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para almacén de producto congelado con una potencia de refrigeración de 15.144 kW	1
<b>3.7.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para túnel de congelación con una potencia de refrigeración de 14.64 kW. Incluye la batería y el tren de ventilación superior integrada.	1

<b>3.8.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad condensadora para central de refrigeración de temperatura positiva con una potencia de 54.56 kW	2
<b>3.9.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad condensadora para central de refrigeración de temperatura negativa con una potencia de 72.6 kW	1

#### **2.4. APARATOS DE REGULACIÓN Y CONTROL**

<b>Orden</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
<b>4.1.</b>	Ud.	Presostato de alta/baja	5
<b>4.2.</b>	Ud.	Manómetro de baja presión con escala de 1 a 15 Bar, diámetro 100 mm y conexión inferior radial.	2
<b>4.3.</b>	Ud.	Manómetro de alta presión con escala de 1 a 25 Bar, diámetro 100 mm y conexión inferior radial.	2
<b>4.4.</b>	Ud.	Sonda de baja presión de -0.5 a 8 Bar con cabezal conector	2
<b>4.5.</b>	Ud.	Presostato de alta general	2
<b>4.6.</b>	Ud.	Sonda de alta presión de 0 a 30 Bar con cabezal conector	2
<b>4.7.</b>	Ud.	Válvula solenoide para bypass de arranque de compresores	5
<b>4.8.</b>	Ud.	Válvula de servicio	14
<b>4.9.</b>	Ud.	Antivibrador de descarga	5
<b>4.10.</b>	Ud.	Válvula de retención hermética con muelle estándar y conexión recta roscada de tamaño 1/4" y 3/8"	1
<b>4.11.</b>	Ud.	Válvula de retención hermética con muelle estándar y conexión recta roscada de tamaño 5/8"	3
<b>4.12.</b>	Ud.	Válvula de retención hermética con muelle estándar y conexión recta soldada de tamaño 7/8"	4
<b>4.13.</b>	Ud.	Válvula de retención desmontable con muelle estándar y conexión recta soldada de tamaño 1 1/8" y 1 3/8"	5
<b>4.14</b>	Ud.	Válvula de retención desmontable con muelle estándar y conexión recta soldada de tamaño 1 5/8"	4
<b>4.15</b>	Ud.	Válvula de retención desmontable con muelle estándar y conexión recta soldada de tamaño 2 1/8"	2

4.16.	Ud.	Válvula de seccionamiento.	19
4.17.	Ud.	Válvula angular de seguridad con resorte.	2
4.18.	Ud.	Válvula solenoide para línea de alimentación de evaporadores.	9
4.19.	Ud.	Filtro de líquido refrigerante de malla con cartucho recambiable y conexiones en cobre de tamaño 7/8"	2
4.20.	Ud.	Visor de líquido con indicador de humedad para soldar directo a tubo con conexión 7/8"	2
4.21.	Ud.	Filtro de gas de aspiración para conexión 1 1/8"	4
4.22.	Ud.	Válvula mecánica reguladora de presión constante en evaporador con rango de ajuste de 0,2 a 5,5 bar para unidades con temperatura de evaporación mayor a la temperatura de trabajo del ciclo.	7
4.23.	Ud.	Cuerpo termostático con compensador externo con conexiones 3/8"x5/8"x1/4" y orificio para válvula termostática con filtro, para R134a.	3
4.24.	Ud.	Cuerpo termostático con compensador externo con conexiones 1/2"x5/8"x1/4" y orificio para válvula termostática con filtro, para R134a.	4
4.25.	Ud.	Adaptador para tubería de entrada de refrigerante.	4
4.26.	Ud.	Cuerpo termostático con compensador externo con conexiones 1/2"x5/8"x1/4" y orificio para válvula termostática con filtro, para R404a. Incluye adaptador para tubería de entrada de refrigerante.	2
4.27.	Ud.	Registrador de temperatura homologado sometido a control metrológico según ICT-155:2020, con antena exterior y sonda	7

## 2.5. RED DE TUBERÍAS

Orden	Unidades	Descripción	Cantidad
5.1.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 1/4" y diámetro interior 4.75 mm según UNE-EN 12735-1, con aislamiento de coquilla de espuma elastomérica de caucho de 10 mm de espesor. Incluida mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.	1,3
5.2.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 3/8" y diámetro interior 8	8,3

		mm según UNE-EN 12735-1.	
<b>5.3.</b>	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 1/2" y diámetro interior 10.70 mm según UNE-EN 12735-1.	18
<b>5.4.</b>	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 5/8" y diámetro interior 13,87 mm según UNE-EN 12735-1.	22
<b>5.5.</b>	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 5/8" y diámetro interior 14,27 mm, según UNE-EN 12735-1.	2,3
<b>5.6.</b>	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 3/4" y diámetro interior 16.91 mm, según UNE-EN 12735-1.	4,6
<b>5.7.</b>	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 7/8" y diámetro interior 20.44 mm, según UNE-EN 12735-1.	19,7
<b>5.8.</b>	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 1 1/8" y diámetro interior 26,57 mm, según UNE-EN 12735-1.	17,2
<b>5.9.</b>	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 1 3/8" y diámetro interior 32,42 mm, según UNE-EN 12735-1.	11,7
<b>5.10.</b>	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 1 5/8" y diámetro interior 38,73 mm, según UNE-EN 12735-1.	26,6
<b>5.11.</b>	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 2 1/8" y diámetro interior 50,37 mm, según UNE-EN 12735-1.	3,25
<b>5.12.</b>	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 2 5/8" y diámetro interior 62,67 mm, según UNE-EN 12735-1.	6,5
<b>5.13.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1/2", de 13 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	1,3
<b>5.14.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 7/8", de 23 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	12,2
<b>5.15.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 1/8", de 29 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	3,4
<b>5.16.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 3/8", de 36 mm de diámetro interior y 27 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	11,7
<b>5.17.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 5/8", de 42 mm de diámetro interior y 27	20,2

		mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	
<b>5.18.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 2 1/8", de 54 mm de diámetro interior y 28.5 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	1
<b>5.19.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1/4", de 6 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	1,3
<b>5.20.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 3/8", de 10 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	8,3
<b>5.21.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1/2", de 13 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	16,8
<b>5.22.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 5/8", de 16 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	24,4
<b>5.23.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 3/4", de 19.5 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	4,6
<b>5.24.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 7/8", de 23 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	7,43
<b>5.25.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 1/8", de 29 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	13,8
<b>5.26.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 3/8", de 36 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	2
<b>5.27.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 1/8", de 29 mm de diámetro interior y 35 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	5,6
<b>5.28.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 5/8", de 42 mm de diámetro interior y 36.5 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	6,4
<b>5.29.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 2 1/8", de 54 mm de diámetro interior y 38 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	2,3

<b>5.30.</b>	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 2 5/8", de 67 mm de diámetro interior y 39.5 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	6,5
<b>5.31.</b>	ml	Suministro e instalación de tubo de PVC flexible para desagües de unidades interiores, de 16 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, con espiral de PVC rígido, según UNE-EN ISO 3994, incluye material para montaje y sujeción, accesorios, piezas especiales y entronque a bajante más próxima.	6,5

## 2.6. INSTALACIONES AUXILIARES

Orden	Unidades	Descripción	Cantidad
<b>6.1.</b>	Ud.	Recipiente acumulador de aceite	2
<b>6.2.</b>	Ud.	Separador de aceite con 30.2 kW de capacidad máxima para central de T <sup>a</sup> negativa	1
<b>6.3.</b>	Ud.	Separador de aceite con 73.9 kW de capacidad máxima para central de T <sup>a</sup> positiva, adaptador de conexión incluido.	1
<b>6.4.</b>	Ud.	Suministro de envase de 10 l de aceite lubricante tipo éster para instalaciones de compresores de pistones que funcionen con R134a y R404a.	1
<b>6.5.</b>	Ud.	Válvula de despresurización.	2
<b>6.6.</b>	Ud.	Filtro de aceite.	2
<b>6.7.</b>	Ud.	Regulador de aceite mediante válvula de flotador.	5
<b>6.8.</b>	Ud.	Suministro y colocación de escuadras soportes desmontables en acero estampado para sujeción de equipos.	7
<b>6.9.</b>	Ud.	Suministro e instalación de bastidor y varillas de soporte para sujeción en techo de unidad evaporadora.	5
<b>6.10.</b>	Ud.	Suministro y colocación de bancada modular ligera para soporte de compresores.	1
<b>6.11.</b>	Ud.	Suministro e instalación de interconexiones eléctricas de control de unidades de la central de refrigeración de temperatura positiva, realizadas mediante cable no apantallado de 2x1,5 mm <sup>2</sup> libre de halógenos. Incluso conexionado.	1
<b>6.12.</b>	Ud.	Suministro e instalación de interconexiones eléctricas de control de unidades de la	1

		central de refrigeración de temperatura negativa, realizadas mediante cable no apantallado de 2x1,5 mm <sup>2</sup> libre de halógenos. Incluso conexionado.	
<b>6.13.</b>	Ud.	Transporte de los materiales a obra. Medios mecánicos de elevación para izado de unidades e instalación en techo y paredes.	1
<b>6.14.</b>	Ud.	Suministro y colocación de material de seguridad para la instalación. Incluye sistemas de protección colectiva e individual y señalización provisional de las obras mediante elementos de balizamiento y señalización.	1

## **2.7. ENSAYOS Y TRAMITACIONES**

<b>Orden</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
<b>7.1.</b>	Ud.	Regulación final de caudales, pruebas y puesta en marcha de la instalación con toma de consumos y mediciones.	1
<b>7.2.</b>	Ud.	Proyecto técnico de refrigeración, visados, tramitaciones en la Dirección General de Industria y documentación final de obra.	1

## **DOCUMENTO N° 6: PRESUPUESTO**

## ÍNDICE

<b>DOCUMENTO Nº 6: PRESUPUESTO</b> .....	<b>151</b>
<b>1. ALCANCE DEL PRESUPUESTO</b> .....	<b>153</b>
<b>2. DETALLE DEL PRESUPUESTO POR CAPÍTULOS</b> .....	<b>153</b>
2.1. CERRAMIENTOS DE LAS SALAS FRIGORÍFICAS.....	153
2.2. GRUPO COMPRESOR Y RECIPIENTE DE LÍQUIDO .....	153
2.3. INTERCAMBIADORES.....	155
2.4. APARATOS DE REGULACIÓN Y CONTROL .....	156
2.5. RED DE TUBERÍAS.....	157
2.6. INSTALACIONES AUXILIARES .....	159
2.7. ENSAYOS Y TRAMITACIONES .....	160
<b>3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b> .....	<b>161</b>
<b>4. PRESUPUESTO GENERAL</b> .....	<b>162</b>

## 1. ALCANCE DEL PRESUPUESTO

El presente documento abarca todos los elementos que se describen en la memoria, señalados en los planos que acompañan al proyecto y que componen los equipos a instalar en la instalación frigorífica.

## 2. DETALLE DEL PRESUPUESTO POR CAPÍTULOS

### 2.1. CERRAMIENTOS DE LAS SALAS FRIGORÍFICAS

Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1.1.	m <sup>2</sup>	Suministro e instalación de panel aislante tipo sándwich de poliuretano inyectado de 40 mm de espesor en paredes y techo de cámaras de temperatura positiva.	760	22	16.720
1.2.	m <sup>2</sup>	Suministro e instalación de panel aislante tipo sándwich de poliuretano inyectado de 150 mm de espesor en paredes y techo de cámaras de temperatura negativa.	170	62	10.540
1.3.	m <sup>2</sup>	Suministro e instalación de suelo aislado de panel frigorífico y solera de hormigón con mallazo por encima.	43	17.5	752,5
1.4.	Ud.	Suministro e instalación de puertas correderas industriales de 100 mm de espesor para cámaras de congelados	1	2178	2.178
1.5.	Ud.	Suministro e instalación de puertas correderas industriales de 140 mm de espesor para túnel de congelación	1	2376	2.376
1.6.	Ud.	Suministro e instalación de puertas correderas industriales de 80 mm de espesor	2	1927	3.854
1.7.	Ud.	Suministro e instalación de puertas pivotantes industriales de dos hojas de 80 mm de espesor	5	825	4.125

### 2.2. GRUPO COMPRESOR Y RECIPIENTE DE LÍQUIDO

Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
2.1.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de compresor de pistones semihermético con una potencia refrigerante en el evaporador de 25.9 kW y sistema de regulación CR11, para funcionamiento con R134a. Incluida mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.	1	5.265	5.265

<b>2.2.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de compresor de pistones semihermético con una potencia refrigerante en el evaporador de 15.86 kW, para funcionamiento con R134a. Incluida mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.	1	4.448	4.448
<b>2.3.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de compresor de pistones semihermético con una potencia refrigerante en el evaporador de 12.07 kW, para funcionamiento con R134a. Incluida mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.	1	3.542	3.542
<b>2.4.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de compresor de pistones semihermético con una potencia refrigerante en el evaporador de 13.28 kW, para funcionamiento con R404a. Incluida mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.	1	9.400	9.400
<b>2.5.</b>	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de compresor de pistones semihermético con una potencia refrigerante en el evaporador de 10.82 kW, para funcionamiento con R404a. Incluida mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.	1	8.378	8.378
<b>2.6.</b>	Ud.	Suministro botella de 40 kg de gas R-134a rellenable con grifo	2	579	1.158
<b>2.7.</b>	Ud.	Suministro botella de 12 kg de gas R-134a rellenable con grifo	1	179	179
<b>2.8.</b>	Ud.	Suministro y montaje de recipiente de líquido refrigerante R134a.	1	687	687
<b>2.9.</b>	Ud.	Suministro botella de 30 kg de gas R-404a recargable con 2 grifos.	3	899	2.697
<b>2.10.</b>	Ud.	Suministro y montaje de recipiente de líquido refrigerante R404a.	1	743	743
<b>2.11.</b>	Ud.	Suministro y montaje de separador de aspiración y adaptador de conexión 2 5/8" para central de temperatura negativa.	1	398	398
<b>2.12.</b>	Ud.	Suministro y montaje de colector de aspiración de gas con 2 entradas de 1 1/8" y 3 salidas de 5/8" para la central de temperatura positiva	1	355	355
<b>2.13.</b>	Ud.	Suministro y montaje de colector de aspiración de gas con 2 entradas de 1 1/8" y 2 salidas de 1 1/8" para la central de temperatura negativa	1	270	270
<b>2.14.</b>	Ud.	Suministro y montaje de colector de descarga de gas a presión con 3 entradas de 5/8" y 1 salida de 1 3/8" para central de temperatura positiva	1	400	400
<b>2.15.</b>	Ud.	Suministro y montaje de colector de descarga de gas a presión con 2 entradas de 7/8" y 1 salida de 1 1/8" para central de temperatura negativa	1	260	260

**2.3. INTERCAMBIADORES**

<b>Orden</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
3.1.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para el pasillo con una potencia de refrigeración de 2.71 kW.	2	2.114	4.228
3.2.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para sala de limpieza con una potencia de refrigeración de 11.825 kW	1	2.844	2.844
3.3.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para sala de troceado y sala de envasado con una potencia de refrigeración de 13.411 kW	2	3.469	6.938
3.4.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para almacén de producto recibido con una potencia de refrigeración de 18.518 kW	1	5.840	5.840
3.5.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para almacén de producto refrigerado con una potencia de refrigeración de 11.644 kW	1	4.537	4.537
3.6.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para almacén de producto congelado con una potencia de refrigeración de 15.144 kW	1	5.840	5.840
3.7.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad evaporativa para túnel de congelación con una potencia de refrigeración de 14.64 kW. Incluye la batería y el tren de ventilación superior integrada.	1	13.075	13.075
3.8.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad condensadora para central de refrigeración de temperatura positiva con una potencia de 54.56 kW	2	3.595	7.190
3.9.	Ud.	Suministro, montaje y puesta en marcha de unidad condensadora para central de refrigeración de temperatura negativa con una potencia de 72.6 kW	1	4.316	4.316

**2.4. APARATOS DE REGULACIÓN Y CONTROL**

<b>Orden</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
4.1.	Ud.	Presostato de alta/baja.	5	70	350
4.2.	Ud.	Manómetro de baja presión con escala de 1 a 15 Bar, diámetro 100 mm y conexión inferior radial.	2	179	358
4.3.	Ud.	Manómetro de alta presión con escala de 1 a 25 Bar, diámetro 100 mm y conexión inferior radial.	2	179	358
4.4.	Ud.	Sonda de baja presión de -0.5 a 8 Bar con cabezal conector.	2	173	346
4.5.	Ud.	Presostato de alta general.	2	37,4	74,8
4.6.	Ud.	Sonda de alta presión de 0 a 30 Bar con cabezal conector.	2	173	346
4.7.	Ud.	Válvula solenoide para bypass de arranque de compresores.	5	90	450
4.8.	Ud.	Válvula de servicio.	14	39,6	554,2
4.9.	Ud.	Antivibrador de descarga.	5	39	195
4.10.	Ud.	Válvula de retención hermética con muelle estándar y conexión recta roscada de tamaño 1/4" y 3/8".	1	24	24
4.11.	Ud.	Válvula de retención hermética con muelle estándar y conexión recta roscada de tamaño 5/8" .	3	36,5	109,5
4.12.	Ud.	Válvula de retención hermética con muelle estándar y conexión recta soldada de tamaño 7/8".	4	58	232
4.13.	Ud.	Válvula de retención desmontable con muelle estándar y conexión recta soldada de tamaño 1 1/8" y 1 3/8".	5	110,5	552,5
4.14	Ud.	Válvula de retención desmontable con muelle estándar y conexión recta soldada de tamaño 1 5/8".	4	205	820
4.15	Ud.	Válvula de retención desmontable con muelle estándar y conexión recta soldada de tamaño 2 1/8".	2	343	686
4.16.	Ud.	Válvula de seccionamiento.	19	222,9	4.234,8
4.17.	Ud.	Válvula angular de seguridad con resorte.	2	255	510
4.18.	Ud.	Válvula solenoide para línea de alimentación de evaporadores.	9	84	756
4.19.	Ud.	Filtro de líquido refrigerante de malla con cartucho recambiable y conexiones en cobre de tamaño 7/8".	2	160	320
4.20.	Ud.	Visor de líquido con indicador de humedad para soldar directo a tubo con conexión 7/8".	2	19,2	38,4
4.21.	Ud.	Filtro de gas de aspiración para conexión 1 1/8".	4	154	616
4.22.	Ud.	Válvula mecánica reguladora de presión constante en evaporador con rango de ajuste de 0,2 a 5,5 bar para unidades con temperatura de evaporación mayor a la temperatura de trabajo del ciclo.	6	495,7	2.974,3
4.23.	Ud.	Cuerpo termostático con compensador	3	503	1.509

		externo con conexiones 3/8"x5/8"x1/4" y orificio para válvula termostática con filtro, para R134a.			
4.24.	Ud.	Cuerpo termostático con compensador externo con conexiones 1/2"x5/8"x1/4" y orificio para válvula termostática con filtro, para R134a.	4	503	2.012
4.25.	Ud.	Adaptador para tubería de entrada de refrigerante.	4	2	8
4.26.	Ud.	Cuerpo termostático con compensador externo con conexiones 1/2"x5/8"x1/4" y orificio para válvula termostática con filtro, para R404a. Incluye adaptador para tubería de entrada de refrigerante.	2	505	1.010
4.27.	Ud.	Registrador de temperatura homologado sometido a control metrológico según ICT-155:2020, con antena exterior y sonda.	7	602	4.214

## 2.5. RED DE TUBERÍAS

Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
5.1.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 1/4" y diámetro interior 4.75 mm según UNE-EN 12735-1, con aislamiento de coquilla de espuma elastomérica de caucho de 10 mm de espesor. Incluida mano de obra, medios auxiliares y pequeño material.	1,3	13,86	18,1
5.2.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 3/8" y diámetro interior 8 mm según UNE-EN 12735-1.	8,3	6	49,74
5.3.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 1/2" y diámetro interior 10.70 mm según UNE-EN 12735-1.	18	7	131,93
5.4.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 5/8" y diámetro interior 13,87 mm según UNE-EN 12735-1.	22	9,5	215
5.5.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 5/8" y diámetro interior 14,27 mm, según UNE-EN 12735-1.	2,3	9,5	21,85
5.6.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 3/4" y diámetro interior 16.91 mm, según UNE-EN 12735-1.	4,6	10,5	51,3
5.7.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 7/8" y diámetro interior 20.44 mm, según UNE-EN 12735-1.	19,7	12	241,8
5.8.	ml	Suministro e instalación de tubería de	17,2	15	274

		cobre de diámetro nominal 1 1/8" y diámetro interior 26,57 mm, según UNE-EN 12735-1.			
5.9.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 1 3/8" y diámetro interior 32,42 mm, según UNE-EN 12735-1.	11,7	22	279,4
5.10.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 1 5/8" y diámetro interior 38,73 mm, según UNE-EN 12735-1.	26,6	41	1.135,6
5.11.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 2 1/8" y diámetro interior 50,37 mm, según UNE-EN 12735-1.	3,25	42	162,5
5.12.	ml	Suministro e instalación de tubería de cobre de diámetro nominal 2 5/8" y diámetro interior 62,67 mm, según UNE-EN 12735-1.	6,5	68	495
5.13.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1/2", de 13 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	1,3	12	15,6
5.14.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 7/8", de 23 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	12,2	16,6	202,52
5.15.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 1/8", de 29 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	3,4	19,8	67,32
5.16.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 3/8", de 36 mm de diámetro interior y 27 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	11,7	22,2	259,74
5.17.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 5/8", de 42 mm de diámetro interior y 27 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	20,2	27,2	549,44
5.18.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 2 1/8", de 54 mm de diámetro interior y 28.5 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	1	31,5	31,5
5.19.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1/4", de 6 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	1,3	3,4	4,42
5.20.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 3/8", de 10 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	8,3	3,7	30,71
5.21.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1/2", de 13 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	16,8	4	67,2
5.22.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 5/8", de 16 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	24,4	4,3	104,92

5.23.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 3/4", de 19.5 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	4,6	5	23
5.24.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 7/8", de 23 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	7,43	5,5	40,87
5.25.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 1/8", de 29 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	13,8	7,2	99,36
5.26.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 3/8", de 36 mm de diámetro interior y 10 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	2	8,6	17,2
5.27.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 1/8", de 29 mm de diámetro interior y 35 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	5,6	32	179,2
5.28.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 1 5/8", de 42 mm de diámetro interior y 36.5 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	6,4	44,5	284,8
5.29.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 2 1/8", de 54 mm de diámetro interior y 38 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	2,3	57	131,1
5.30.	ml	Coquilla de espuma elastomérica, para tubo de 2 5/8", de 67 mm de diámetro interior y 39.5 mm de espesor, a base de caucho sintético flexible	6,5	63	409,5
5.31.	ml	Suministro e instalación de tubo de PVC flexible para desagües de unidades interiores, de 16 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, con espiral de PVC rígido, según UNE-EN ISO 3994, incluye material para montaje y sujeción, accesorios, piezas especiales y entronque a bajante más próxima.	6,5	22,6	146,9

## 2.6. INSTALACIONES AUXILIARES

Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
6.1.	Ud.	Recipiente acumulador de aceite	2	357,5	715
6.2.	Ud.	Separador de aceite con 30.2 kW de capacidad máxima para central de Tª negativa	1	142	142
6.3.	Ud.	Separador de aceite con 73.9 kW de capacidad máxima para central de Tª positiva, adaptador de conexión incluido.	1	300,6	300,6
6.4.	Ud.	Suministro de envase de 10 L de aceite lubricante tipo éster para instalaciones de compresores de pistones que funcionen con R134a y R404a.	1	420	420

6.5.	Ud.	Válvula de despresurización.	2	140	280
6.6.	Ud.	Filtro de aceite.	2	24,7	49,4
6.7.	Ud.	Regulador de aceite mediante válvula de flotador.	5	45,4	227
6.8.	Ud.	Suministro y colocación de escuadras soportes desmontables en acero estampado para sujeción de equipos.	7	82,6	578,2
6.9.	Ud.	Suministro e instalación de bastidor y varillas de soporte para sujeción en techo de unidad evaporadora.	5	16,7	83,5
6.10.	Ud.	Suministro y colocación de bancada modular ligera para soporte de compresores.	1	320	320
6.11.	Ud.	Suministro e instalación de interconexiones eléctricas de control de unidades de la central de refrigeración de temperatura positiva, realizadas mediante cable no apantallado de 2x1,5 mm <sup>2</sup> libre de halógenos. Incluso conexionado.	1	794,12	794,12
6.12.	Ud.	Suministro e instalación de interconexiones eléctricas de control de unidades de la central de refrigeración de temperatura negativa, realizadas mediante cable no apantallado de 2x1,5 mm <sup>2</sup> libre de halógenos. Incluso conexionado.	1	226,9	226,9
6.13.	Ud.	Transporte de los materiales a obra. Medios mecánicos de elevación para izado de unidades e instalación en techo y paredes.	1	950	950
6.14.	Ud.	Suministro y colocación de material de seguridad para la instalación. Incluye sistemas de protección colectiva e individual y señalización provisional de las obras mediante elementos de balizamiento y señalización.	1	742	742

## 2.7. ENSAYOS Y TRAMITACIONES

Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
7.1.	Ud.	Regulación final de caudales, pruebas y puesta en marcha de la instalación con toma de consumos y mediciones.	1	385	385
7.2.	Ud.	Proyecto técnico de refrigeración, visados, tramitaciones en la Dirección General de Industria y documentación final de obra.	1	1152	1152

**3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL****RESUMEN DEL PRESUPUESTO POR CAPÍTULOS**

---

<b>Cap. 1</b>	<b>Cerramientos de las salas frigoríficas</b>	<b>40.545,50 €</b>
<b>Cap. 2</b>	<b>Grupo compresor y recipiente de líquido</b>	<b>38.180 €</b>
<b>Cap. 3</b>	<b>Intercambiadores</b>	<b>54.808 €</b>
<b>Cap. 4</b>	<b>Aparatos de regulación y control</b>	<b>24.154,2€</b>
<b>Cap. 5</b>	<b>Instalaciones auxiliares</b>	<b>5.828,72 €</b>
<b>Cap. 6</b>	<b>Red de tuberías</b>	<b>5.741,50 €</b>
<b>Cap. 7</b>	<b>Ensayos y tramitaciones</b>	<b>1.537 €</b>
	<b>Total</b>	<b>170.794,85 €</b>

---

**Total de ejecución material ..... 170.794,85 €**

**4. PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA**

<b>Presupuesto de ejecución material</b> .....	<b>170.794,85 €</b>
<b>Gastos generales (12%)</b> .....	<b>20.495,38 €</b>
<b>Beneficio industrial (8%)</b> .....	<b>15.303,22 €</b>
<b>Total parcial (base imponible)</b> .....	<b>206.593,45 €</b>
<b>IVA (21%)</b> .....	<b>43.384,63 €</b>
<b>Presupuesto de ejecución por contrata</b> .....	<b>249.978,08 €</b>

**El presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de DOSCIENTOS CUARENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS CON OCHO CÉNTIMOS.**