

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

Baldi Hot Springs



“Diseño de una cámara de congelación para el almacenamiento de productos cárnicos en el Hotel Baldi Hot Springs durante temporada alta”

Trabajo Final de Graduación para optar por el título de: Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura.

Thomas Salazar Sancho.

Cartago, enero, 2021.



Carrera evaluada y acreditada por:

Canadian Engineering Accreditation Board

Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénieri

Profesor Guía

Ing. Joshua Guzmán Conejo.

Asesor Industrial

Roberto Rodríguez Alfaro.

Tribunal Examinador

Ing. Ignacio del Valle Granados.
Ing. Rodolfo Elizondo Hernández.



“Diseño de una cámara de congelación para el almacenamiento de productos cárnicos en el Hotel Baldi Hot Springs durante temporada alta” by Thomas Salazar Sancho is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Datos Personales

| | |
|---|---|
| Nombre | Thomas Salazar Sancho |
| Cédula | 207310454 |
| Carné TEC | 2014114430 |
| Dirección de residencia en época lectiva | 300 metros oeste de la entrada principal del Tecnológico de Costa Rica, 100 metros norte, Cartago. |
| Dirección de residencia en época no lectiva | 250 metros suroeste de la Imagen Corazón de Jesús, Barrio la Gloria, Venecia de San Carlos, Alajuela. |
| Teléfono Celular | 8801-3984 |
| Email | tsalazar.111994@gmail.com |
| Información del Proyecto | |
| Nombre del Proyecto | Diseño de una cámara de congelación para el almacenamiento de productos cárnicos en el hotel Baldi Hot Springs durante temporada alta |
| Profesor | Ing. Joshua Guzmán Conejo. |
| Asesor Industrial | Roberto Rodríguez Alfaro |
| Horario de Trabajo del Estudiante | Lunes a viernes |
| Información de la Empresa | |
| Nombre: | Baldi Hot Springs. |
| Zona: | La Fortuna, San Carlos, Alajuela. |
| Dirección: | La Fortuna. |
| Teléfono: | 2479 2190 |
| Fax: | - |
| Apartado Postal | - |
| Actividad Principal | Turismo |

Dedicatoria

A mi madre, hermana y sobrina,

Dunnia, Dannia y Helena.

A la memoria de mi padre (José Francisco Salazar Solís).

A mi novia, Nazareth Monge Naranjo.

Agradecimiento

Quiero agradecer a todos mis compañeros de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial del Tecnológico de Costa Rica, porque compartí tantos años, juntos nos reíamos, estudiamos y nos animábamos en las situaciones más difíciles. Especialmente a mis amigos y amigos de los apartamentos Iztarú #8 y #14.

También, agradezco a todo el personal de la Escuela de Ingeniería en Electromecánica del TEC, pues con la ayuda de ellos me permitieron y ofrecieron las mejores condiciones para un excelente aprendizaje.

Al Ing. Joshua Guzmán Conejo por ser mi profesor guía de la práctica profesional, gracias por todos los consejos y la paciencia brindada.

Al Hotel Baldi Hot Springs, por permitirme ser parte de su equipo de trabajo en estos meses.

Resumen

El proyecto “Diseño de una cámara de congelación para el almacenamiento de productos cárnicos en el Hotel Baldi Hot Springs durante temporada alta”, se ubica en la Fortuna de San Carlos, Alajuela. El hotel se caracteriza por ofrecer siempre frescos sus productos cárnicos. Previo a la preparación de los platillos en los restaurantes del hotel, los productos cárnicos deben ser almacenado en condiciones que no permitan su degradación; condiciones que se logran mediante sistemas de refrigeración. Esta propuesta consiste en un sistema mecánico de refrigeración por compresión que utilice como sustancia refrigerante el R-507, en los equipos de la cámara frigorífica.

El diseño se basó en especificaciones de la norma ASHRAE (2010), la cual incluye las capacidades requeridas por los equipos en función de la carga térmica, la generación de planos constructivos, estimación del costo base del proyecto, distribución y selección de equipos. De lo anterior se determinó la carga térmica en 8.91 TR. Además, de la norma ASHRAE, se encuentran las disposiciones sanitarias que indica la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), disposiciones técnicas del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismos (INVU), Manual de Disposiciones Técnicas generales sobre la seguridad humana y protección contra incendios, utilizado este último por la Unidad de Ingeniería del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. Además, para el diseño de la cámara frigorífica se usó el programa SolidWorks para el modelo 3D y la generación de planos constructivos, contemplando las normas y requisitos anteriormente mencionadas.

Conjuntamente, se realizó un presupuesto para la puesta en marcha del proyecto, el cual requiere una inversión de \$62 192.64 dólares americanos.

Palabras Clave: Refrigeración, carga térmica, ASHRAE, FAO, R-507, compresión, cámara frigorífica.

Abstract

The project "Freezing machine design, for storing meat products at Hot Springs Hotel during peak season", is located in La Fortuna de San Carlos, Alajuela. The Hotel is characterized by always offering its meat products fresh. Prior to the preparation of the dishes in the Hotel's restaurant, the meat products must be stored in conditions that do not allow their degradation; conditions obtained through these cooling systems.

This proposal consists of a mechanical compression refrigeration system that uses R-507 as a refrigerant substance, used in the cold room equipment. The design was based on specifications from the ASHRAE standard (2010), which includes capacities required by the equipment based on the thermal load, the generation of construction plans, an estimate of the project's base cost, distribution and selection of equipment.

From the above, the thermal load was determined at 8.91 TR. In addition to the ASHRAE standard, there are the sanitary provisions indicated by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), technical provisions of the National Institute of Living and Urban Planning (INVU), Manual of General Technical Dispositions on the human safety and fire protection, the latter used by the Engineering Unit of the Meritorious Fire Department of Costa Rica. In addition, for the design of the cold room, the SolidWorks program was used for the 3D model and the generation of construction plans, considering the previous mentioned standards and requirements.

Finally, a financial study was done, considering a budget for the start-up of the project, which requires an investment of US \$ 62,192.64.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 17 |
| 1.1. Introducción..... | 18 |
| 1.2. Planteamiento del Problema | 19 |
| 1.3. Justificación | 20 |
| 1.4. Objetivos del Proyecto..... | 21 |
| 1.4.1. Objetivo General..... | 21 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 21 |
| 1.5. Descripción de la empresa | 22 |
| 1.5.1. Reseña de la Empresa..... | 22 |
| 1.6. Viabilidad..... | 23 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 24 |
| 2.1. Conceptos Básicos | 25 |
| 2.2. Estado del Arte..... | 26 |
| 2.2.1. La Refrigeración..... | 26 |
| 2.2.2. Aplicaciones de la Refrigeración..... | 29 |
| 2.2.3. Escalas de Temperatura en Refrigeración | 30 |
| 2.2.4. Ciclos de Refrigeración | 30 |
| 2.2.5. Ciclo ideal de Refrigeración por Compresión | 31 |
| 2.2.6. Eficiencia del Ciclo | 32 |
| 2.2.7. Ciclo Real de Refrigeración por Compresión..... | 33 |
| 2.2.8. Componentes Principales de un Circuito de Refrigeración | 33 |
| 2.2.9. Refrigerantes..... | 35 |
| 3. DIPOSICIÓN PREVIA PARA DISEÑAR | 39 |
| 3.1. Ubicación geográfica del “Hotel Baldi Hot Springs”..... | 40 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4. | DISEÑO DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA | 41 |
| 4.1. | Diseño de la Cámara Frigorífica..... | 42 |
| 4.1.1. | Estimación de cantidad de panelería y espesor..... | 42 |
| 4.1.2. | Recomendaciones básicas para montaje de los paneles..... | 46 |
| 4.1.3. | Diseño Escaleras y Barandas..... | 50 |
| 4.1.4. | Diseño de la Puerta..... | 52 |
| 4.1.5. | Diseño del Estante..... | 55 |
| 4.1.6. | Cálculo de Carga Térmica..... | 56 |
| 4.1.7. | Selección del Refrigerante..... | 71 |
| 4.1.8. | Consideraciones Previas para la Selección y Ubicación de las Unidades Evaporadoras..... | 75 |
| 4.1.9. | Selección de equipos..... | 77 |
| 4.1.10. | Dimensionamiento de las tuberías..... | 82 |
| 4.2. | Costos del Proyecto..... | 85 |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 87 |
| 5.1. | Conclusiones..... | 88 |
| 5.2. | Recomendaciones..... | 88 |
| 6. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 89 |
| 7. | ANEXOS | 91 |
| | Anexo 1. Verificación por Coolpack de Carga Térmica..... | 91 |
| | Anexo 2. Fichas Técnicas..... | 92 |
| | Anexo 3. Selección de Cojinete según manual NSK..... | 96 |
| | Anexo 4. Selección Válvulas..... | 97 |
| | Anexo 5. Selección Visor, Válvula Solenoide y Filtro Deshidratador..... | 98 |
| | Anexo 6. Cotización Tubería Refrigeración..... | 100 |

| | |
|---|------------|
| 8. APÉNDICES..... | 102 |
| Apéndice 1. Hoja de Cálculo Carga Térmica..... | 102 |
| Apéndice 2. Planos Constructivos Cámara Frigorífica | 103 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Condiciones Climatológicas en La Fortuna de San Carlos, Alajuela..... | 40 |
| Tabla 2. Dimensiones rectangulares de los paneles seleccionados para congelación. | 43 |
| Tabla 3. Cantidad de Paneles Paredes. | 45 |
| Tabla 4. Cantidad de Paneles Techo..... | 46 |
| Tabla 5. Requisitos para las escaleras y barandas. | 51 |
| Tabla 6. Requisitos para Puertas..... | 52 |
| Tabla 7. Dimensiones Montacarga Manual Hidráulico..... | 53 |
| Tabla 8. Dimensiones Estante. | 56 |
| Tabla 9. Dimensiones estructurales de la cámara. | 58 |
| Tabla 10. Temperatura Interna y Externas a las que es sometida la cámara. | 59 |
| Tabla 11. Carga térmica por transmisión de la cámara. | 60 |
| Tabla 12. Carga Térmica Total de la Cámara Frigorífica..... | 70 |
| Tabla 13. Comparación de rendimiento para los refrigerantes analizados bajo las condiciones de operación..... | 73 |
| Tabla 14. Comparación de criterios para los distintos refrigerantes. | 75 |
| Tabla 15. Detalle tubería refrigerante para la cámara frigorífica. | 82 |
| Tabla 16. Datos de entrada para el programa. | 84 |
| Tabla 17. Resultados para el dimensionamiento del espesor de aislante descarga. | 85 |
| Tabla 18. Detalle empresas consultadas. | 85 |
| Tabla 19. Costos Proyecto..... | 86 |

ÍNDICE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura #1. Logotipo del Hotel Baldi Hot Springs. | 22 |
| Figura #2. Actividad Bacteriana, dependiendo de la temperatura..... | 27 |
| Figura #3. Principales Órganos de un Equipo de Refrigeración. | 28 |
| Figura # 4. Diagrama Mollier para un ciclo de refrigeración por compresión mecánica. | 32 |
| Figura #5. Muestra en qué refrigerantes deben ser sustituidos según protocolos. | 38 |
| Figura # 6. Vida de almacenamiento recomendado. | 42 |
| Figura # 7. Espesor mínimo de aislamiento. | 43 |
| Figura # 8. Características Técnicas Panel HIANSA..... | 44 |
| Figura # 9. Detalle Junta Unión Papel..... | 47 |
| Figura # 10. Herramienta de corte (Sierra Circular)..... | 47 |
| Figura # 11. Unión en las Aristas Panel Congelación. | 48 |
| Figura # 12. Muestra Tornillo Panel Sándwich Rematería. | 49 |
| Figura # 13. Muestra de Silicona MARCA LOPEZPANEL..... | 50 |
| Figura # 14. Detalle Baranda. (Cotas en mm). | 51 |
| Figura # 15. Diagrama de Cuerpo Libre..... | 53 |
| Figura # 16. Gráfico de q_{max}/A en función de A/P | 59 |
| Figura # 17. Flujo de aire caliente y aire frío en las puertas abiertas de una cámara. | 61 |
| Figura # 18. Proporción de calor sensible R_s para infiltración desde el exterior a espacios refrigerados..... | 62 |
| Figura # 19. Ganancia de calor sensible por intercambio de aire para puertas. | 63 |
| Figura # 20. Datos de composición química para las diferentes carnes. | 68 |
| Figura # 21. Calor equivalente por persona dentro del recinto a diferentes temperaturas. .. | 69 |
| Figura # 22. Peligros de exposición para el amoniaco. | 72 |
| Figura # 23. Diagrama de Mollier para el Refrigerante R-404. | 73 |
| Figura # 24. Diagrama de Mollier para el Refrigerante R-507. | 74 |
| Figura # 25. Ubicación recomendada para el evaporador. | 77 |
| Figura # 26. Llave del Modelo de Evaporador, Marca KRACK..... | 78 |
| Figura # 27. Llave del Modelo de Condensador, Marca KRACK. | 79 |
| Figura # 28. Válvula reguladora de Presión. Marca FERMOD. | 81 |

| | |
|---|-----|
| Figura # 29. Cálculo de Carga Térmica por medio de Coolpack v1.46. | 91 |
| Figura # 30. Datos Técnicos Compresor. Marca Copeland..... | 92 |
| Figura # 31. Selección Condensador. Marca KRACK..... | 93 |
| Figura # 32. Características Generales Refrigerante R-507. | 94 |
| Figura # 33. Selección Evaporador. Marca KRACK. | 95 |
| Figura # 34. Ficha de selección cojinete..... | 96 |
| Figura # 35. Boletín Selección Válvula expansión Termostática..... | 97 |
| Figura # 36. Selección Visor. | 98 |
| Figura # 37. Selección Válvula Solenoide..... | 98 |
| Figura # 38. Selección Filtro Deshidratador..... | 99 |
| Figura # 39. Cotización Tubería Refrigeración. | 100 |
| Figura # 40. Catálogo Fabricante. | 101 |
| Figura # 41. Hoja de Cálculo Cámara Frigorífica. | 102 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

El Hotel Baldi Hot Springs, ubicado en Fortuna, San Carlos; se dedica principalmente al sector turismo donde ofrece servicio de hospedaje, aguas termales, spa y una gama de delicias gastronómicas. Cuenta con 5 tipos de habitaciones: standard, junior suite, junior suite familiar, deluxe y superior. Este tipo de habitaciones están diseñadas para satisfacer las diferentes necesidades y gustos de los clientes, logrando el descanso y la relajación en un entorno paradisíaco en la base del Volcán Arenal.

La congelación industrial se ha convertido en uno de los factores más determinantes para la producción de alimentos y la conservación de estos. Actualmente, la empresa hotelera Baldi cuenta con una alta gama de productos cárnicos importados desde Italia y requiere la ampliación de sus instalaciones de almacenamiento y congelación, esto implica la construcción de una cámara frigorífica que supla los requerimientos de temperatura específicos para este tipo de alimento.

Este proyecto tiene como finalidad el diseño de una cámara frigorífica para el almacenamiento de los productos importados desde el país europeo y comprados en suelo nacional. Este diseño contempla el cálculo de la carga térmica (fundamentada en manuales de diseño de refrigeración), cálculo de las potencias de los equipos y la selección de los equipos en catálogos de fabricantes.

1.2. Planteamiento del Problema

El Hotel Baldi Hot Spings ofrece servicios de hospedaje y alimentación tanto para sus clientes alojados, así como de los visitantes diarios. La empresa tiene un área de preparación de alimento y debido a su capacidad de atención al público requiere de un sistema de almacenamiento frigorífico para tener a disponibilidad todos sus platillos. Sin embargo, el actual sistema frigorífico cuenta con las condiciones adversas:

- i. Pérdida de productos: Durante la temporada alta del Hotel (5 meses) se pierde entre 100 a 150 kg de diferentes productos cárnicos. Debido a que su sistema no alcanza la temperatura requerida para mantener fresco y en buenas condiciones el producto durante dicha temporada.
- ii. Atención al Cliente: El menú del Hotel cuenta con una amplia variedad gastronómica, sin embargo, en algunas ocasiones los clientes han solicitado algún platillo dentro del menú y este no se encuentra a disposición porque no tiene la adecuada frescura o disponibilidad en ese momento; creando un desprestigio del hotel e inconformidad del cliente.

A partir de las condiciones anteriormente mencionadas, se propone la construcción de un nuevo recinto de congelación con la finalidad de aumentar el volumen de reservas de alimentos cárnicos, asegurando una adecuada temperatura de congelación, para así lograr la preservación de los productos durante al menos los 5 meses de temporada alta.

1.3. Justificación

En el Hotel Baldi es indispensable congelar y almacenar los productos, con la finalidad de garantizar la correcta conservación y cumplir con los criterios y estándares de calidad.

De no existir un adecuado sistema de almacenamiento y congelación, todo el producto que se requiere en el hotel debería consumirse en un tiempo relativamente corto. Sin embargo, como parte de las estrategias para la disminución de costos de operación, no se realizan pedidos frecuentes de productos cárnicos, es por esta razón que se debe propiciar las adecuadas condiciones para que los productos se mantengan siempre frescos a pesar de su tiempo de almacenamiento.

La solución propuesta consiste en una cámara frigorífica que permita congelar, almacenar y mantener los estándares de calidad de todo el producto requerido en su variedad gastronómica. Con la nueva cámara se podrá aumentar la capacidad de productos almacenados, lo que permitirá obtener un mayor beneficio económico al hotel.

1.4. Objetivos del Proyecto

1.4.1. Objetivo General

Desarrollar una propuesta de diseño de una cámara frigorífica para los restaurantes del Hotel Baldi Hot Springs, que incluya los requerimientos de almacenamiento y congelación de productos cárnicos.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Calcular la carga térmica con base a lo que indica la Norma ASHRAE.

Indicador: Carga térmica.

2. Diseñar una cámara de refrigeración que le permita suplir la necesidad de almacenamiento de productos cárnicos del hotel durante la temporada alta.

Indicador: Conjunto de planos.

3. Seleccionar el equipo óptimo según los índices de eficiencia en refrigeración para los evaporadores, condensadores, compresores y otros accesorios en función de la carga térmica de operación.

Indicador: Selección de equipos.

4. Realizar un presupuesto del diseño de la cámara frigorífica, para la determinación del costo final del proyecto.

Indicador: Costo Económico.

1.5. Descripción de la empresa

1.5.1. Reseña de la Empresa



Figura #1. Logotipo del Hotel Baldi Hot Springs.

Fuente: Baldi Hot Springs.

El Hotel Baldi posee 25 piscinas de aguas termales que se encuentran enclavadas en medio de la vegetación del bosque tropical húmedo y alimentadas por cristalinas cascadas, que reciben a todos los visitantes. Este lugar se caracteriza por la pureza del agua, que permite a sus visitantes sentir que nada en remansos terapéuticos, acompañados por el canto de las aves, el sonido del agua al caer que le invitan al descanso y relajación para recuperar el bienestar y la calidad de vida.

Además, el complejo hotelero cuenta con servicio de spa y delicioso menú en sus restaurantes. Cuenta con un extenso menú especializado en comida italiana, con más de 25 diferentes platillos, en donde se puede encontrar desde espaguetis tradicionales preparadas con quesos finos y el sabor de la hoja de laurel y albahaca de Nápoles, hasta cortes finos de carne curada preparados con recetas originarias de ciudades del centro de Italia.

1.6. Viabilidad.

Para llevar a cabo el diseño de la cámara frigorífica se cuenta con el manual de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE).

Este manual muestra los métodos ingenieriles para el cálculo de cargas térmicas, cálculo de potencia de equipos, selección de equipos y dimensionamiento de aislamientos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos Básicos

- i. **Temperatura:** Medida de la energía cinética de un sistema o cuerpo, asociada a los movimientos de las partículas que lo conforman.
- ii. **Entalpía:** Energía Absorbida o cedida por un sistema termodinámico producto de su interacción con el entorno.
- iii. **Humedad Relativa:** Cantidad de humedad en el aire comparándolo con la capacidad de mantener o retener una determinada temperatura.
- iv. **Efecto Refrigerante:** Cantidad de Calor que cada unidad de masa de refrigerante absorbe del espacio refrigerado.
- v. **Densidad:** Relación entre la masa de una sustancia y el volumen.
- vi. **Conductividad Térmica:** Propiedad física de los materiales que mide la capacidad para conducir el calor a través de estos. Su recíproco corresponde a la resistividad térmica.
- vii. **Calor Sensible:** Calor asociado con un cambio de temperatura sin que ocurra un cambio de estado.
- viii. **Calor Latente:** Calor caracterizado por el cambio de estado de una sustancia a una temperatura constante y presión determinada
- ix. **Calor Específico:** Energía por unidad de masa requerida para aumentar en un grado la temperatura de un cuerpo u objeto.
- x. **Cámara Frigorífica:** Una o más cámaras frigoríficas conectadas entre ellas permiten obtener locales para la conservación, la refrigeración o la pre-refrigeración de productos, especialmente alimentos, en los que debe mantenerse una temperatura estable y preestablecida; este grado de temperatura depende de la función de la cámara y puede variar de los $+18^{\circ}\text{C}$ para la maduración de los plátanos a los -28°C para congelar el pescado o las verduras. La estructura puede ser fija o móvil y, en su interior, puede necesitar una atmósfera controlada.
- xi. **Presión Absoluta:** Presión de un fluido medido como referencia al vacío.
- xii. **Presión Manométrica:** Se llama presión manométrica o presión relativa a la diferencia entre la presión absoluta o real y la presión atmosférica. Se aplica

tan solo en aquellos casos en los que la presión es superior a la presión atmosférica; cuando esta cantidad es negativa se llama presión de vacío.

- xiii. Tonelada de Refrigeración [TR]:** Cantidad de energía requerida para la fusión de una tonelada de hielo en 24 h, equivalente a una potencia en equipos frigoríficos de extraer 12660.67 [kJ/h] o su equivalencia a 3516.8 W de energía térmica.
- xiv. Volumen Específico:** Volumen por unidad de masa de una sustancia. Recíproco de la densidad.
- xv. Psicometría:** Ciencia dedicada al estudio de las propiedades termodinámicas del aire húmedo y al efecto que éste tiene en los materiales y el confort humano.
- xvi. Cambio de Estado:** en este tipo de fenómeno, ocurre un cambio energético en el cuerpo, pero no existe una variación en la estructura molecular de este.

2.2. Estado del Arte.

2.2.1. La Refrigeración.

El pasaje de técnicas empíricas a técnicas científicas de lo que es la conservación se realizó solo después de un descubrimiento por parte de Pasteur en 1863, de que todos los procesos que se generan en la alteración de alimentos se deben a la proliferación de gérmenes y bacterias y no a lo que se le conoce como procesos espontáneos de fermentación o putrefacción (donde estos son procesos incontrolables). De forma simultánea en la misma época comenzaron los estudios de los mecanismos de desarrollo de las fermentaciones y los procesos de putrefacción, perfeccionándose en consecuencia la técnica de producción del frío para conservar los alimentos. El hielo artificial se produjo por primera vez en el año 1890. Unas décadas más tardes en el año 1918 exactamente, se fabricó el primer refrigerador automático y tan solo una década después (1928) del primer refrigerador se creó la primera unidad hermética.

Electronica Veneta & Inel Spa menciona: *“En efecto, el uso del frío no sólo está considerado como un medio de conservación aparte, sino también como un medio de*

preconservación vinculado con todas las industrias conserveras alimentarias. El refrigerador ofrece, en cualquier tiempo y circunstancia, la posibilidad de conservar todo tipo de alimentos, al reparo de acciones corruptivas y en espera de tratamientos definitivos". (Pág. 4).

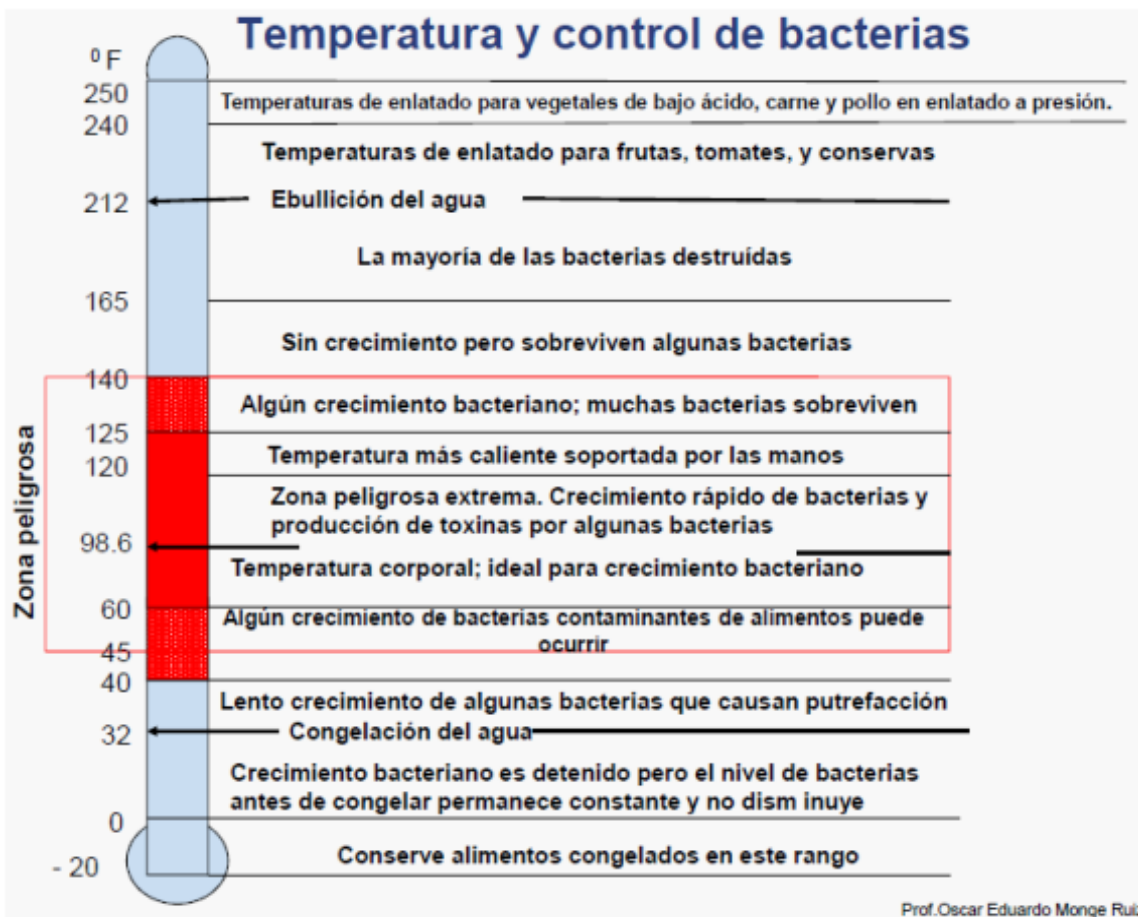


Figura #2. Actividad Bacteriana, dependiendo de la temperatura.

Fuente: Diapositivas Prof. Oscar Monge.

De la Figura #2 se aprecia la zona peligrosa, es acá donde las bacterias tienen crecimiento asegurado, por lo tanto es sumamente peligroso mantener alimentos o productos entre estas temperaturas para el consumo humano o animal, por eso para los productos cárnicos en proceso y conserva se debe mantener en una temperatura cerca de los 0 [°C], tanto para lo que es su preparación, almacenaje, transporte y comercio. Siento esta la principal causa para la preservación de las condiciones esenciales para la cadena de frío.

El Equipo de Refrigeración

Órganos Principales

En cuanto lo que es la producción de frío mediante sistemas mecánicos está basada en leyes físicas que regulan la evaporación y la condensación de un fluido.

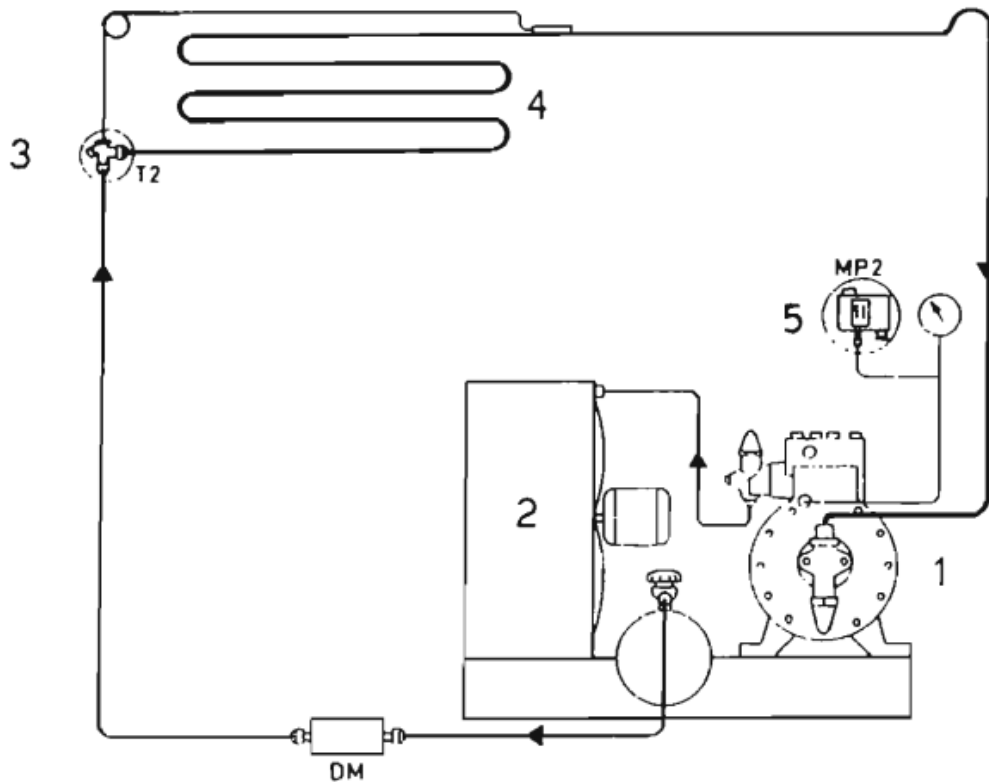


Figura #3. Principales Órganos de un Equipo de Refrigeración.

Fuente: Electronica Veneta & Inel Spa.

1. Compresor
2. Condensador
3. Válvula de Expansión Termostática
4. Evaporador
5. Dispositivos de Control y de Seguridad; Tablero Eléctrico de Alimentación de la fuerza motriz.

2.2.2. Aplicaciones de la Refrigeración

El fenómeno de refrigerar permite reducir la temperatura de un cuerpo, por lo que es posible pensar en realizarlo en gran cantidad de aplicaciones las cuales permiten enfriar y mantener entre un rango adecuado los alimentos; Dossat (1986) considera que las aplicaciones de refrigeración se agrupan en 5 categorías, las cuales se mencionan a continuación:

- i. **Refrigeración Doméstica:** Satisface necesidades de frío en la conserva de alimentos principalmente productos de uso común en el hogar, su uso va enfocado a refrigeradoras domésticas, por estos es que los sistemas son pequeños, simplificados para trabajar cargas bajas de conservación y congelado.
- ii. **Refrigeración Comercial:** Se encarga de abastecer sistemas de frío para el sector comercial y de servicios, tal como lo que se observa en cámaras de refrigeración en supermercados, restaurantes y en industria de medicamentos.
- iii. **Refrigeración Industrial:** Son los sistemas destinados a disminuir el calor de un fluido por intercambio calórico con un refrigerante para reducir su temperatura. Normalmente se utilizan sistemas que eliminan el exceso de calor de cualquier medio a través de un cambio térmico por medio de agua o aire o refrigerantes, a fin de reducir la temperatura de dicho medio a niveles próximos al ambiente. Algunas aplicaciones que emplean la refrigeración industrial son plantas de hielo, grandes y pequeñas plantas almacenadoras de alimentos como carne, pescado, cerdo, embutidos, entre otros.
- iv. **Refrigeración Marina y de Transporte:** Son sistemas empleados en barcos pequeños (pesqueros) y de transporte marítimos de productos perecederos, así como equipos instalados en casos como camiones repartidores que dan servicio de entrega con largas distancias o bien para entregas locales.

- v. **Acondicionamiento del Aire:** Rama encargada de mantener espacios volumétricos con controles de temperatura, humedad relativa y movimiento del aire en espacios internos, según sea su aplicación, que puede ser para producir confort en las personas o uso industrial.

2.2.3. Escalas de Temperatura en Refrigeración

En los sistemas de refrigeración las escalas de temperatura indican las condiciones térmicas dentro de la cámara frigorífica o la temperatura la ebullición del refrigerante en el serpentín; estas escalas de temperatura se clasifican en:

- i. Aplicaciones de temperatura alta: Oscila entre 4 [°C] y 15 [°C] aproximadamente. Esta temperatura es normalmente utilizada para almacenar flores.
- ii. Aplicaciones de media temperatura: Son las refrigeradoras que encontramos en las casas. Estas mantienen una temperatura de entre -1 [°C] y 4 [°C].
- iii. Aplicaciones temperatura baja: Esta aplicación se da a temperaturas de entre -18 [°C] y -30 [°C].

2.2.4. Ciclos de Refrigeración

Según el manual ASHRAE (2013), en su tomo de Fundamentos, capítulo 2, existen tres tipos generales de proceso de refrigeración:

a. Ciclo de refrigeración por compresión: en este ciclo el refrigerante, el cual se encuentra en estado de vapor producto de la absorción del calor de la cámara de enfriamiento, se hace circular a través de un compresor, el cual incrementa la presión y temperatura de este, con el fin de predisponerlo a las condiciones de condensación, liberando el calor al medio externo.

b. Ciclo de refrigeración por absorción: es un ciclo térmico activado por calor. Sólo intercambia energía térmica con su entorno; no hay intercambio de energía mecánica apreciable. En este no se produce una conversión de calor en trabajo o viceversa.

c. Ciclo de refrigeración por adsorción: la adsorción es el término usado frecuentemente para sistemas de vapor sólido, en el que la sustancia que adsorbe es un sólido y el adsorbido es un gas.

En el caso de esta propuesta se enfocó a lo que es ciclo de refrigeración por compresión del vapor refrigerante.

2.2.5. Ciclo ideal de Refrigeración por Compresión

El ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor es el más utilizado en refrigeradores, sistemas de acondicionamiento de aire y bombas de calor. Se compone de cuatro procesos, como se muestra:

- i. Compresión del fluido en un compresor.
- i. Rechazo de calor a presión constante en un condensador.
- ii. Expansión isentálpica en una válvula de expansión.
- iii. Absorción de calor a presión constante en un evaporador.

Mardones, C. (2016) En su tesis titulada “Comparación entre los ciclos de refrigeración por compresión de vapor y absorción mediante la primera y segunda ley de la termodinámica en aplicaciones de climatización y refrigeración” dice que:

En un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, el refrigerante entra al compresor en el estado 1 como vapor saturado y se comprime isentrópicamente hasta la presión del condensador. La temperatura del refrigerante aumenta durante el proceso de compresión isentrópica hasta un valor mayor al de la temperatura del entorno. Después el refrigerante entra en el condensador como vapor sobrecalentado en el estado 2 y sale como líquido saturado en el estado 3, debido al rechazo de calor hacia los alrededores. La temperatura del refrigerante en este estado se mantendrá por encima de la temperatura de los alrededores. (p. 5).

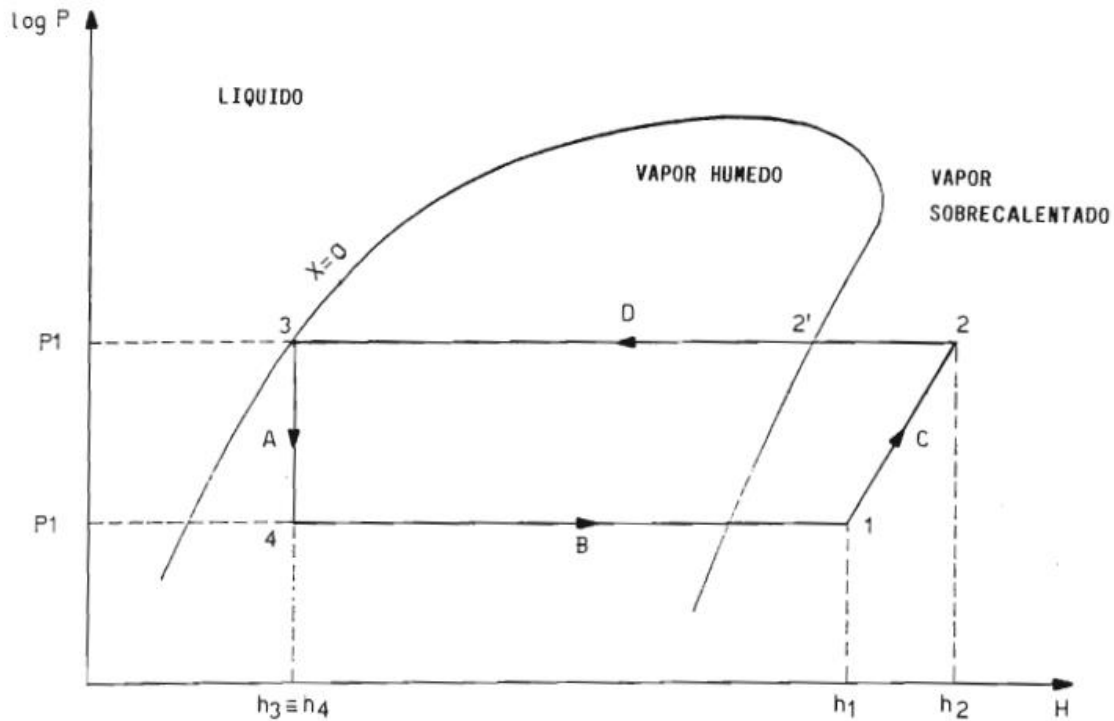


Figura # 4. Diagrama Mollier para un ciclo de refrigeración por compresión mecánica.

Fuente: ElettonicaVeneta.

2.2.6. Eficiencia del Ciclo

Usando la referencia de la tesis de Ureña, F (2017) menciona acerca de la eficiencia que: “Un valor con el cual se mide la eficiencia del ciclo de refrigeración por compresión es el coeficiente de rendimiento, denominado como “CDR”, el cual es una relación entre el calor absorbido en el espacio refrigerado y la energía suministrada por el compresor, de forma tal que, a medida que incrementa dicho valor, la eficiencia del proceso también lo hace. (p. 38)

“Existe una serie de factores que afectan la eficiencia del ciclo antes descrito, como lo son la temperatura de condensación y la temperatura de succión, siendo ésta la que produce mayor efecto.” (p. 38).

2.2.7. Ciclo Real de Refrigeración por Compresión

Haciendo uso de la tesis de Ureña, F (2017) respecto al ciclo de real de refrigeración por compresión indica que: *“El ciclo real de refrigeración difiere en ciertos elementos respecto al ciclo ideal, ya que en este último se desprecia la caída de presión que experimenta el fluido al pasar por las tuberías, el evaporador, el condensador y demás elementos que conforman el circuito, así como los efectos del subenfriamiento del líquido y sobrecalentamiento del vapor en la tubería de succión”* (p. 39).

2.2.8. Componentes Principales de un Circuito de Refrigeración

Anteriormente, en la Figura #3 se mostró los componentes principales del circuito de refrigeración, sin embargo, a continuación, se mostrará a mayor detalle qué función tienen y además bajo qué criterios se seleccionan.

5. Compresor

El compresor es el encargado de elevar la presión y temperatura del refrigerante en el estado de vapor para predisponerlo a las condiciones que le permita condensarse. Hay de varios tipos como paletas rotativas, reciprocantes y de tornillo. Los primeros son utilizados para aplicaciones de bajo nivel o relación de compresión, y en tanto los de tornillo son los más empleados para lo que son relaciones altas de compresión.

6. Condensador

Por medio de este equipo es que el refrigerante libera el calor acumulado en el interior de la cámara frigorífica hacía el exterior, permitiéndole regresar a su estado líquido. Dentro de las consideraciones para un condensador se tiene el tipo de enfriado por aire, enfriado por agua o bien de forma evaporativa.

Para su selección se debe tener en cuenta:

- i. Tamaño del sistema y capacidad térmica, pudiéndose elegir entre lo que son procesos simples o múltiples de compresión.
- ii. Localización del equipo, si es bajo techo o en el exterior.
- iii. Régimen de trabajo, si trabaja con carga parcial o total.

7. Válvula de Expansión

La válvula es de gran relevancia debido a que es la que encarga de expandir el volumen del refrigerante justo antes de entrar al sistema de alimentación del refrigerante a los evaporadores para reducir la presión hasta la temperatura de evaporación adecuada. Se pueden encontrar de diversas maneras en el mercado, entre algunas de ellas se pueden citar: termostática, manual, electrónica y termostática que cuenta con compensación de presión.

8. Evaporador.

Acá es donde el refrigerante absorbe el calor que existe en la cámara frigorífica a través de una serie de tubos, por los cuales se da la transferencia de calor entre el refrigerante y el aire del recinto, ya que por medio de la convección natural o forzada es que realiza el intercambio de calor. Como consecuencia de esto, el refrigerante pasa de un estado líquido a gaseoso, previo a la entrada del compresor debido a que el compresor esencialmente no está capacitado para la compresión de líquidos. Los evaporadores se diseñan atendiendo los siguientes requerimientos:

- i. Capacidad térmica para extraer calor del recinto.
- ii. Temperatura de evaporación.
- iii. Humedad relativa del recinto, como resultado de la diferencia entre la temperatura del refrigerante en el evaporador y la temperatura del aire del espacio a congelar o refrigerar.
- iv. Alimentación de Refrigerante, este puede darse por expansión directa, inundado o recirculado, según sea la aplicación y eficiencia del sistema.
- v. El tipo de descongelamiento.
- vi. Cantidad de aletas por pulgada.

9. Otros componentes

Adicional a los componentes anteriores y no con menos importancia ya que todos son requeridos para un buen funcionamiento del sistema de refrigeración. Estos varían según el diseño del sistema y de la sustancia refrigerante a utilizar. A continuación, se muestra estos componentes adicionales:

- i. Tuberías (Depende del tipo de refrigerante, así se selecciona el tipo de material de estas).
- ii. Filtros.
- iii. Recibidor de líquido.

2.2.9. Refrigerantes

Los refrigerantes son líquidos utilizados en operaciones como refrigeración, A/C (Aire Acondicionado) y sistema donde se bombea existiendo calor. Éstos son responsables de absorber el calor de la cámara frigorífica y lo liberan al medio externo, a través de los procesos de condensación y evaporación. Para seleccionar el refrigerante a emplear depende de una serie de factores relacionados tanto con lo que es su eficiencia en el intercambio térmico, impacto ambiental que puede prestarse para deteriorar la capa de ozono. Entre dichos factores están:

- i. Propiedades térmicas del refrigerante, ejemplo el calor latente de evaporización.
- ii. Estabilidad química, bajo condiciones de uso.
- iii. Normas de seguridad en cuanto a su uso, de acuerdo al grado de peligrosidad en cuanto a inflamabilidad y/o toxicidad que posea.
- iv. Consecuencias ambientales.
- v. Costo, disponibilidad y eficiencia.

En cuanto a su clasificación los refrigerantes se pueden clasificar en:

10. Inorgánicos: En esta categoría se puede encontrar los refrigerantes con la serie R-700 como por ejemplo el agua, amoníaco (NH₃) y dióxido de carbono.

11. Orgánicos: Existen varias categorías y se subclasifican en. CFC, HCFC, HFC y mezclas. A continuación, se detallará cada uno de estos usando la norma Standard 34 de ASHRAE:

i. HFC (Hidrofluorocarbono):

Según norma Standard 34 los Hidrofluorocarbono son: *“Los refrigerantes Hidrofluorocarbono se consideran de nueva generación, ya que han sido creados para sustituir a los CFC’s y los HCFC’s.*

En un principio han sido considerados como ecológicos, por no dañar a la capa de ozono atmosférico. La presencia de flúor en su composición provoca que al ser emitidos se comporten como un gas de efecto invernadero y estos contribuyan al calentamiento global. Por esta razón, tienen que ser sometidos a restricciones en cuanto a su uso para reducir al mínimo sus emisiones.

Su PAO es de cero por lo que se consideran refrigerantes definitivos.

“En general tienen valores de PCG (Potencial de Calentamiento Global) elevados, lo que implica una influencia elevada en el efecto invernadero global. Esto significa que, en el futuro, todas las instalaciones de refrigeración y aire acondicionado estarán controladas por reglamentaciones relacionadas con el ambiente.” (p. 1)

Algunos de los refrigerantes que están contenidos en esta familia son los R-134A y R141b.

ii. CFC (Clorofluorocarbono):

La norma Standard 34 dice que los Clorofluorocarbono son: *“Los refrigerantes CFC’s tienen un elevado PAO (Potencial de Agotamiento de Ozono), y están clasificados como una SAO (Sustancia Agotadora de la Capa de Ozono) esto hace que estén en fase de eliminación actualmente y ya no se fabriquen en nuestro país.” (p. 1)*

Algunos de los refrigerantes que están contenidos en esta familia son los R-11, R-12, R-113, R-114 y R-115.

iii. HCFC (Hidroclorofluorocarbono):

La norma Standard 34 al referirse a los HCFC’s apunta que: *“Actualmente a nivel global se está reduciendo gradualmente la producción de estos refrigerantes. Su presencia*

en el mercado de los Estados Unidos está limitada hasta el 2010; aunque en muchos países de la Comunidad Europea, por su cuenta, han adelantado esta fecha.”

Acá se encuentran el R-22 y el R-123.

iv. Mezclas:

En este caso se subdividen en 2 tipos, Mezclas Azeotrópicas (Serie R-500) y Zeotrópicas (Serie R-400), según la pureza de cada refrigerante. Los gases, aunque no producen intoxicaciones a las personas en su estado natural, pero desplazan el oxígeno y esto hace que pueda ser letal produciendo asfixia.

En el caso de los refrigerantes orgánicos, en específico los CFC's y los HCFC's están por retirarlos del mercado debido al impacto en la capa de ozono, a consecuencia se tiene un incremento gradual de temperatura del planeta tierra. Como parte de una de las razones de mitigar los problemas ambientales es que se crean los tratados internacionales como lo son el Protocolo de Montreal y el de Kioto, en donde se realizan grandes esfuerzos para sustituir los refrigerantes contaminantes en un tiempo no mayor del año 2020, y algunas otras sustancias atravesarán una etapa de transición un poco mayor como el R-507 y el R-407 se tratará de sustituir hasta el año 2030.

Ahora bien, bajo estos tratados en donde se tratará de trabajar con refrigerantes que operen en forma eficiente y segura con estos refrigerantes inorgánicos, en tanto que los viejos diseños tendrán que realizar las adaptaciones necesarias para que puedan seguir operando según así lo establezca la legislación vigente. Como se mencionó anteriormente se procederá a insertar una imagen donde se evidencia de forma gráfica (Figura #5) el tiempo en que debe los refrigerantes ser sustituidos:

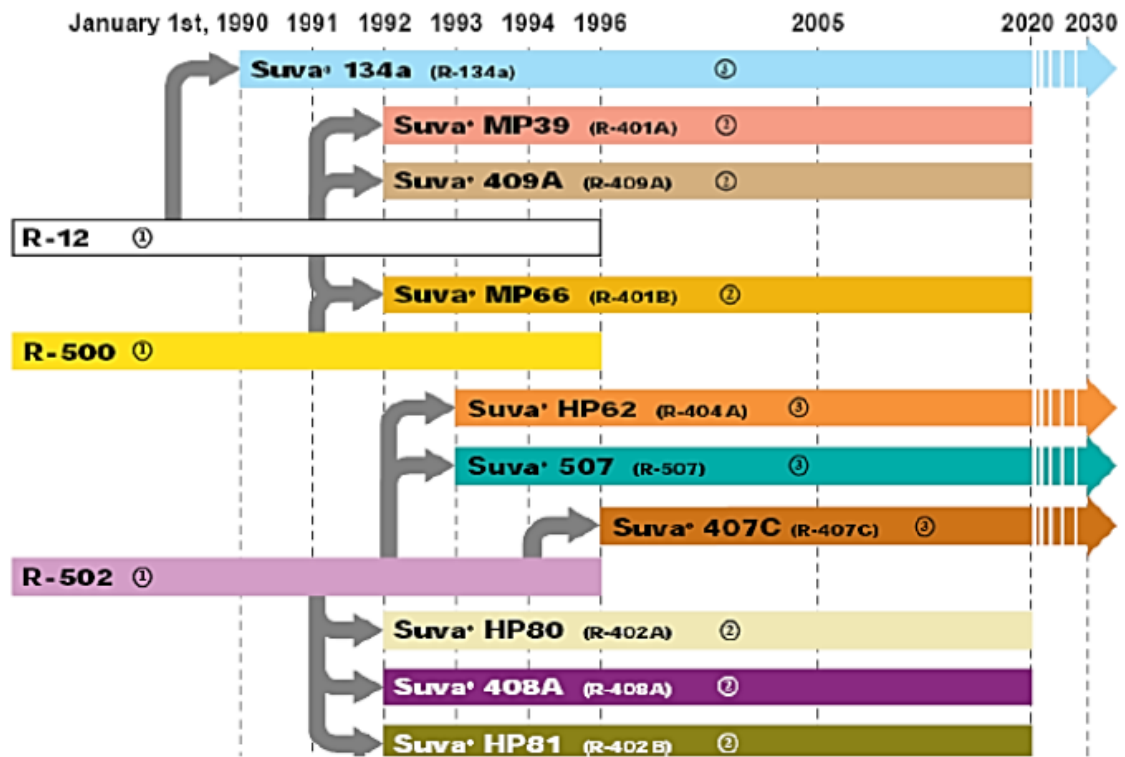


Figura #5. Muestra en qué refrigerantes deben ser sustituidos según protocolos.

Fuente: Du Pont - Suva.

3. DISPOSICIÓN PREVIA PARA DISEÑAR

3.1. Ubicación geográfica del “Hotel Baldi Hot Springs”.

Para dar inicio con la etapa de diseño, es trascendental conocer la ubicación, las condiciones generales de infraestructura y operación; así como las condiciones climatológicas en donde se va a instalar la cámara frigorífica, con la finalidad de garantizar su funcionalidad ante ambientes críticos; especialmente cuando se registran las mayores temperaturas ambientales. El factor de la temperatura incide directamente en el cálculo de la carga térmica del recinto y, por ende, en la capacidad de los equipos del proceso de refrigeración.

El proyecto se desarrolló en La Fortuna de San Carlos, Alajuela. Las condiciones ambientales en esta zona se muestran en la Tabla 1. Durante los meses de marzo y abril se registran las temperaturas más críticas de la zona.

Tabla 1. Condiciones Climatológicas en La Fortuna de San Carlos, Alajuela.

| Variable | Valor |
|-----------------------------|--------------|
| Temperatura | 33 °C |
| Humedad Relativa (%) | 90 % |
| Altitud | 266 msnm |

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional.

4. DISEÑO DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA

4.1. Diseño de la Cámara Frigorífica.

Para arrancar con lo que es el diseño de una cámara frigorífica se debe de conocer las condiciones termo higrométricas, de construcción y de trabajo en las que se desarrollará el proyecto, siendo estas las variables base para el cálculo de las cargas térmicas.

4.1.1. Estimación de cantidad de panelería y espesor.

Para la estimación del espesor del panel de la cámara, se definió el tiempo de almacenamiento que comprende la temporada alta para el Hotel Baldi, el cual corresponde de 3 a 5 meses al año aproximadamente. La norma de la FAO recomienda que, para el almacenamiento de productos cárnicos durante un período máximo de 5 meses, se requiere mantener a una temperatura de -18 [°C]. La Figura # 6 muestra que a una temperatura de -18 [°C], la carne de cerdo tiene un periodo de almacenamiento de 6 meses, siendo este más bajo que la carne de res que tiene hasta 12 meses de preservación.

| Practical storage life of meat and meat products | | | |
|---|----------------------------------|-------|-------|
| Products | Practical storage life in months | | |
| | -18°C | -25°C | -30°C |
| Beef carcass | 12 | 18 | 24 |
| Roasts, steaks, packaged | 12 | 18 | 24 |
| Ground meat, packaged (unsalted) | 10 | >12 | >12 |
| Veal carcass | 9 | 12 | 24 |
| Roasts, chops | 9 | 10-12 | 12 |
| Lamb carcass | 9 | 12 | 24 |
| Roasts, chops | 10 | 12 | 24 |
| Pork carcass | 6 | 12 | 15 |
| Roasts, chops | 6 | 12 | 15 |
| Ground sausage | 6 | 10 | |
| Bacon (green, unsmoked) | 2-4 | 6 | 12 |
| Lard | 9 | 12 | 12 |
| Poultry, chicken and turkeys, eviscerated, well packaged | 12 | 24 | 24 |
| Fried chicken | 6 | 9 | 12 |
| Offal, edible | 4 | | |

From: Recommendations for the processing and handling of frozen foods, International Institute of Refrigeration, Paris, 1972.

Figura # 6. Vida de almacenamiento recomendado.

Fuente: FAO.

Se estableció como temperatura de almacenamiento -18 [°C], para establecer el espesor del panel de refrigeración, tal y como se muestra en la Figura # 7 con el área Norte de Estados Unidos; se tomó como rango de temperatura (-26 a -18 [°C]) y se seleccionó un espesor de 100 mm.

Table 2 Minimum Insulation Thickness

| Storage Temperature, °C | Expanded Polyisocyanurate Thickness | |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| | Northern U.S., mm | Southern U.S., mm |
| 10 to 16 | 50 | 50 |
| 4 to 10 | 50 | 50 |
| -4 to 4 | 50 | 75 |
| -9 to -4 | 75 | 75 |
| -18 to -9 | 75 | 100 |
| -26 to -18 | 100 | 100 |
| -40 to -26 | 125 | 125 |

Figura # 7. Espesor mínimo de aislamiento.

Fuente: ASHRAE.

Una vez determinado el espesor del panel aislante a instalar, se calculó la cantidad de unidades de panelería para instalar en la cámara para el Hotel Baldi. Se utilizó como la panelería de la marca HIANSA debido a su disponibilidad en el mercado nacional. En esta sección se diseñó con las medidas rectangulares estandarizadas que ofrece el fabricante, para asegurar una estimación totalmente cercana a la realidad, de la siguiente manera:

Tabla 2. Dimensiones rectangulares de los paneles seleccionados para congelación.

| Panel | Altura [m] | Ancho [m] |
|---------------------|------------|-----------|
| Frigomec BT | 11.90 | 1.09 |
| HIANSA Panel | 11.90 | 1.1 |

Fuente: Italpanelli y HIANSA.

Para la colocación del panel se trazó aprovechando al máximo cada unidad y así evitar desperdicios de panel. La Figura # 8 muestra las principales características del panel marca HIANSA.

| CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES PARA PANEL DE 100mm | |
|---|--------------------------------------|
| Espesor nominal | 100 mm (+- 3 mm) |
| Densidad media de la espuma | 42 kg/m ³ (+-10%) |
| Peso | 12.92 kg/m ² |
| Volumen | 30 m ² /m ³ |
| Ancho útil | 1.100 mm (+- 3 mm) |
| Rectitud | 0 mm (+- 5 mm) |
| Contracción - Combado longitudinal | 0 mm (+- 5 mm) |
| Resistencia a compresión | 0,096 MPa |
| Resistencia a tracción | 0,092 MPa |
| Reacción al fuego PUR-UNE 13501-1 | C-s3-d0 |
| Reacción al fuego PIR-UNE 13501-1 | B-s2-d0 |
| Comportamiento al fuego exterior | Broof (t1) para espesor chapa >0,4mm |

Figura # 8. Características Técnicas Panel HIANSA.

Fuente: HIANSA.

Dimensionamiento de la cámara frigorífica y cálculo de la cantidad de paneles

Para la determinación del perímetro de la cámara frigorífica se obtuvo con la sumatoria de las longitudes de este recinto:

$$P = \sum \text{Todos sus Lados (Norte, Sur, Este y Oeste)}$$

Donde P es el Perímetro de la cámara y se tiene que su valor es:

$$P = (13.5 + 13.5 + 9.3 + 9.3)[m] = 45.6 [m]$$

La altura de cada panel es de 11.90 [m], con la finalidad de evitar el desperdicio de material durante su proceso de instalación, se fijó la altura máxima de la cámara en 3 [m]. Es necesario tomar en cuenta que se debe restar el espesor del panel superior de 0.1 [m], por lo tanto, cada panel tendrá como altura final 2.9 [m]. Al dividir el panel en 4 partes iguales, se

tiene que: $2.9 \text{ [m]} * 4 = 11.6 \text{ [m]}$, por lo que únicamente sobraría un total de 0.3 [m] por cada panel.

Para el cálculo del total de paneles requeridos se utilizó la siguiente fórmula:

$$CP = \text{Perímetro Cámara [m]} / \text{Ancho Panel [m]} / \text{Cantidad de Divisiones Panel}$$

***Donde CP es Cantidad de Paneles.*

$$CP = \frac{45.6 \text{ [m]}}{1.1 \text{ [m]}} = 41.45$$

$$CP = \frac{41.45}{4} = 10.36 \approx 11 \text{ paneles}$$

Tabla 3. Cantidad de Paneles Paredes.

| Sección | Altura Cámara [m] | Partes por Panel | Sobrante de Panel [m] | Cantidad de Paneles |
|----------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Cámara | 3 | 4 | 0 | 12* |

Fuente: Elaboración Propia.

*Nota: Se tiene un total de 11 paneles para la instalación de las paredes y 1 para la fabricación de la puerta. Para un total de 12 paneles.

La puerta tiene como dimensiones: 1.9 metros de ancho y 2 metros de altura, siguiendo las especificaciones de diseño en la sección 4.1.4. Para la instalación de la puerta es necesario unir 2 paneles de las siguientes dimensiones: 0.95 [m] de ancho cada uno y con una altura de 2 [m] , con la finalidad de maximizar el uso de cada panel.

Además, el techo fue diseñado con paneles y su cálculo se realizó tal y como se muestra a continuación:

Tabla 4. Cantidad de Paneles Techo.

| Sección | Ancho Cámara [m] | Partes por Panel | Sobrante de Panel [m] | Cantidad de Paneles |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Cámara | 9.3 | 1 | 1.79 | 15 |

Para efectos de este proyecto se estima un valor de Factor de Seguridad de 7% adjudicado de forma arbitraria para impedir posibles contratiempos en la instalación, defectos de fábrica, equivocaciones por parte del personal o daño mecánico de las unidades. La sumatoria total de paneles para la construcción de la cámara tomando en cuenta este 7% corresponde a un total de 29 paneles.

4.1.2. Recomendaciones básicas para montaje de los paneles.

La marca HIANSA Panel recomienda que para la instalación del panel-suelo, la superficie donde va colocado el panel debe estar totalmente a nivel. Además, se debe asegurar el sistema de unión “machi-hembrado” del propio panel, se presione un panel contra el próximo, hasta conseguir su posición correcta. Esta unión es suficientemente hermética, sin necesidad de incurrir en otros elementos para dicha instalación.

En este proyecto no se utilizará juntas, ya que se contratará mano de obra calificada para el correcto montaje de la cámara de refrigeración. La Figura # 9 detalla cómo será el montaje entre paneles, es necesario recalcar que esta imagen es con fines ilustrativos, dado que se muestra una junta de papel que para efectos prácticos no se utilizará en este proyecto.

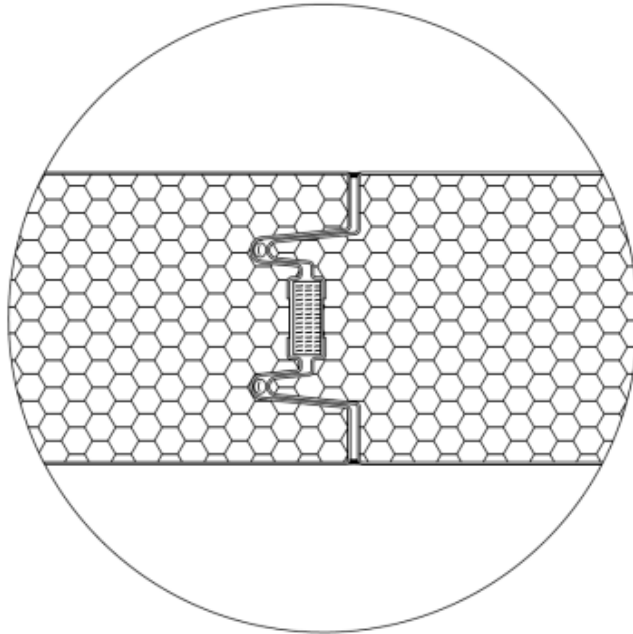


Figura # 9. Detalle Junta Unión Papel.

Fuente: HIANSA.

Para el corte de paneles se recomienda utilizar una sierra circular o bien una caladora con hoja o disco apto para el corte del metal. Una vez establecida la medida de corte, se protegerá la línea con una cinta adhesiva; donde se marcará el corte y posterior a esto se realizará el corte. Adicionalmente, en caso de ser requerido realizar un limado a la superficie cortada para eliminar posibles rebabas o bien asperezas. A continuación, se muestra a modo un ejemplo de la herramienta ideal para el corte de la panelería (Tiene un precio aproximado de 95 mil colones).



Figura # 10. Herramienta de corte (Sierra Circular).

Fuente: Gollotienda.

Además, se recomienda usar máquinas con limitador de presión para evitar abolladuras en dichos paneles.

Tal como se muestra en la Figura # 11 para la unión en las aristas de la cámara frigorífica, se recomienda hacerlo según las instrucciones de HIANSA, ya que con esto se evita deslizamiento por parte de los paneles.

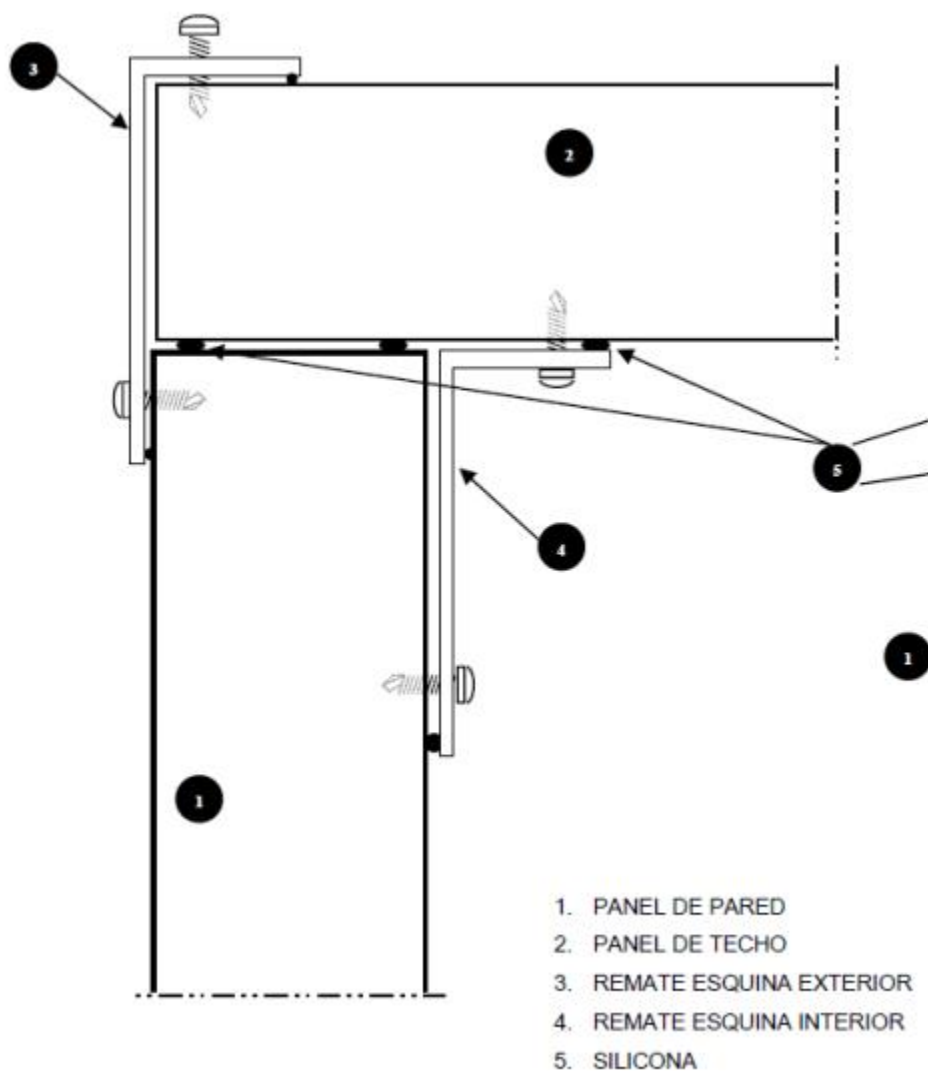


Figura # 11. Unión en las Aristas Panel Congelación.

Fuente: HIANSA

Para la tornillería de los paneles, se recomienda usar “Tornillo panel sándwich rematería” (Figura # 12), el tornillo tiene su punta estilo “punta broca”, consta de rosca y finalmente la cabeza del tornillo. Se adjunta imagen del tornillo a emplear:

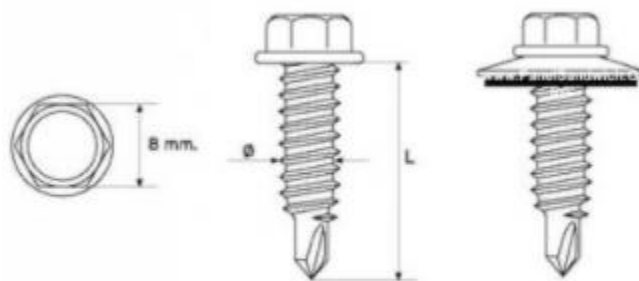


Figura # 12. Muestra Tornillo Panel Sándwich Rematería.

Fuente: Panelsandwich.org

El tornillo del panel de la rematería tiene como medidas 6,3x25 mm y un precio de 0.07 euros \approx 0.085 dólares americanos. Este tornillo consta de una cabeza ideal para evitar aplastamiento en el panel durante su instalación y asimismo actúa como tope a la hora de ser atornillado. Además, tiene la característica de que no necesita un taladrado previo, debido a que ya consta de la denominada comúnmente “punta broca”.

La silicona detallada en la Figura # 11, se usará la normalmente denominada (Masilla para sellado esto de las juntas base en polímero MS). El tipo de adhesivo Marca LOPEZPANEL (Figura # 13), es un mono componente basado en polímero híbrido MS ideal para el sellado de juntas entre paneles. El polímero MS es elástico y tiene rápido curado y/o secado, con adherencia inicial acelerada lo que permite que se haga más práctico y rápido el montaje del remate.



Figura # 13. Muestra de Silicona MARCA LOPEZPANEL.

Fuente: Manual LOPEZPANEL.

La silicona funciona para evitar parcial o completamente la infiltración del calor interno del recinto hacía el exterior. Además, para que no exista contacto entre las piezas y evitar que se genere la corrosión galvánica. Una consecuencia de que se origine la corrosión galvánica sería que la cámara pierda sus condiciones de inocuidad.

4.1.3. Diseño Escaleras y Barandas

Respecto al diseño de la escalera se usó la norma en el “*Manual de Disposiciones Técnicas Generales sobre Seguridad Humana y Protección contra Incendios*”, la cual es usada por la Unidad de Ingeniería de Bomberos de Costa Rica y además se tomó como referencia lo estipulado por los fabricantes de escaleras mexicanos GMF Mexican Fibers. Además, el manual del cuerpo de bomberos se basa en la norma NFPA 101 edición 2006 o el equivalente en versiones más recientes. El tipo de escalera seleccionada es del tipo “marinera”, para cumplir con los requerimientos de seguridad; la Tabla 5 detalla de forma comparativa los requisitos mínimos con los de diseño:

Tabla 5. Requisitos para las escaleras y barandas.

| Ítem | Requisitos para: | Cuerpo de Bomberos | GMF Mexican Fibers | Diseño |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|
| 1 | Altura Barandas | 1070 mm | - | 1150 mm |
| 2 | Contrahuella | - | 200 mm | 200 mm |
| 3 | Huella | - | 220 mm | 225 mm |
| 4 | Ancho Huella | 915 mm | 800 mm | 920 mm |
| 5 | Detalle Barandas** | 100 mm | - | 87.5 mm |

Fuente: Elaboración Propia.

**Nota: El cuerpo de bomberos recomienda que: “Las barandas deben poseer no menos de 1,07 m de altura, las barandas abiertas deben tener barras intermedias o diseños ornamentales, de manera tal que no queden espacios abiertos mayores a 10 cm hasta una altura de 86,5 cm.” (p. 25).

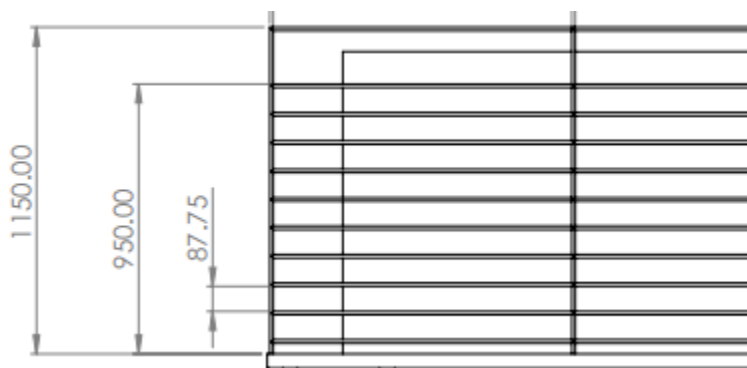


Figura # 14. Detalle Baranda. (Cotas en mm).

Fuente: Elaboración Propia, Planos.

La Figura # 14 detalla las dimensiones de la baranda para que el lector tenga una noción más clara a qué se refiere con (Detalle Barandas**).

Según lo establecido en la Tabla 5, se cumple con los requisitos mínimos obligatorios para los ítems 1, 2, 3 y 4, estos son de carácter mínimo y únicamente para el ítem 5 se tiene un máximo de 100 mm y se tiene 87.5 mm de medida entre distancia paralela de las barras, cumpliendo lo estipulado por los respectivos requerimientos de diseño.

GMF Mexican Fibers tiene estandarizado como medidas de las escaleras con un mínimo de 8 pies ≈ 2.43 [m] y con un máximo de 24 pies ≈ 7.31 [m]. Para este diseño se definió la altura de la escalera en 3 [m].

4.1.4. Diseño de la Puerta

El reglamento de Construcciones del INVU indica en el Art. 159. Tamaño de puertas: *“La altura mínima de puerta es de 2,00 m; el ancho mínimo de 0,90 m libre, salvo para piezas no habitables en cuyo caso puede ser de 0,80 m libres de batientes y marcos”*. (p. 43).

Según el requerimiento anterior, se procedió a dimensionamiento de la puerta tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Requisitos para Puertas.

| Ítem | Requisitos para: | INVU | Diseño |
|------|------------------|---------|---------|
| 1 | Altura Puertas | 2000 mm | 2000 mm |
| 2 | Ancho Mínimo*** | 900 mm | 1900 mm |

Fuente: Elaboración Propia

***Nota: El INVU recomienda un ancho mínimo libre por persona de 800 mm, sin embargo, se diseñó tomando en cuenta el peor de los escenarios en donde se dé un ingreso y salida al recinto al mismo tiempo, por lo que se diseñó con un ancho de 1900 mm.

Se proyecta el uso de un Montacarga Manual Hidráulico para el traslado de los productos de la cámara hasta los restaurantes del Hotel, modelo PJ4150A y marca OTMT, el cual tiene las siguientes dimensiones:

Tabla 7. Dimensiones Montacarga Manual Hidráulico

| Dimensiones | Valor |
|--------------------|--------------|
| Altura Máxima | 1700 mm |
| Ancho Máximo | 590 mm |

Fuente: Elaboración Propia

En caso de que se use el montacarga manual hidráulico para sacar mercadería o introducirla, no habría problema para que pueda ingresar el montacarga y salir una persona al mismo tiempo por la puerta.

Para el cálculo del cojinete y los “espárragos” de la puerta se realiza el siguiente Diagrama de Cuerpo Libre (DCL) en la Figura # 15:

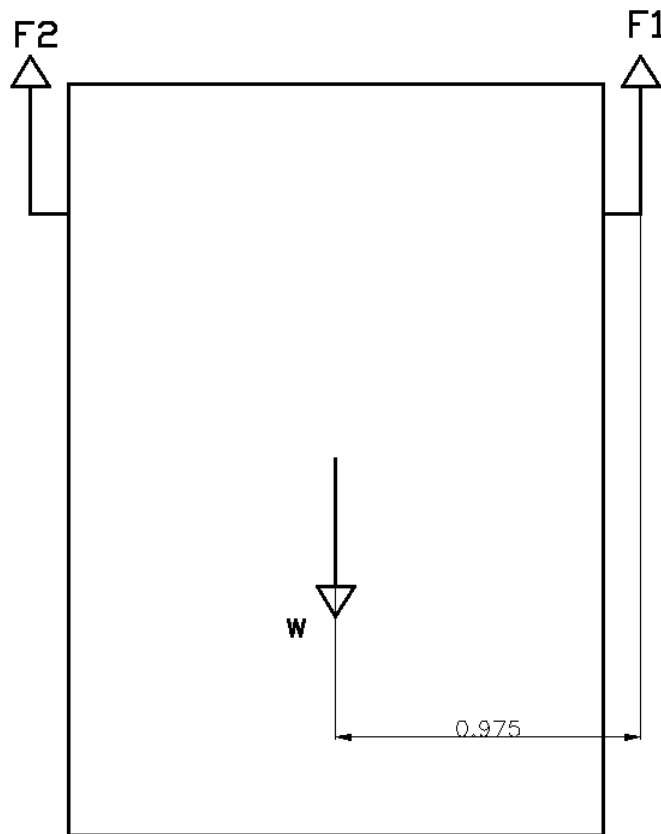


Figura # 15. Diagrama de Cuerpo Libre.

Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo del peso del panel se tomó como base la información del peso por unidad de área para el panel detallada en la Figura # 8 Se debe aclarar que, aunque hace referencia al término “Peso”, en realidad está dado en unidades de masa por área (kg/m^2). Para dicho cálculo, se calculó el peso y luego las fuerzas F1 y F2:

$$A = l * a$$

Las dimensiones de la puerta son 2 m de largo y 1.9 m de ancho. Por lo que se tiene:

$$A = 1.9 * 2 = 3.8 \text{ m}^2$$

Por lo que la masa de la puerta es de:

$$M = 12,92 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 3.8 \text{ m}^2 = 49.09 \text{ kg}$$

$$\text{Peso} = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 49.09 \text{ kg} = 481.57 \text{ N}$$

Usando un Factor de Seguridad (FS) de 3, para solventar cualquier carga extra que se le aplique a la puerta por ejemplo una persona apoyada. Se recalcula dicho peso:

$$\text{Peso} = w = 481.57 * 3 = 1445 \text{ N}$$

Como w está exactamente a la mitad de ambas fuerzas, entonces se puede establecer que ambas fuerzas son la mitad del peso de la puerta con valores de: $F1 = 722 \text{ N}$ y $F2 = 722 \text{ N}$.

La carga que deben soportar los cojinetes es de 722 N, de acuerdo al manual de NSK se seleccionó un cojinete que soporte dicha carga. Ver características completas del cojinete en Anexo 3. El cojinete seleccionado es de tipo abierto y bolas, dado que este no deberá soportar carga axial. El diámetro exterior es de 90 mm y tiene un espesor de 20 mm, soporta una carga de 23 200 N de carga estática, cumpliendo con las condiciones de carga estática de 722 N.

El “esparrago” para soportar la carga de la puerta deberá tener un diámetro mínimo de 4 mm.

Adicional a esto, respecto a las cortinas para cuartos fríos de material PVC. En el caso de la empresa costarricense RuberTPlast recomienda que el espesor de esta cortina sea de 2mm y también sea transparente. Estas ayudan a regular el ruido y mantener regulada la temperatura del ambiente.

Consideraciones del sello/empaque de la puerta: El material con que está construido es de neopreno, el grosor es de 1/16 pulgadas y este debe sobresalir por el ancho de la puerta al menos 1 pulgada de longitud.

Características del Empaque:

- i. Rollos de 10 m de longitud.
- ii. Acabado liso tipo espejo en ambas caras.
- iii. Grado Dureza 65° Shore.
- iv. Fuerza de Tensión de 600 psi.
- v. Elongación Máxima 250%.
- vi. Rango de temperaturas -25 [°C] a 90 [°C].

4.1.5. Diseño del Estante

El estante o “rack” por utilizar es del tipo “Racks para picking”, para cumplir con las condiciones de inocuidad dentro de la cámara frigorífica, se seleccionó de acero inoxidable. Dichos estantes tienen medidas de:

Tabla 8. Dimensiones Estante.

| Dimensiones | Valor |
|--------------------|---------------|
| Altura Máxima | 2000 mm |
| Ancho Máximo | 5900 mm |
| Altura Nivel #1 | 500 mm |
| Altura Nivel #2 | 1297 mm |
| Ancho Embalaje | 1010 mm |
| Altura Embalaje | 600 mm |
| Largo Embalaje | 800 mm |
| Carga (12 cajas) | 636 kg aprox. |

Fuente: Elaboración Propia

Los estantes cuentan con medidas máximas con la finalidad de permitir el libre tránsito dentro de la cámara tal y como se detalla en la sección 4.1.4. Diseño de la Puerta. De acuerdo a la información del manual de manipulación de alimentos del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), con respecto a la altura mínima que se necesita desde el Nivel de Piso Terminado (N.P.T.) hasta el primer nivel del estante, debe ser de 15 cm; para facilitar los procesos de limpieza y desinfección, así como de las inspecciones requeridas. Para el caso del diseño del estante, el primer nivel cumple satisfactoriamente lo estipulado por el INA con una altura de Nivel #1 de 50 cm.

El manual de “*Buenas Prácticas para la Industria de Carne*” de la FAO, indica que en cuanto al embalaje debe tener mínimo de 5 cm de separación entre uno y otro, esto para evitar contactos directos de las cajas y así impedir en caso de que se contaminara una caja, no tenga como propagarse entre la demás mercancía de la cámara. En el diseño de la dimensión de la separación entre caja y caja, se estableció en 10 cm. Adicional, entre la caja del Nivel #1 y la del Nivel #2 hay una separación de 19.7 cm, cumpliendo nuevamente con este factor.

4.1.6. Cálculo de Carga Térmica

Para el cálculo de la carga térmica para lo que es una cámara frigorífica, se debe conocer todas aquellas variables que aportan calor al recinto refrigerado, por lo tanto, todo este calor se debe extraer del recinto por medio de elementos que conforman el sistema de

refrigeración, con el fin de controlar las condiciones de temperatura y humedad de la cámara, que para nuestro caso sería para congelación. A partir de la carga térmica es que se dimensionan los diferentes componentes y equipos del sistema de refrigeración, los cuales deberán tener la suficiente capacidad para cumplir con la demanda de frío en el espacio controlado; he aquí la importancia del cálculo de esta y de considerar todas las variables que conlleva. La carga térmica incluye todo lo que es carga por transmisión de superficies, del producto, infiltración del aire y la carga interna como consecuencia de iluminación u otra como motores, personas, motores de evaporadores y equipos en general.

Para dicho cálculo de la carga térmica se emplea una memoria de cálculo que contempla las consideraciones pertinentes que dicta la norma ASHRAE (2010), específicamente los capítulos 19 y 24 del tomo de refrigeración.

4.1.6.1 Carga Térmica por Transmisión Estructural

Respecto a la carga térmica estructural es la que ocurre a través de las paredes, techo y suelo del recinto producto de las temperaturas entre el interior y exterior del recinto. Esta variable se calculó con la siguiente fórmula:

$$Q_{Transmisión} = UA \Delta T$$

Dónde:

- $Q_{Transmisión}$: Ganancia de Calor por Transmisión [W].
- A : Área exterior de la superficie [m²].
- ΔT : Diferencia de las temperaturas del exterior y la temperatura interna del aire en la cámara frigorífica [K].
- U : Coeficiente de Transmisión de calor de la pared [W/m² · K].

Dicho Coeficiente global de transmisión “ U ” se calculó de la siguiente manera:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_o}}$$

Dónde:

- x : Espesor de la Pared [m].
- k : Conductividad Térmica del Material de la Pared [W/m · K].
- h_i : Conductividad Superficial Interna [W/m² · K].
- h_o : Conductividad Superficial Externa [W/m² · K].

En el manual de ASHRAE (2010), tomo de refrigeración, Cap. #24, en lo que respecta al cálculo del Coeficiente “U” indica lo siguiente:

Para el aire quieto, con frecuencia se utiliza un valor de 9,07 [W/m² · K]. tanto para h_i como para h_o . Si la superficie externa está expuesta a vientos mayores de 25km/h el valor de h_o incrementa hasta los 34 [W/m² · K]. En cuanto a paredes gruesas y baja conductividad, la resistencia térmica $\frac{x}{k}$ hace que U se haga tan pequeño como los valores de $\frac{1}{h_i}$ y $\frac{1}{h_o}$ tienen muy poca influencia que se pueden despreciar de los cálculos (Pág. 1).

Para resumir las variables necesarias en el cálculo de cargas por transmisión estructural se debe tomar en cuenta: temperatura interna y externa del recinto, el tipo de material que están construidas las paredes, techo y piso, su respectivo espesor y propiedades térmicas, así como las dimensiones constructivas del lugar.

En la Tabla 9 y Tabla 10 se muestra los datos necesarios para los cálculos:

Tabla 9. Dimensiones estructurales de la cámara.

| Dimensiones de las Superficies [m²] | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Sección | Área Norte [m²] | Área Sur [m²] | Área Este [m²] | Área Oeste [m²] | Área Piso [m²] | Área Techo [m²] |
| Cámara | 25.64 | 24.8 | 41.8 | 41.8 | 125.55 | 125.55 |

Fuente: Elaboración Propia.

El poliuretano tiene una conductividad térmica de “k” de 0.026 [W/m·K] dando como resultado para el coeficiente global de transmisión “U” para dichos espacios de 0.246 [W/m²·K]. Lo que son los pisos se construyen con concreto, que al someterse a ambientes por debajo de los 0 [°C], y deben estar aislados. Para aproximar lo que es la transferencia de calor por unidad de área que se puede dar a través del suelo se puede ver en la Figura # 16:

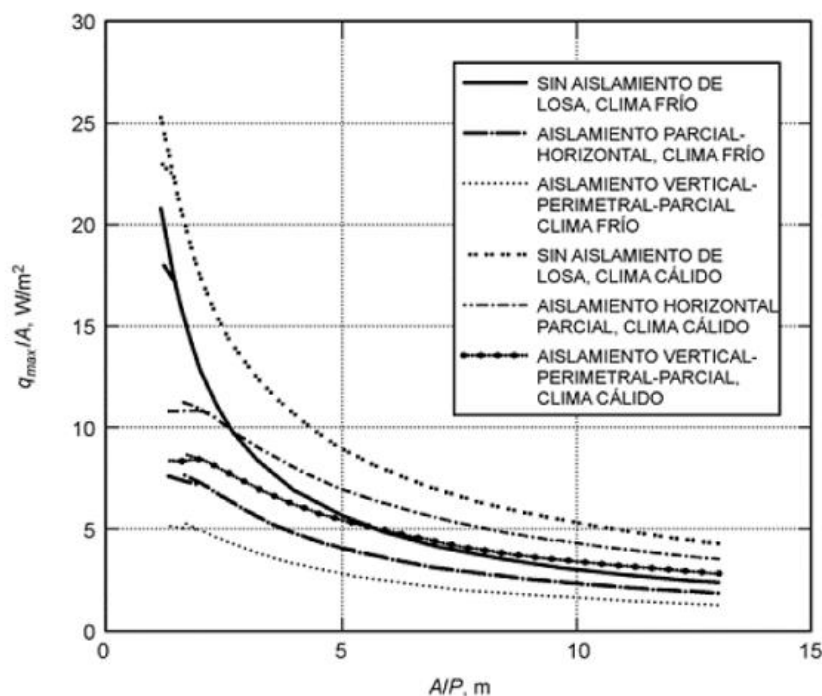


Figura # 16. Gráfico de q_{max}/A en función de A/P .

Fuente: ASHRAE Refrigeración, 2010.

Para el cociente A/P lo constituye el área del recinto en [m²] y su respectivo perímetro, esto para contemplar la influencia del espesor y la longitud de la losa. Se tiene que el valor de $A/P = 125.55/45.6 = 2.75$ [m], sin embargo, para este proyecto se estableció un valor de 9.5 [W/m·K], como valor crítico de transferencia de calor a través de la losa con aislamiento en un ambiente cálido.

Tabla 10. Temperatura Interna y Externas a las que es sometida la cámara.

| Sección | Temperatura del Recinto [°C] | Temperaturas Externas Críticas [°C] | | | | | |
|---------|------------------------------|-------------------------------------|-----------|------------|-------------|------|-------|
| | | Pared Norte | Pared Sur | Pared Este | Pared Oeste | Piso | Techo |
| Cámara | -18 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 |

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a que aún no está construido el recinto no hay forma de medir las temperaturas del recinto y se asumió la temperatura más crítica durante el año la cual tiene como valor de 33 [°C] para todas las paredes, techo y piso. Bajo las condiciones antes descritas y aplicando la fórmula de $Q_{Transmisión}$, anteriormente mostrada, a continuación, se ejemplifica como se obtuvieron los valores para cada superficie en específico.

4.1.6.2 Cálculo de Transmisión

En cuanto a la carga de transmisión de la pared norte, la transferencia de calor a través de la superficie resulta ser de:

$$Q_{Transmisión} = 0.246 * 25.64 * (33 - -18) = 321.55 [W]$$

Esta misma metodología se debe aplicar para el resto de las superficies. Sin embargo, para el piso del mismo recinto se calculó de la siguiente forma:

$$Q_{Transmisión, Piso} = 9.5 * 125.55 = 1192.72 [W]$$

Tabla 11. Carga térmica por transmisión de la cámara.

| Sección | Ganancias de calor a través de las superficies [W] | | | | | | Ganancia Total de Calor [W] |
|---------|--|-----------|------------|-------------|---------|---------|-----------------------------|
| | Pared Norte | Pared Sur | Pared Este | Pared Oeste | Piso | Techo | |
| Cámara | 321.55 | 590.66 | 997.21 | 997.21 | 1192.72 | 2990.22 | 7026.82 |

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.6.3 Carga Térmica por Infiltración de Aire.

El diseño del área refrigerada no solo depende de los factores presentes en el interior del sistema térmico, también sucede cuando en un ambiente controlado interno se pone en contacto con el externo a condiciones naturales; según el capítulo #13 de ASHRAE se suele pensar que una infiltración de aire no es de gran afectación para el proceso de enfriamiento, sin embargo, en dicho espacio explica que la carga por transferencia de calor en sentido externo-interno equivale a más de la mitad de la carga térmica total del sistema, esto

corresponde en función del tipo de funcionamiento que se espera darle a la cámara en este caso.



Figura # 17. Flujo de aire caliente y aire frío en las puertas abiertas de una cámara.

Fuente: ASHRAE, Refrigeración (2010).

La carga por infiltración de aire por la puerta se calculó con la siguiente formula:

$$q_t = q D_t D_f (1 - E)$$

Donde:

- q_t : ganancia de calor promedio [kW].
- q : Carga de refrigeración sensible y latente para un flujo completamente establecido [kW].
- D_t : Factor de tiempo para la puerta abierta.
- D_f : Factor de flujo de entrada.
- E : Eficacia del dispositivo de protección de la entrada.

El factor “q” de la anterior ecuación corresponde a la carga de calor latente y sensible en [kW] y puede calcularse de la siguiente manera:

$$q = 0.577 W H^{1.5} \left(\frac{Q_s}{A}\right) \left(\frac{1}{R_s}\right)$$

Donde:

- q : Carga de refrigeración sensible y latente para un flujo completamente establecido [kW].
- W : Ancho de la Puerta [m].
- $H^{1.5}$: Altura de la Puerta [m].
- $\frac{Q_s}{A}$: Carga de calor sensible del aire de infiltración [kW/m²].
- R_s : Relación de Calor Sensible de la ganancia de calor de aire de infiltración.

| Outdoor Cond. | | | Cold Space at 90% rh Dry-Bulb Temperature, °C | | | | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| DB °C | WB °C | rh, % | -30 | -25 | -20 | -15 | -10 | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 | |
| 30 | 19.7 | 30 | 0.76 | 0.75 | 0.74 | 0.73 | 0.72 | 0.72 | 0.73 | 0.77 | 0.87 | — | |
| | 21.8 | 40 | 0.71 | 0.69 | 0.68 | 0.66 | 0.65 | 0.63 | 0.63 | 0.64 | 0.68 | 0.83 | |
| | 23.9 | 50 | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 | 0.59 | 0.57 | 0.56 | 0.55 | 0.56 | 0.62 | |
| | 25.8 | 60 | 0.62 | 0.60 | 0.58 | 0.56 | 0.54 | 0.52 | 0.50 | 0.48 | 0.48 | 0.49 | |
| 35 | 19.0 | 20 | 0.80 | 0.79 | 0.78 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | 0.79 | 0.84 | 0.96 | — | |
| | 21.6 | 30 | 0.72 | 0.71 | 0.69 | 0.68 | 0.67 | 0.66 | 0.67 | 0.68 | 0.72 | 0.86 | |
| | 24.0 | 40 | 0.66 | 0.64 | 0.63 | 0.61 | 0.59 | 0.58 | 0.57 | 0.57 | 0.58 | 0.63 | |
| | 26.3 | 50 | 0.61 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 | 0.52 | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.50 | |
| | 28.3 | 60 | 0.56 | 0.54 | 0.53 | 0.51 | 0.49 | 0.47 | 0.45 | 0.43 | 0.42 | 0.41 | |
| 40 | 20.7 | 20 | 0.76 | 0.75 | 0.74 | 0.73 | 0.72 | 0.72 | 0.73 | 0.75 | 0.82 | 0.98 | |
| | 23.6 | 30 | 0.68 | 0.66 | 0.65 | 0.63 | 0.62 | 0.61 | 0.60 | 0.61 | 0.62 | 0.68 | |
| | 26.2 | 40 | 0.61 | 0.59 | 0.58 | 0.56 | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.50 | 0.52 | |
| | 28.6 | 50 | 0.55 | 0.54 | 0.52 | 0.50 | 0.48 | 0.47 | 0.45 | 0.43 | 0.42 | 0.42 | |

Figura # 18. Proporción de calor sensible R_s para infiltración desde el exterior a espacios refrigerados.

Fuente: ASHRAE, Refrigeración (2010).

Ahora bien, en la Figura # 18 se puede seleccionar el valor de R_s que se requiere para la formula anterior “q”. Se tiene una temperatura de 33 [°C], pero para este proyecto se utilizó

el valor de temperatura a 35 [°C] ya que no existe 33 [°C]. Posterior a esto, en el espacio refrigerado se tiene una temperatura de -18 [°C] dentro de la cámara, y al no haber se eligió un valor de temperatura de -20 [°C]. Finalmente, la proporción de valor sensible R_s tiene un valor de 0.78.

Para continuar, se debe calcular el $\frac{Q_s}{A}$ y se hace mediante la Figura # 19, en donde se tiene la temperatura de aire por infiltración de 35 [°C] y la temperatura del recinto de -18 [°C], el cual el $\frac{Q_s}{A}$ da como resultado final de 35 [kW/m²].

En cuanto W , que es el grosor de la puerta y esta tiene un valor de 0,1 m y en el caso de la altura de la puerta es de 2 [m].

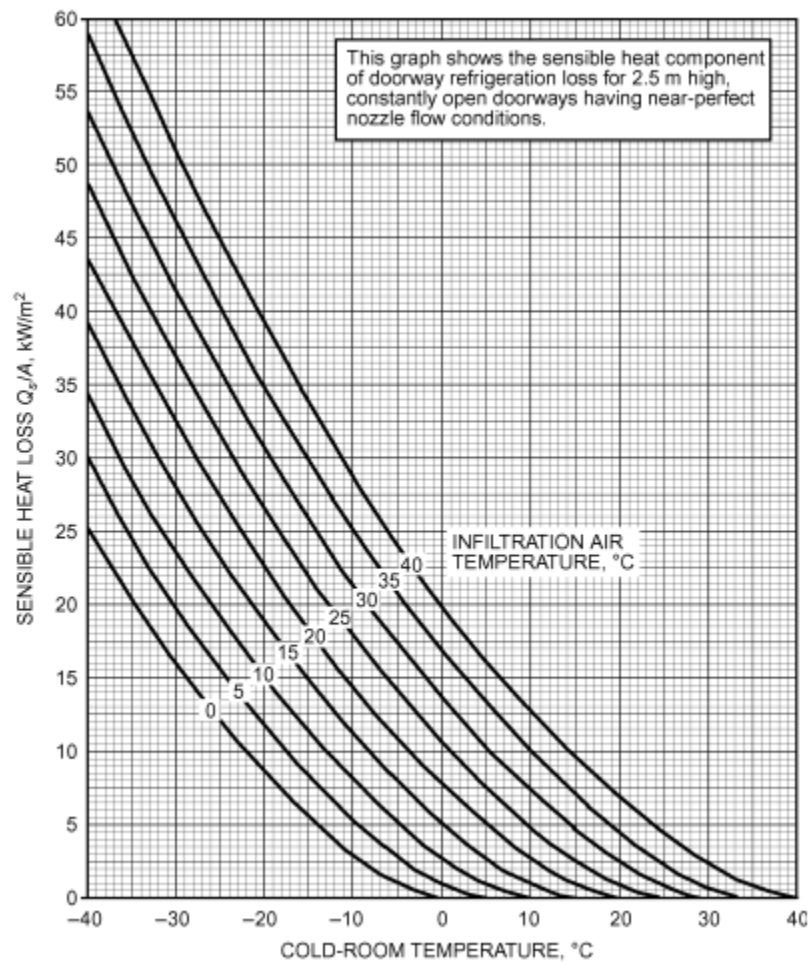


Figura # 19. Ganancia de calor sensible por intercambio de aire para puertas.

Fuente: ASHRAE, Refrigeración 2010.

Con los datos que recopilados anteriormente se realizó el cálculo de la variable “q”:

$$q = 0.577 W H^{1.5} \left(\frac{Q_s}{A}\right) \left(\frac{1}{R_s}\right)$$
$$q = 0.577 (0.1) (2)^{1.5} (35) \left(\frac{1}{0.78}\right)$$
$$q = 7.32 kW$$

Para el caso del uso cíclico, irregular y constante de la puerta, solo o en combinación se tiene el factor de tiempo de apertura de la puerta y se puede calcular como:

$$D_t = \frac{(P\theta_p + 60\theta_0)}{3600 \theta_d}$$

Donde:

- D_t : ganancia de calor promedio [kW].
- P : Número de puertas.
- θ_p : Tiempo de apertura y cierre de la puerta [s].
- θ_0 : Tiempo que la puerta permanece abierta [min].
- θ_d : Período de tiempo diario [h].

Para P el cual es número de puertas, y en este proyecto solo se cuenta con una puerta y en cuanto a lo que es θ_p , θ_0 y θ_d se estimó los tiempos para la búsqueda y selección del artículo deseado que normalmente se podría emplear en una cámara.

$$D_t = \frac{(1 * 15 + 60 * 12)}{3600 * 12}$$

$$D_t = 0.0142$$

En cuanto a lo que fue el tiempo de apertura y cierre de la puerta se estimó que se puede tardar en realizar dicha acción 15 [s]. Para el tiempo en que la puerta permanece abierta como situación muy crítica sería unos 10 [min] aproximadamente. Y para finalizar el periodo de tiempo diario es de 12 horas durante un día ya que es lo que normalmente se mantiene en operación el hotel.

ASHRAE, (2010) dice que el factor de flujo de entrada D_f es la relación entre el intercambio de aire real y el flujo completamente establecido. El flujo completamente establecido se produce solo en el caso inusual de una entrada sin usar que esté abierta a una habitación grande o al exterior y donde la salida de frío no se vea impedida por obstrucciones. Según el texto anterior ASHRAE da un valor de:

$$D_f = 1$$

Para la eficacia E , ASHRAE (p. 24.6) dice que para el caso de ser puertas recién instaladas la Eficacia es de 0,95.

$$E = 0.95$$

Ahora ya, con los datos detallados para cada variable de la ganancia de calor promedio q_t se ejemplificará con su cálculo:

$$q_t = qD_tD_f (1 - E)$$

$$q_t = 7.32 * 0.0142 * 1 (1 - 0.95)$$

La carga por infiltración de aire tiene un valor de:

$$q_t = 0.00519 \text{ kW}$$

4.1.6.4 Carga Térmica de los Productos.

ASHRAE quien es la entidad que dicta las consideraciones requeridas para el diseño y puesta en marcha de instalaciones de refrigeración, expresa las recomendaciones para el cálculo de la carga térmica proveniente de los productos de interés a refrigerar o congelar, para esto se tiene unas tablas en el capítulo 9 de ASHRAE de refrigeración donde se muestra la carga por producto dependiendo directamente de su composición química, física y la

temperatura a la que se puede mantener la cadena de frío, esto debido a su naturaleza bacteriana de cada uno de estos productos.

Para dar inicio con el aporte de lo que es la carga térmica total de los productos es necesario saber los productos que se desea manejar en cada sección. En la cámara se almacenará carne de origen bovino y porcino.

Para esta carga térmica se necesitan 4 etapas, según sea su proceso de congelación o de enfriamiento, los cuales se detallan a continuación:

- i. Extracción de calor para enfriar el producto desde la temperatura inicial hasta una temperatura por encima al punto de congelación:

$$Q_1 = \dot{m} c_1 (t_1 - t_2)$$

- ii. Extracción de calor para enfriar el producto desde la temperatura inicial hasta su punto de congelación del producto:

$$Q_2 = \dot{m} c_1 (t_1 - t_c)$$

- iii. Extracción de calor para congelar el producto:

$$Q_3 = \dot{m} h_f$$

- iv. Extracción de calor para enfriar el producto desde el punto de congelación hasta una temperatura por debajo de este mismo punto.

$$Q_4 = \dot{m} c_2 (t_c - t_3)$$

Ahora bien, al sumar todas estas fórmulas mencionadas, se obtiene el calor total equivalente extraído por el efecto de congelación o de enfriamiento del producto. Se tiene que:

$$Q_{Total, producto} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}{86400}$$

Dónde:

- Q_1, Q_2, Q_3 y Q_4 : Calor extraído [kJ/24h].
- m : Flujo másico del producto [kg/24h].
- c_1 : Calor específico del producto por encima del punto de congelación [kJ/ (kg·K)].
- t_1 : Temperatura inicial o de entrada del producto al cuarto frío por encima de la congelación [°C].
- t_2 : Temperatura inferior a t_1 por encima de la congelación [°C].
- t_c : temperatura de congelación del producto [°C].
- h_f : calor latente de fusión del producto [kJ/kg].
- c_2 : Calor específico del producto por debajo del punto de congelación [kJ/ (kg·K)].
- t_3 : Temperatura final del producto por debajo de la congelación [°C].
- $Q_{Total, producto}$: Carga Térmica por Producto [W].

Se presentan las propiedades térmicas de la carne, estas se detallan en la Figura # 20. Se obtuvieron del manual ASHRAE (2010).

| Food Item | Moisture | Protein, | | Carbohydrate | | | Initial Freezing Point, °C | Specific Heat Above Freezing, kJ/(kg·K) | Specific Heat Below Freezing, kJ/(kg·K) | Latent Heat of Fusion, kJ/kg |
|-------------------------------------|------------------------|------------|-----------------|-------------------|----------------------|-----------------|----------------------------|---|---|------------------------------|
| | Content, % x_{wo} | % x_p | Fat, % x_f | Total, % x_c | Fiber, % x_{fb} | Ash, % x_a | | | | |
| Beef | | | | | | | | | | |
| Brisket | 55.18 | 16.94 | 26.54 | 0.0 | 0.0 | 0.80 | — | 3.19 | 2.33 | 184 |
| Carcass, choice select | 57.26 | 17.32 | 24.05 | 0.0 | 0.0 | 0.81 | -2.2 | 3.24 | 2.31 | 191 |
| Liverl | 58.21 | 17.48 | 22.55 | 0.0 | 0.0 | 0.82 | -1.7 | 3.25 | 2.24 | 194 |
| Ribs, whole (ribs 6-12) | 68.99 | 20.00 | 3.85 | 5.82 | 0.0 | 1.34 | -1.7 | 3.47 | 2.16 | 230 |
| Round, full cut, lean and fat | 54.54 | 16.37 | 26.98 | 0.0 | 0.0 | 0.77 | — | 3.16 | 2.32 | 182 |
| full cut, lean | 64.75 | 20.37 | 12.81 | 0.0 | 0.0 | 0.97 | — | 3.39 | 2.18 | 216 |
| Sirloin, lean | 70.83 | 22.03 | 4.89 | 0.0 | 0.0 | 1.07 | — | 3.52 | 2.12 | 237 |
| Short loin, porterhouse steak, lean | 71.70 | 21.24 | 4.40 | 0.0 | 0.0 | 1.08 | -1.7 | 3.53 | 2.11 | 239 |
| T-bone steak, lean | 69.59 | 20.27 | 8.17 | 0.0 | 0.0 | 1.01 | — | 3.49 | 2.14 | 232 |
| Tenderloin, lean | 69.71 | 20.78 | 7.27 | 0.0 | 0.0 | 1.27 | — | 3.49 | 2.14 | 233 |
| Veal, lean | 68.40 | 20.78 | 7.90 | 0.0 | 0.0 | 1.04 | — | 3.45 | 2.14 | 228 |
| T-bone steak, lean | 75.91 | 20.20 | 2.87 | 0.0 | 0.0 | 1.08 | — | 3.65 | 2.09 | 254 |
| Lamb | | | | | | | | | | |
| Composite of cuts, lean | 73.42 | 20.29 | 5.25 | 0.0 | 0.0 | 1.06 | -1.9 | 3.60 | 2.14 | 245 |
| Leg, whole, lean | 74.11 | 20.56 | 4.51 | 0.0 | 0.0 | 1.07 | — | 3.62 | 2.14 | 248 |
| Pork | | | | | | | | | | |
| Backfat | 7.69 | 2.92 | 88.69 | 0.0 | 0.0 | 0.70 | — | 2.17 | 2.98 | 26 |
| Bacon | 31.58 | 8.66 | 57.54 | 0.09 | 0.0 | 2.13 | — | 2.70 | 2.70 | 105 |
| Belly | 36.74 | 9.34 | 53.01 | 0.0 | 0.0 | 0.49 | — | 2.80 | 3.37 | 123 |
| Carcass | 49.83 | 13.91 | 35.07 | 0.0 | 0.0 | 0.72 | — | 3.08 | 3.10 | 166 |
| Ham, cured, whole, lean | 68.26 | 22.32 | 5.71 | 0.05 | 0.0 | 3.66 | — | 3.47 | 2.22 | 228 |
| country cured, lean | 55.93 | 27.80 | 8.32 | 0.30 | 0.0 | 7.65 | — | 3.16 | 2.31 | 187 |
| Shoulder, whole, lean | 72.63 | 19.55 | 7.14 | 0.0 | 0.0 | 1.02 | -2.2 | 3.59 | 2.20 | 243 |
| Sausage | | | | | | | | | | |
| Braunschweiger | 48.01 | 13.50 | 32.09 | 3.13 | 0.0 | 3.27 | — | 3.01 | 2.40 | 160 |
| Frankfurter | 53.87 | 11.28 | 29.15 | 2.55 | 0.0 | 3.15 | -1.7 | 3.15 | 2.31 | 180 |
| Italian | 51.08 | 14.25 | 31.33 | 0.65 | 0.0 | 2.70 | — | 3.10 | 2.37 | 171 |
| Polish | 53.15 | 14.10 | 28.72 | 1.63 | 0.0 | 2.40 | — | 3.14 | 2.36 | 178 |
| Pork | 44.52 | 11.69 | 40.29 | 1.02 | 0.0 | 2.49 | — | 2.95 | 2.43 | 149 |
| Smoked links | 39.30 | 22.20 | 31.70 | 2.10 | 0.0 | 4.70 | — | 2.82 | 2.45 | 131 |

Figura # 20. Datos de composición química para las diferentes carnes.

Fuente: ASHRAE Refrigeración, 2010

La carga total del producto es de 19.725 [kW].

4.1.6.5 Cargas Internas

Para determinar las cargas internas por personas dentro del recinto se puede hacer de 2 maneras, que en términos prácticos son lo mismo. Un método sería por medio de tabla (Figura # 21) que la misma norma ASHRAE indica a cuánta carga equivale para cada persona según la temperatura del espacio refrigerado. O bien, hacer uso de la fórmula que a continuación se muestra.

| Refrigerated Space Temperature, °C | Heat Equivalent/Person, W |
|------------------------------------|---------------------------|
| 10 | 210 |
| 5 | 240 |
| 0 | 270 |
| -5 | 300 |
| -10 | 330 |
| -15 | 360 |
| -20 | 390 |

Figura # 21. Calor equivalente por persona dentro del recinto a diferentes temperaturas.

Fuente: ASHRAE Refrigeración, 2010.

Para determinar la carga para las personas se hizo uso del método de la fórmula debido a que no especifica en tabla para una temperatura de -18 [°C].

Personas

$$q_p = 272 - 6t$$

Donde t es la temperatura de la cámara, que en este caso es de -18 [°C].

$$q_p = 272 - 6(-18)$$

$$q_p = 380 \text{ W}$$

Motores e Iluminación.

La cámara será de almacenamiento por lo que no existen motores externos, únicamente los motores que disipan calor son los del evaporador. Sin embargo, como en esta

etapa aún no se tiene el valor de la carga para ir a los manuales de fabricante y dimensionar el evaporador y ver cuánto calor podrían disipar los motores no asumimos valor para ellos. Y en cuanto lo que es iluminación se utilizó lo que establece como criterio de cálculo que la ganancia térmica asociada a iluminación es de 10,8 [W/m²] como mínimo. Entonces para esto se realiza el cálculo de lo que aporta la iluminación con la fórmula:

$$Carga_{Iluminación} = A * CTE_{Iluminación}$$

Donde:

A: Área del Recinto.

CTE: Constante de Iluminación 10.8 [W/m²]

$$Carga_{Iluminación} = 125 * 10.8$$

$$Carga_{Iluminación} = 1350 W$$

En la Tabla 12 se muestra la carga total de la cámara frigorífica del Hotel, para la cual se sumó las cargas de: Transmisión, Infiltración, Producto y las Internas; dando como resultado un total de 28.49 [kW]. Según criterio de ASHRAE al valor total de carga se le debe agregar un 10% de Factor de Seguridad y con ello da 31.3 [kW].

Tabla 12. Carga Térmica Total de la Cámara Frigorífica.

| Cámara | Cargas [kW] | | | | Carga Térmica Total [kW] |
|--------|-------------|--------------|----------|----------|--------------------------|
| | Transmisión | Infiltración | Producto | Internas | |
| | 7.02 | 0.00521 | 19.725 | 1.73 | 31.3 |

La Tabla 12 muestra la carga térmica total de 31.3 [kW] incluyendo el 10% de Factor de Seguridad de ASHRAE. Adicional, para una mejor lectura se ofrece la conversión a [BTUH] y en [TR], por lo tanto, se tiene que 31.3 [kW] ≈ 106800 [BTUH] ≈ 8.91 [TR]. Para efectos prácticos de la selección de los equipos se hizo con una carga fija de 100 000 [BTUH].

4.1.7. Selección del Refrigerante.

El “*Manual de Buenas Prácticas de Refrigeración*” de la Unidad Técnica de Ozono de Colombia define que un refrigerante:

Es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro. Para que un refrigerante sea apropiado y se le pueda usar en ciclo de compresión-vapor, debe poseer ciertas propiedades químicas, físicas y termodinámicas que lo hagan seguro y económico durante su uso.

El refrigerante ideal no existe, pero de acuerdo a sus aplicaciones y el uso apropiado como refrigerante, la sustancia debería ser químicamente inerte hasta el grado de no ser inflamable, no ser explosivo, no ser tóxico y no deberá reaccionar desfavorablemente con el aceite lubricante del compresor o con cualquier normalmente usado en la construcción del equipo de refrigeración. (p. 27).

Criterio de Desempeño

La capacidad de desempeño del refrigerante se determina a través de sus características físicas y térmicas, de las cuales se pueden mencionar:

- i. Calor específico del refrigerante tanto en estado de líquido como de vapor.
- ii. Calor latente de vaporización.
- iii. Relación de compresión.
- iv. Volumen específico del vapor.

De las anteriores características se busca obtener los requerimientos mínimos de potencia, es decir, obtener un alto coeficiente de rendimiento. Dossat (1986) da algunas consideraciones sobre la selección de un refrigerante, e indica que:

Resulta ser de conveniencia que la relación presión-temperatura del refrigerante sea tal que la presión en el evaporador esté por arriba de la atmosférica. En el caso de tenerse una fuga en el lado menor de presión del sistema, si la presión es menor a la atmosférica, se introducirá una considerable cantidad de aire y humedad en el sistema, sucede con la presión vaporizante. (p. 387).

“Naturalmente, que la temperatura crítica y la presión del refrigerante deben ser mayores que la temperatura y presión máximas que se tengan en el sistema. Así mismo, el punto de congelación del refrigerante debe ser satisfactoriamente menor a la temperatura mínima obtenida en el ciclo”. (p. 387).

El Hotel cuenta con una capacidad máxima de 2360 personas, la cual se podría alcanzar durante la temporada alta. Al utilizar amoníaco (NH₃) como refrigerante se cuenta con el riesgo de que ocurran fugas de dicho gas; lo que implica la evacuación del Hotel y a su vez gastos adicionales en sistemas de seguridad y el posible desprestigio. Es necesario recalcar algunos de las consecuencias por la exposición de amoníaco según el manual de “Seguridad, uso del amoníaco” del Ing. Néstor Botta:

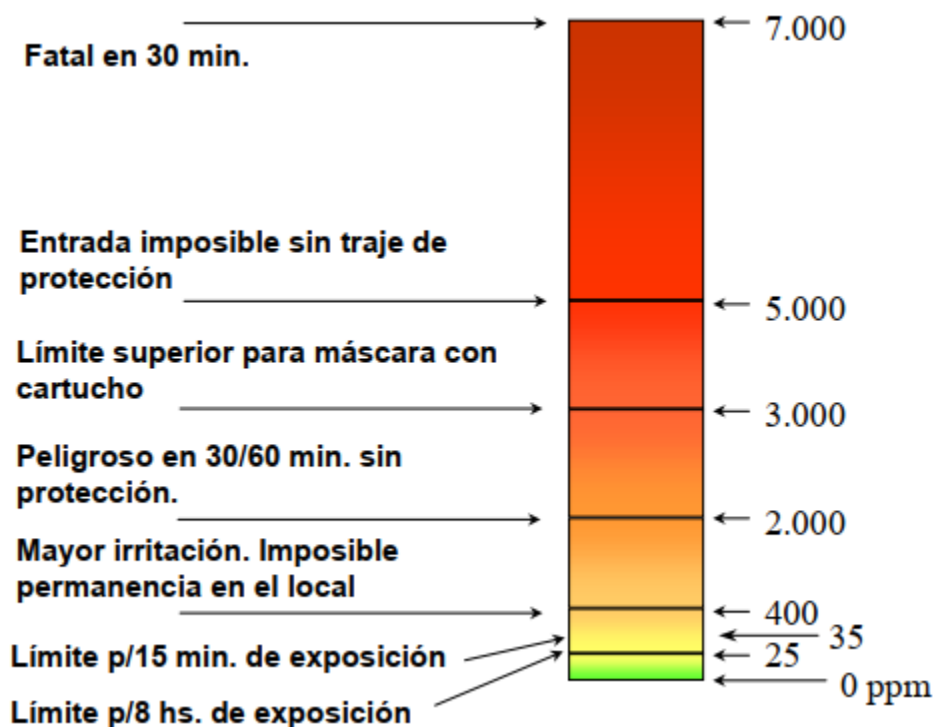


Figura # 22. Peligros de exposición para el amoníaco.

Fuente: Manual de Seguridad, uso del amoníaco.

Botta, N. (2002) respecto a las consecuencias que puede traer la exposición de amoníaco dice que: “La irritación de las vías respiratorias superiores (ardor o sensación de quemazón laríngea) y de los ojos producida por el amoníaco es muy prolongada. Su olor,

aunque se puede detectar en concentraciones muy bajas (20 ppm) produce irritación de la garganta y en el caso de los ojos a (140 ppm)”. (pág. 7).

Aunque se incluye el refrigerante R-717 amoníaco en las comparaciones de refrigerantes este se excluye por su peligrosidad. La Tabla 13 compara el rendimiento para los refrigerantes analizados bajo sus condiciones de operación:

Tabla 13. Comparación de rendimiento para los refrigerantes analizados bajo las condiciones de operación.

| Refrigerante | Relación de Compresión | Efecto Refrigerante [kJ/kg] | Coefficiente de Rendimiento “COP” |
|--|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Evaporador -18 [°C] / Condensador 33 [°C] | | | |
| R-404A | 4.68 | 107.101 | 3.44 |
| R507 | 4.63 | 113.73 | 3.66 |
| R-717 | 6.14 | 1085.95 | 4.06 |

Fuente: Coolpack v1.26.

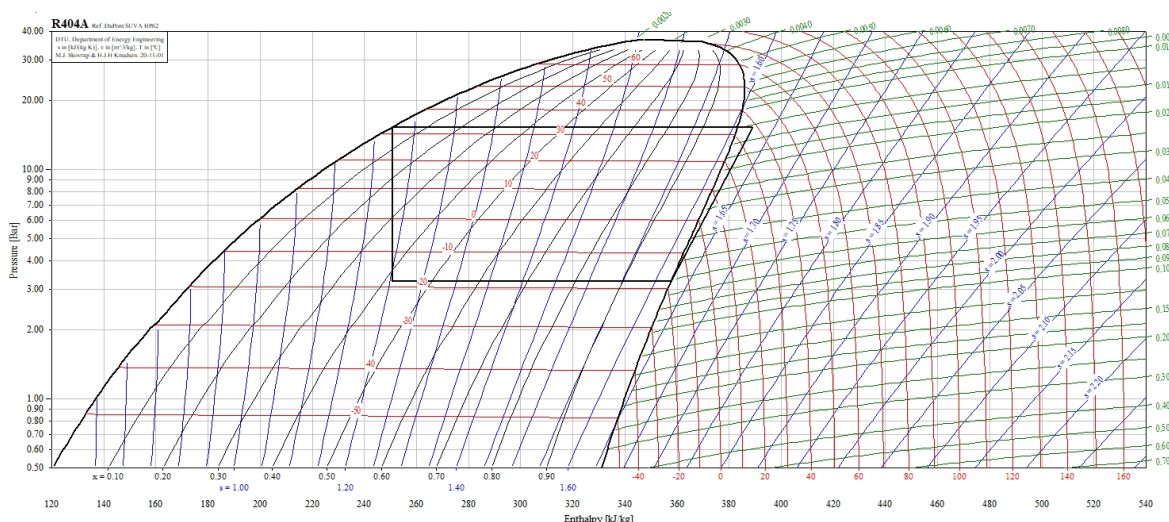


Figura # 23. Diagrama de Mollier para el Refrigerante R-404.

Fuente: Elaboración Propia, Coolpack v1.46.

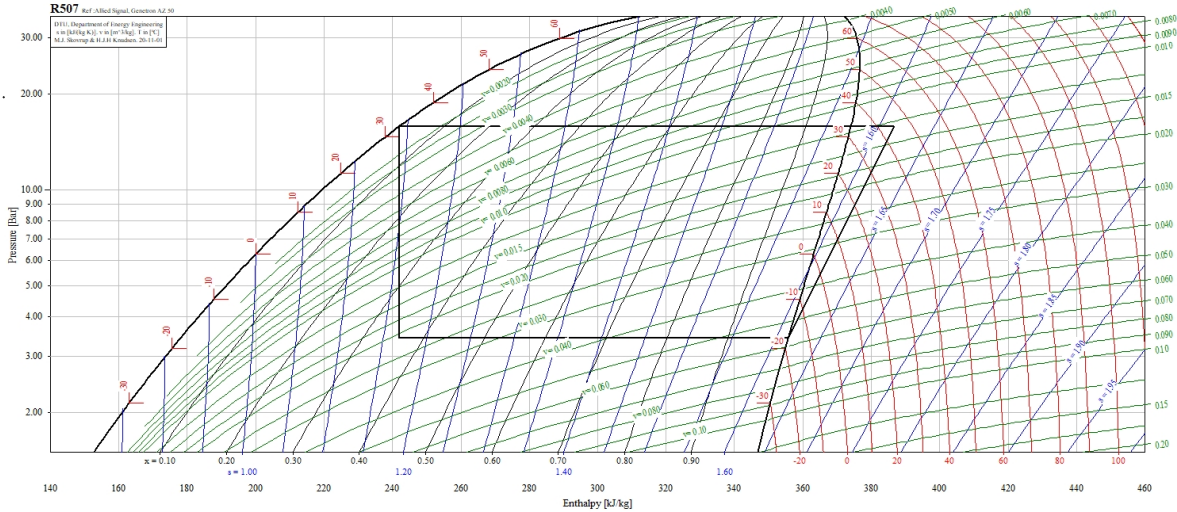


Figura # 24. Diagrama de Mollier para el Refrigerante R-507.

Fuente: Elaboración Propia, Coolpack v1.46.

En la Figura # 23 y Figura # 24 se exponen los diagramas de Mollier bajo condiciones de temperatura de evaporación de -18 [°C] y de condensación de 33 [°C]. Con la finalidad de ilustrar el comportamiento energético de los refrigerantes para sus condiciones específicas de operación.

La Tabla 13 indica que, bajo esas condiciones, el refrigerante que presenta mejores prestaciones es el R-507, ya que posee mayor Efecto Refrigerante (ER), este requiere menor cantidad de refrigerante en el sistema y el compresor consume menor potencia; dando un mejor COP. Bajo estas condiciones de desempeño, el R-507 es el más apto para la operación del sistema.

En la Tabla 14 se expone los resultados obtenidos a través del estudio de los diferentes criterios para la apta selección de un refrigerante, y con ello discernir entre la mejor opción que se tiene para la aplicación de baja temperatura para la cámara frigorífica.

Tabla 14. Comparación de criterios para los distintos refrigerantes.

| Refrigerante | Criterio | | | |
|--------------|-----------|------|--------------|-----------|
| | Ambiental | | Seguridad | Desempeño |
| | OPD | GWP | Peligrosidad | COP |
| R-404A | 0 | 3922 | Baja | 3.44 |
| R-507 | 0 | 3985 | Baja | 3.66 |
| R-717 | 0 | 0 | Alta | 4.06 |

Fuente: Elaboración Propia.

Entre los refrigerantes R-404A y el R-507, el que lleva ventaja en cuanto a desempeño es el R-507. Así mismo, el R-507 en el criterio ambiental presenta un ligero aumento en cuanto a los gases que causan efecto invernadero. En el criterio de seguridad ambos están empatados ya que cuentan con una baja peligrosidad para la salud de las personas. Ante tal análisis, y considerando las nuevas tendencias de eficiencia energética y seguridad, se opta por seleccionar el Refrigerante R-507 para la cámara frigorífica.

También se calculó el coeficiente de eficiencia energética (EER) que es el ratio entre la capacidad y el consumo energético de energía utilizado. Con la fórmula:

$$EER = \frac{\text{Potencia de Enfriamiento Equipo}}{\text{Potencia de consumo Eléctrico}}$$

$$EER = \frac{100\,000 \text{ btu/hr}}{29\,300 \text{ W}}$$

$$EER = 3.41 \left[\frac{\text{btu/hr}}{\text{W}} \right]$$

Entre más alto sea este índice EER, mejor rendimiento tendrá la máquina.

4.1.8. Consideraciones Previas para la Selección y Ubicación de las Unidades Evaporadoras.

Para seleccionar el equipo se debe considerar una serie de factores con el fin de lograr el efecto congelamiento deseado en el producto y en la cámara frigorífica, entre ellos se puede mencionar:

- i. Capacidad según la carga térmica a extraer.
- ii. Sustancia refrigerante por emplear.
- iii. Tipo de alimentación de refrigerante.
- iv. Temperatura del recinto.
- v. Alcance o distancia que el aire debe recorrer para enfriar la zona más alejada.
- vi. Distribución del aire.
- vii. Tipo de des escarche.
- viii. Paso de las aletas en el serpentín.
- ix. Ubicación del equipo.

En cámaras con temperaturas menores a 2.2 °C se recomienda realizar por Gas Caliente y/o Eléctrico, sin embargo, según ASHRAE establece que el eléctrico es más eficiente y también en cuanto a velocidad de descongelamiento que por gas caliente. Pero también es el que disipa mayor cantidad de calor en el recinto. Por lo que, en función del costo de la energía, puede no ser tan económico. El método de des escarche requiere de un control preciso con el fin de evitar incrementos de temperatura en el recinto que pueda afectar la calidad del producto. Adicional a esto, una variable que influye en los tiempos de des escarche es la separación de las aletas del serpentín del evaporador. Por lo que para nuestro caso se recomienda utilizar evaporadores de 6 aletas por pulgada para aplicaciones de congelado.

Una vez que se establece la cantidad de unidades evaporadoras a instalar en cada recinto frío, se determina su ubicación física en dicho espacio. Existen una serie de recomendaciones por considerar para la instalación de los evaporadores hecha por Bohn (2005), de las cuales se pueden rescatar las siguientes:

- i. Evitar colocar los evaporadores directamente arriba de las puertas o cerca de las aberturas de las puertas en donde la baja temperatura se está manteniendo y en cualquier parte que sea posible para mantener una temperatura normal.
- ii. Dar el espacio necesario entre la parte posterior del evaporador y la pared que permitan el retorno libre del aire.
- iii. La dispersión del aire deberá cubrir la cámara completamente.
- iv. Debe conocerse la ubicación de anaqueles, entre otros.
- v. Ubicarlos en posiciones que permitan el flujo positivo del aire (del interior hacia el exterior de la cámara), es decir, dirigir la descarga hacia las puertas de acceso, con el fin reducir el ingreso del aire proveniente del medio externo.

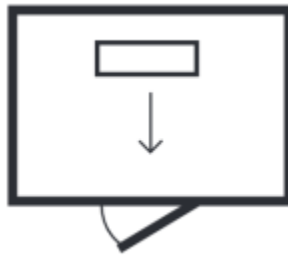


Figura # 25. Ubicación recomendada para el evaporador.

Fuente: Bohn, 2005.

4.1.9. Selección de equipos.

Evaporador

En función de la carga de la cámara se dimensionó los evaporadores, a continuación, se detalla la llave del modelo:

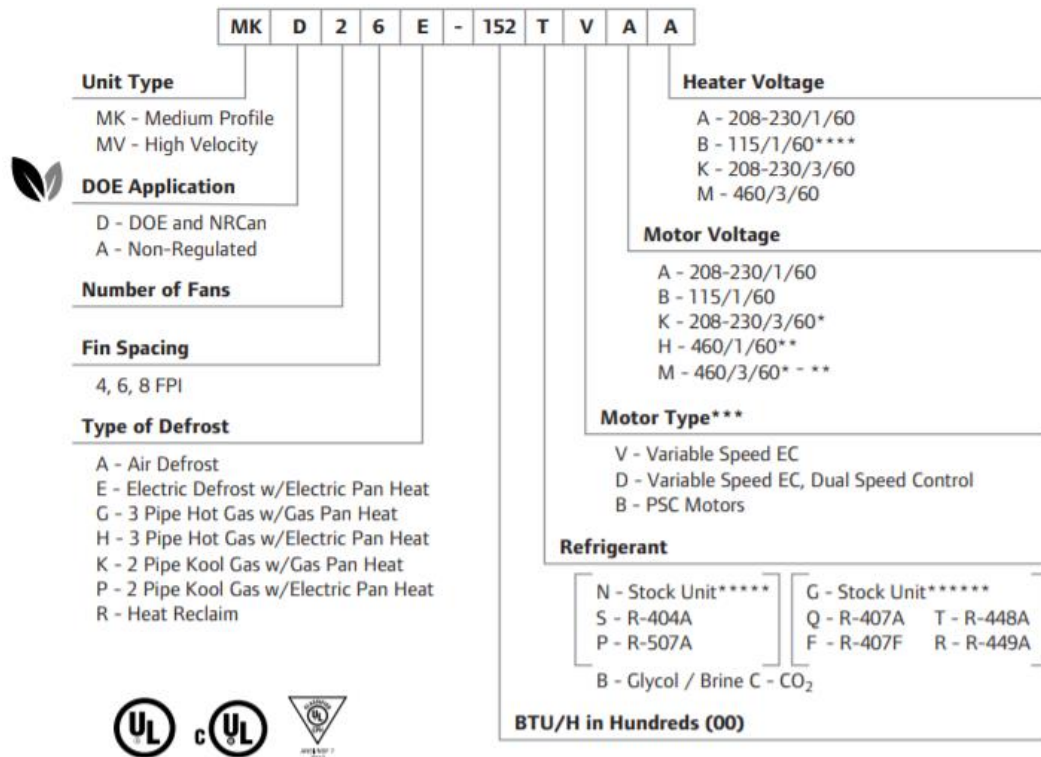
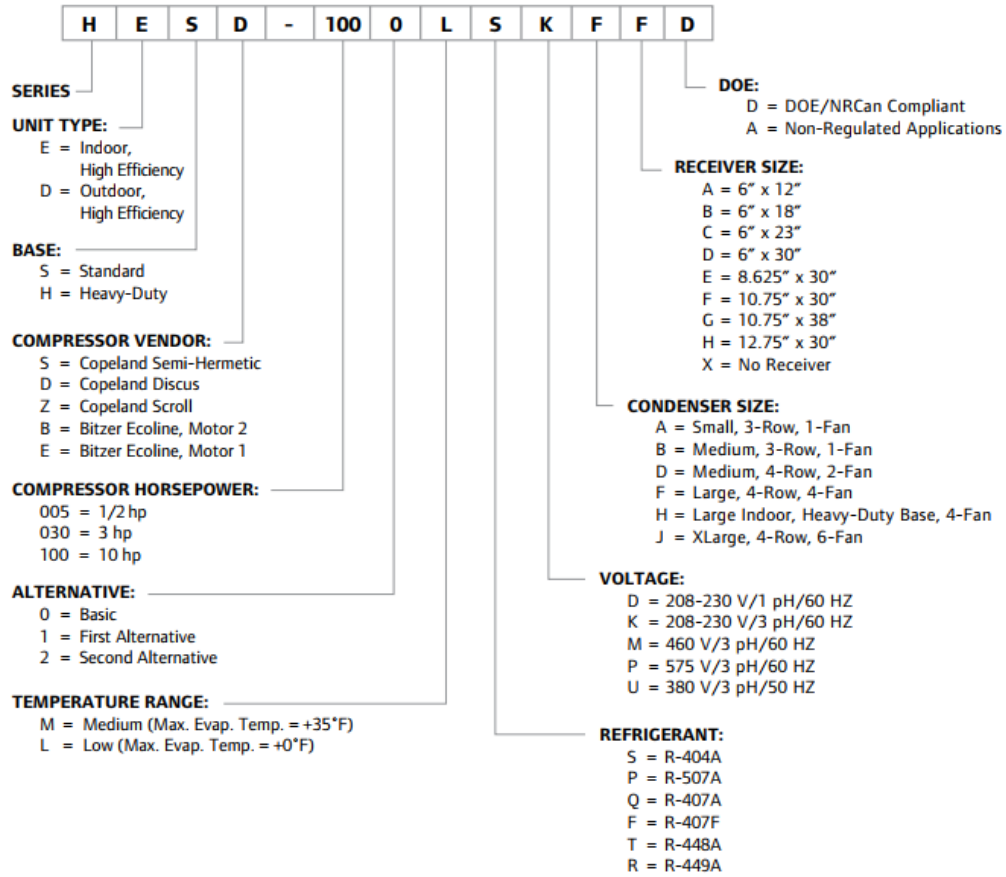


Figura # 26. Llave del Modelo de Evaporador, Marca KRACK.

Fuente: Fabricante KRACK.

El evaporador seleccionado es marca KRACK, siguiendo las indicaciones de la sección 4.1.8 donde enumera las consideraciones para su selección. El modelo es MKD46G-508PVKK es tipo cúbico con flujo horizontal. El evaporador cuenta con 4 ventiladores, con una capacidad de 50 800 BTUH, una distancia de paletas de 6 pulgadas, refrigerante R-507. Su tipo de des escarche es gas caliente. En el apartado de planos se ofrece dimensiones generales y de ubicación en la cámara.

Condensador



NOTE: Units are ordered refrigerant specific (i.e. "S" for R-404A) but will include other refrigerants that can also be used on the data plate.

Figura # 27. Llave del Modelo de Condensador, Marca KRACK.

Fuente: Fabricante KRACK.

El condensador seleccionado es del tipo exterior, su modelo es HDSD-1000LPKFH-D. Su compresor es modelo 3DS3F46KE marca Copeland Discus, su ficha técnica se ofrece en el Anexo 2. La temperatura de ambiente de trabajo es de 95 [°F] = 35 [°C].

En el caso de la válvula de expansión termostáticas tipo TES 12-13.4 con una capacidad nominal de 37.5 [kW]. Su código de fabricante es 067B2008. Es gama B. En el Anexo 2 se ofrece la Ficha Técnica.

Válvula reguladora de presión.

La descongelación de los evaporadores, introducción de las mercancías, la apertura prolongada de las puertas, provocan un recalentamiento del aire de lo que deriva una sobrepresión y riesgo de apertura brutal de las puertas o deformación de las paredes. Se calculó la cantidad de válvulas reguladoras de presión según fabricante FERMOD con la siguiente fórmula:

$$Num. Válvulas = \frac{1.3 * V}{T (273 + t)}$$

Donde:

V: Volumen en m³.

T: Temperatura de Variación de Temperatura por minutos por °C.

t: Temperatura en el interior de la cámara.

La cámara tiene 376.65 m³ de volumen. Respecto a la Temperatura T se definió que la variación de temperatura es 15 min para 1 °C y finalmente para t se tiene -18 [°C].

Dicho esto, se calculó:

$$Num. Válvulas = \frac{1.3 * 376.65}{15 (273 + (-18))}$$

$$Num. Válvulas = 0.12 \rightarrow 1$$

La válvula reguladora seleccionada es marca FERMOD. Modelo 2230. Código de fabricante: F10 0845. Su peso es de 2.9 kg y su aplicación es para pared. Se muestra la válvula a continuación:



Figura # 28. Válvula reguladora de Presión. Marca FERMOD.

Fuente: Manual FERMOD.

Selección visor de líquido y humedad.

La función de este dispositivo auxiliar es que nos permite observar la condición del refrigerante en el lugar de su ubicación. Es un indicador de la condición del refrigerante cuyas funciones son determinar su estado líquido y su contenido de humedad. Este se coloca entre la válvula solenoide de líquido y antes de la válvula de expansión. El modelo de este visor es SGP 16s de la marca Danfoss. Se seleccionó con el CoolSelector2 de Danfoss. Ver Figura # 36.

Válvula Solenoide

Controla automáticamente el flujo de fluidos en el sistema. Esta fue seleccionada con el programa CoolSelector2 de Danfoss. Su modelo es ICS 25-10 + EVM. Ver Figura # 37.

Selección Filtro Deshidratador

Una de las principales funciones del filtro es la de absorber humedad en el sistema. Así mismo realiza un proceso de vacío, ya que podría existir humedad dentro de la tubería, por esto el filtro es muy importante. Además, el filtro también tiene la función de impedir de que se trasieguen por la tubería partículas sólidas como (astillas metálicas de cobre por

ejemplo y residuos de soldadura). Se seleccionó para media carga, a una temperatura de evaporación de -18 [°C] y 33 [°C] de condensación. El modelo que se seleccionó es DCB 305s. Ver detalle en la Figura # 38.

Válvula Termostática

Para la válvula se seleccionó con el manual Danfoss. Su modelo es TE 12-13.4. Para mayor detalle ver Figura # 35.

4.1.10. Dimensionamiento de las tuberías.

Para lo que es el dimensionamiento de tuberías se utilizó el Manual de Refrigeración de ASHRAE, en el Capítulo #1 para sistemas de refrigeración de halo carburos, se siguió lo que recomienda en este caso el fabricante y se comparó para verificar lo que recomienda ASHRAE. Para lo que es la velocidad de la línea de succión se recomienda una velocidad de entre 4,5 y 20 m/s, para lo que es la tubería de descarga se requiere una velocidad de entre 10 a 18 m/s y para la línea de líquido un máximo de 0,5 m/s, esto según ASHRAE. El principal objetivo de tener estas velocidades es asegurar que la caída de presión esté dentro de un rango permitido.

Para los diámetros de las tuberías de líquido, descarga y succión se usó media carga ya que se cuenta con 2 sistemas de refrigeración con una misma capacidad de 15.65 kW. En la Tabla 15 se detalla el diámetro de cada tubería:

Tabla 15. Detalle tubería refrigerante para la cámara frigorífica.

| Carga [kW] | Tubería | Material | Longitud [m] | Diámetro | Costo |
|------------|----------|--------------|--------------|----------|-------|
| 15.65 | Líquido | Cobre Tipo L | 2.5 | 22 | \$65 |
| | Descarga | | 3.561 | 54 | \$212 |
| | Succión | | 2 | 35 | \$113 |

Fuente: Elaboración Propia

K-FLEX recomienda algunas generalidades respecto las tuberías que deben llevar aislamiento y son:

- i. Todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan:
 - Fluidos refrigerados con temperatura menor que la temperatura del ambiente del local por el que discurran.
 - Fluidos con temperatura mayor que 40 [°C] cuando estén instalados en locales no calefactados, entre los que se deben considerar pasillos, galerías, patinillos, aparcamientos, salas de máquinas, falsos techos y suelos técnicos, entendiéndose excluidas las tuberías de torres de refrigeración y las tuberías de descarga de compresores frigoríficos, salvo cuando estén al alcance de las personas.

- ii. Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior del edificio, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie. En la realización de la estanquidad de las juntas se evitará el paso del agua de lluvia.

Se utilizó la herramienta que el fabricante ThermaSmart ofrece en su sitio web, donde se puede hacer el cálculo para el aislamiento de la tubería de descarga:

Tabla 16. Datos de entrada para el programa.

| Parámetro de Entrada | Valores | Unidades |
|--|----------------|-----------------------------------|
| Estándar Seleccionado | ISO 12241 | |
| Conductividad Térmica de la Tubería | 390 | Vatios / Metros Kelvin (W/m·K) |
| Diámetro Exterior de la Tubería | 54 | Milímetros |
| Diámetro Interno de la Tubería | 52 | Milímetros |
| Longitud de la Tubería | 3.561 | Metros |
| Diámetro Interno del Aislamiento | 54 | Milímetros |
| Conductividad Térmica del Aislamiento | 0.038 | Vatios / Metros Kelvin (W/m·K) |
| Factor de emisión del aislamiento | 0.94 | |
| Temperatura del Recinto | -18 | °C |
| Temperatura del ambiente | 33 | °C |
| Velocidad del viento de ventilación | 9 | Metros/Segundo |
| Humedad Relativa del Ambiente | 90 | % |
| Precio de la energía /kWh | 0.2 | USD/kWh |
| Moneda | USD | /kWh |
| Sistemas de Operación | 7008 | horas/año |

Fuente: Fabricante ThermaSmart.

Tabla 17. Resultados para el dimensionamiento del espesor de aislante descarga.

| Resultados | Valores | Unidades |
|---|----------------|-----------------|
| Espesor Mínimo Calculado | 11 | Milímetros |
| Espesor Mínimo Disponible | 13 | Milímetros |
| Temperatura de la Superficie | 31.75 | °C |
| % Energía Ahorrada | 96 | % |
| Temperatura de Punto de Rocío | 31.16 | °C |
| Perdida Energética del Aislamiento | 28.43 | W (Vatios) |

Fuente: Fabricante ThermaSmart.

4.2. Costos del Proyecto

Se realizó un presupuesto que abarque equipos, tubería, accesorios y montacarga requeridos para esta propuesta de diseño. Es necesario recalcar que la mayoría de los equipos o accesorios cotizados se adquieren en el extranjero, por lo tanto, los precios detallados no cuentan con el costo de nacionalización, impuestos de venta y transporte hasta la aduana. La empresa RSFcr fue consultada para la cotización de los equipos citados a excepción de:

Tabla 18. Detalle empresas consultadas.

| Concepto | Empresa Consultada. |
|--|--|
| Tubería Baranda (1/2 pulg) | Consulta página web: Construplaza. Costa Rica |
| Tubería Escalera (1/2 pulg) | |
| Tubería Escalera (3/4 pulg) | |
| Platina Escalera (30 x 5mm) | |
| Lámina Jordomex (1.22 x 2.44) m | |
| Varilla Roscada "Esparrago" (1/2 pulg x 3 m) | Página web: Tecno Fijaciones, Costa Rica. |
| Tubería Refrigeración (Ø 22 mm) | Beirute |
| Tubería Refrigeración (Ø 35 mm) | |
| Tubería Refrigeración (Ø 54 mm) | |
| Montacargas Manual Hidráulico | Catálogo Fabricante. Ver Figura # 40. |

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 19. Costos Proyecto.

| No. | Concepto | Cantidad | Valor Unitario (\$ USD) | Valor Total (\$ USD) | |
|---|--|----------|-------------------------|---------------------------|--------------|
| 1 | Evaporador | 2 | \$ 5 986,00 | \$ 11 972,00 | |
| 2 | Condensador | 2 | \$ 6 744,00 | \$ 13 488,00 | |
| 4 | Válvula Expansión Termostática (TE 12-13,4) | 2 | \$ 623,00 | \$ 1 246,00 | |
| 5 | Válvula Reguladora de Presión (FERMOD) | 1 | \$ 283,00 | \$ 283,00 | |
| 6 | Filtro Deshidratador (DCB 305s) | 2 | \$ 475,00 | \$ 950,00 | |
| 7 | Refrigerante R-507 (Cilindro 11.3 kg) | 15 | \$ 42,00 | \$ 630,00 | |
| 8 | Remate (3 m) | 46 | \$ 7,50 | \$ 345,00 | |
| 9 | Tornillería Remate (6,3x25mm) | 400 | \$ 0,085 | \$ 34,00 | |
| 10 | Visor de Líquido y Humedad (Danfoss) | 2 | \$ 500,00 | \$ 1 000,00 | |
| 11 | Tubería Baranda (1/2 pulg) | 45 | \$ 9,00 | \$ 405,00 | |
| 12 | Tubería Escalera (1/2 pulg) | 3 | \$ 9,00 | \$ 27,00 | |
| 13 | Tubería Escalera (3/4 pulg) | 3 | \$ 13,00 | \$ 39,00 | |
| 14 | Platina Escalera (30 x 5mm) | 1 | \$ 8,00 | \$ 8,00 | |
| 15 | Lámina Jordomex (1.22x2.44)m | 1 | \$ 19,00 | \$ 19,00 | |
| 16 | Válvula Solenoide (ICS 25-10 + EVM) | 2 | \$ 554,00 | \$ 1 108,00 | |
| 17 | Varilla Roscada "Esparrago" (1/2 pulg x 3 m) | 1 | \$ 6,00 | \$ 6,00 | |
| 18 | Tubería Refrigeración (Ø 22 mm) | 1 | \$ 65,00 | \$ 65,00 | |
| 19 | Tubería Refrigeración (Ø 35 mm) | 1 | \$ 113,00 | \$ 113,00 | |
| 20 | Tubería Refrigeración (Ø 54 mm) | 1 | \$ 212,00 | \$ 212,00 | |
| 21 | Aislamiento Tubería (2.8 m x 13 mm) | 3 | \$ 15,00 | \$ 45,00 | |
| 22 | Empaque Puerta (Neopreno 1/16 pulg) | 1 | \$ 116,00 | \$ 116,00 | |
| 23 | Panelería (Espesor 100 mm) | 29 | \$ 583,80 | \$ 16 930,20 | |
| 24 | Montacargas Manual Hidráulico | 2 | \$ 1 393,00 | \$ 2 786,00 | |
| Observaciones: Se agrego 10% al costo de materiales de la cámara frigorífica debido a que se pueden originar imprevistos en un mal montaje, mal corte, daño en la descarga o bien en el almacenamiento. | | | | SubTotal | \$ 51 827,20 |
| | | | | Mano de Obra (10%) | \$ 5 182,72 |
| | | | | Imprevistos (10%) | \$ 5 182,72 |
| | | | | Total General | \$ 62 192,64 |
| | | | | Total (\$ USD) | \$ 62 192,64 |

Fuente: Elaboración Propia, Excel.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- i.** Se calculó la carga térmica de la cámara frigorífica con base a los lineamientos que indica ASHRAE. El resultado de la carga fue de 31.3 kW \approx 8.91 TR.
- ii.** Se dibujaron los planos de la cámara frigorífica con dimensiones de 13.5 m de largo, 9.5 de ancho y 3 m de altura, adjuntos en el Apéndice 2.
- iii.** Se seleccionaron los equipos requeridos para la cámara frigorífica para solventar la carga térmica de 8.91 TR.
- iv.** Se estimó el costo base requerido para el proyecto propuesto y es de \$62 192.64 USD.

5.2. Recomendaciones

- i.** Realizar planes de mantenimiento preventivo para los equipos y accesorios de la cámara frigorífica. Y a su vez subcontratar Mantenimiento para los equipos.
- ii.** Rotular las tuberías de la cámara frigorífica, según la sustancia y estado físico.
- iii.** Importante realizar el montaje de dichos equipos con mano de obra calificada en lo que es sistemas de refrigeración.
- iv.** Es importante hacer una recopilación de la información de fábrica de los equipos y accesorios utilizados para el sistema de refrigeración, con la finalidad de asegurar el conocimiento de las características importantes para el mantenimiento. Tanto manual de partes y operador.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- i. ASHRAE. (2010). American Society of Heat, Refrigeration and Air-Conditioned Engineers Handbook. Refrigeration.
- ii. ASHRAE. (2016). American Society of Heat, Refrigeration and Air Conditioned Engineers Handbook. *HVAC Systems and Equipment*.
- iii. Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización. (2016). *Manual de buenas prácticas en refrigeración con amoníaco*. Retrieved from <http://www.cchryc.cl/biblioteca-camara/biblioteca-camara-2016-12-001.pdf> .
- iv. Colombia, Unidad Técnica de Ozono (2005). *Manual de buenas prácticas en refrigeración*. Retrieved from Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- v. Dossat, R. (1986). Principios de refrigeración. México: Continental.
- vi. Libro de Trabajo (2019). Manipulación de Alimentos. Instituto Nacional de Aprendizaje (INA).
- vii. Moreno, B. (2006). *Higiene e inspección de carnes* (Segunda ed., Vol. I). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- viii. Paraguay, Secretaría del Ambiente [SEAM]. (2014). *Manual de buenas prácticas en refrigeración*. Retrieved from <http://www.seam.gov.py/sites/default/files/users/comunicacion/Manual%20Buenas%20Practicas.pdf>.

- ix. Paranjpey, R. (2013). *Cold storage design*. Retrieved from <http://rameshparanjpey.com/articles/Cold%20Storage%20Design%20Often%20Overlooked%20Aspects.pdf>.
- x. Pita, E. G. (2000). Principios y sistemas de refrigeración. Ciudad de México: LIMUSA.
- xi. Roma, Fundación Internacional Carrefour, FAO. (2017). *Manual de buenas prácticas para la industria de la carne*. Retrieved from <http://www.fao.org/home/es/>.
- xii. Mardones, C. (2016). “*Comparación entre los ciclos de refrigeración por compresión de vapor y absorción mediante la primera y segunda ley de la termodinámica en aplicaciones de climatización y refrigeración*” (Licenciatura). Universidad de Chile.
- xiii. Mora, A. (2017). “*Diseño de un sistema de refrigeración por amoníaco a diferentes temperaturas para una industria de proceso de carne bovina y porcina*” (Licenciatura). Tecnológico de Costa Rica.
- xiv. Ureña, F. (2017). “*Diseño de un sistema de refrigeración por amoníaco para una empresa de industria cárnica*” (Licenciatura). Tecnológico de Costa Rica.

7. ANEXOS

Anexo 1. Verificación por Coolpack de Carga Térmica.

CoolPack

COOLING DEMAND FOR A COLD ROOM

HEAT TRANSFER THROUGH BUILDING PARTS

| | k-value [W/(m ² ·K)] | T [°C] | | | | |
|---------|---------------------------------|--------|---|----------------------------------|------------|----------|
| WALL 1 | 0.026 | 33.0 | <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: 0.7em; margin-right: 5px;">WALL 1 (W = width)</div> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 10px; text-align: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: 0.7em;"> WALL 2 (L = length) WALL 3 </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; margin: 5px 0;"> T_{ROOM} [°C]: -18.0 </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> RH_{ROOM} [%]: 90 </div> </div> </div> | L [m]: 13.5 | W [m]: 9.3 | H [m]: 3 |
| WALL 2 | 0.026 | 33.0 | | Volume : 376.7 [m ³] | | |
| WALL 3 | 0.026 | 33.0 | | | | |
| WALL 4 | 0.026 | 33.0 | | | | |
| FLOOR | 0.6 | 33.0 | | | | |
| CEILING | 0.026 | 33.0 | | | | |

Q_{TRANS} : 4.190 [kW]

AIR CHANGE (natural infiltration only)

T_{AIR,IN} [°C]: -18.0

RH_{AIR,IN} [%]: 90

Volume flow [m³/h] 376

ACF : 24.0 [room vol. pr 24 hour] (ACF recommended : 3.6) Volume flow : 376 [m³/h]

Q_{INFILT} : 0.000 [kW]

COOLING AND FREEZING OF GOODS

| | Quantity [kg] | T _{IN} [°C] | τ _{COOL} [h] | Type | Q _{MAX} [kW] | Q _{AVG} [kW] |
|---|---------------|----------------------|-----------------------|------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2500 | 8.0 | 18 | Beef | 16.696 | 9.907 |
| 2 | 2500 | 8.0 | 18 | Pork | 13.555 | 7.731 |

Q_{MAX} : 30.252 [kW]
 Q_{AVG} : 17.639 [kW]

AUXILIARY LOADS

No. of persons [-]: 0

Work type : Light

q̇ : 259 [W/person] at T_{ROOM} : -18.0 [°C]

Fans [kW]: 0.000 Lights : 1000 [W] Other equipment [kW]: 0.000

Heat of respiration [W]: 0 Hours of operation per 24 h [h]: 18

Q_{AUX} : 1.000 [kW]

Maximum cooling demand : 47.255 [kW] at SHR : 100 [%]

Average cooling demand : 30.438 [kW] at SHR : 100 [%]

© 1999 - 2001
 Department of
 Mechanical Engineering
 Technical University
 of Denmark
 Version 1.46
 TOOL A.9

Figura # 29. Cálculo de Carga Térmica por medio de Coolpack v1.46.

Anexo 2. Fichas Técnicas

Compresor Copeland Discus 3DS3F46KE-TFC

Datos Técnicos

HCFC, R-22, 60 Hz, 3 -phase, 208/230 V

Low Temperature

Performance

Evaporator Temp. (°F) -25 -40

Condensing Temp. (°F) 105 105

Return Gas Temp. (°F) 65 65

Liquid Temp. (°F) 105 105

Capacity (Btu/hr) 37500 21200

Power (W): 7450 5950

EER (Btu/Wh): 5.00 3.60

Mass Flow (lbs/hr): 500 283

Current (Amps): 24.35 21.05

Sound Data

Sound Power (dBA): NA

Vibration (mils(peak-peak)): 4.8

Record Date: 2007-06-08



Figura # 30. Datos Técnicos Compresor. Marca Copeland.

Fuente: Manual Copeland.

High Efficiency H-Series Condensing Units

HDSD Copeland Discus Compressors - Low Temp R-507A

Low Temperature - R-507A Specifications

| Condensing Unit Model | Compressor | Condenser / Unit Size | Outdoor AWEF | 208/3/60 | | | | 460/3/60 | | | | LIQ OD IN | SUCTION IN | DEFAULT RECEIVER | Indoor Model | Indoor AWEF |
|-----------------------|------------|-----------------------|--------------|----------|---------|------|------|----------|---------|------|------|-----------|------------|------------------|------------------|-------------|
| | | | | COMP RLA | FAN RLA | MCA | MOPD | COMP RLA | FAN RLA | MCA | MOPD | | | | | |
| HDSD-0300LP#B#-D | 2DF3F16KE | B / Medium | 3.15 | 14.4 | 1.2 | 22.2 | 35 | 7.1 | 0.7 | 11.1 | 15 | 1/2 | 1-3/8 | C - 21.4 LBS | HESD-0300LP#B#-D | 2.40 |
| HDSD-0300LP#D#-D | 2DF3F16KE | D / Medium | 3.15 | 14.4 | 2.1 | 23.1 | 35 | 7.1 | 1.3 | 11.7 | 15 | 1/2 | 1-3/8 | E - 53.9 LBS | HESD-0300LP#D#-D | 2.40 |
| HDSD-0400LP#B#-D | 2DL3F20KE | B / Medium | 3.15 | 23.6 | 1.2 | 33.7 | 50 | 9.2 | 0.7 | 13.7 | 20 | 5/8 | 1-3/8 | C - 21.4 LBS | HESD-0400LP#B#-D | 2.40 |
| HDSD-0400LP#D#-D | 2DL3F20KE | D / Medium | 3.15 | 23.6 | 2.1 | 34.6 | 50 | 9.2 | 1.3 | 14.3 | 20 | 5/8 | 1-3/8 | E - 53.9 LBS | HESD-0400LP#D#-D | 2.40 |
| HDSD-0600LP#B#-D | 2DB3F25KE | B / Medium | 3.15 | 25.3 | 1.2 | 35.8 | 60 | 11.9 | 0.7 | 17.1 | 25 | 5/8 | 1-3/8 | C - 21.4 LBS | HESD-0600LP#B#-D | 2.40 |
| HDSD-0600LP#D#-D | 2DB3F25KE | D / Medium | 3.15 | 25.3 | 2.1 | 36.7 | 60 | 11.9 | 1.3 | 17.7 | 25 | 5/8 | 1-3/8 | E - 53.9 LBS | HESD-0600LP#D#-D | 2.40 |
| HDSD-0601LP#B#-D | 3DA3F28KE | B / Medium | 3.15 | 24.0 | 1.2 | 34.2 | 50 | 10.8 | 0.7 | 15.7 | 25 | 5/8 | 1-3/8 | C - 21.4 LBS | HESD-0601LP#B#-A | n/a |
| HDSD-0601LP#D#-D | 3DA3F28KE | D / Medium | 3.15 | 24.0 | 2.1 | 35.1 | 50 | 10.8 | 1.3 | 16.3 | 25 | 5/8 | 1-3/8 | E - 53.9 LBS | HESD-0601LP#D#-D | 2.40 |
| HDSD-0750LP#D#-D | 3DB3F33KE | D / Medium | 3.15 | 27.6 | 2.1 | 39.6 | 60 | 14.1 | 1.3 | 20.4 | 30 | 5/8 | 1-3/8 | E - 53.9 LBS | HESD-0750LP#D#-D | 2.40 |
| HDSD-0750LP#F#-D | 3DB3F33KE | F / Large | 3.15 | 27.6 | 3.2 | 40.7 | 60 | 14.1 | 1.9 | 21.0 | 35 | 5/8 | 1-3/8 | F - 82.3 LBS | HESD-0750LP#F#-D | 2.40 |
| HDSD-0900LP#F#-D | 3DF3F40KE | F / Large | 3.15 | 33.2 | 3.2 | 47.7 | 80 | 15.0 | 1.9 | 22.2 | 35 | 5/8 | 1-3/8 | F - 82.3 LBS | HESD-0900LP#F#-D | 2.40 |
| HDSD-0900LP#H#-D | 3DF3F40KE | J / X-Large | 3.15 | 33.2 | 4.2 | 48.7 | 80 | 15.0 | 2.5 | 22.8 | 35 | 5/8 | 1-3/8 | H - 100.1 LBS | HESD-0900LP#H#-D | 2.40 |
| HDSD-1000LP#F#-D | 3DS3F46KE | F / Large | 3.15 | 37.2 | 3.2 | 52.7 | 80 | 16.7 | 1.9 | 24.3 | 40 | 5/8 | 1-3/8 | F - 82.3 LBS | HESD-1000LP#F#-D | 2.40 |
| HDSD-1000LP#H#-D | 3DS3F46KE | J / X-Large | 3.15 | 37.2 | 4.2 | 53.7 | 90 | 16.7 | 2.5 | 24.9 | 40 | 5/8 | 1-3/8 | H - 100.1 LBS | HESD-1000LP#H#-D | 2.40 |
| HDSD-1500LP#H#-D | 4DHN63KE | J / X-Large | 3.15 | 47.2 | 4.2 | 66.2 | 110 | 23.6 | 2.5 | 33.5 | 50 | 7/8 | 1-5/8 | H - 100.1 LBS | HESD-1500LP#H#-D | 2.40 |
| HDSD-2200LP#F#-A | 4DJNF76KE | F / Large | n/a | 57.7 | 3.2 | 78.3 | 125 | 28.8 | 1.9 | 39.4 | 60 | 7/8 | 2-1/8 | F - 82.3 LBS | HESD-2200LP#F#-A | n/a |
| HDSD-2200LP#H#-D | 4DJNF76KE | J / X-Large | 3.15 | 57.7 | 4.2 | 79.3 | 125 | 28.8 | 2.5 | 40.0 | 60 | 7/8 | 2-1/8 | H - 100.1 LBS | HESD-2200LP#H#-D | 2.40 |

Low Temperature - R-507A Performance

| Condensing Unit Model | Compressor | Condenser / Unit Size | 95°F Ambient Temperature | | | | | | | | |
|-----------------------|------------|-----------------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | | -40 | -35 | -30 | -25 | -20 | -15 | -10 | -5 | 0 |
| HDSD-0300LP#B#-D | 2DF3F16KE | B / Medium | 10,050 | 11,930 | 13,950 | 16,100 | 18,390 | 20,790 | 23,300 | 25,900 | 28,580 |
| HDSD-0300LP#D#-D | 2DF3F16KE | D / Medium | 10,690 | 12,690 | 14,880 | 17,250 | 19,790 | 22,520 | 25,430 | 28,500 | 31,750 |
| HDSD-0400LP#B#-D | 2DL3F20KE | B / Medium | 11,700 | 13,780 | 15,980 | 18,310 | 20,760 | 23,320 | 25,990 | 28,760 | 31,620 |
| HDSD-0400LP#D#-D | 2DL3F20KE | D / Medium | 12,450 | 14,720 | 17,150 | 19,760 | 22,550 | 25,520 | 28,670 | 32,010 | 35,510 |
| HDSD-0600LP#B#-D | 2DB3F25KE | B / Medium | 14,050 | 16,550 | 19,150 | 21,840 | 24,610 | 27,460 | 30,340 | 33,270 | 36,220 |
| HDSD-0600LP#D#-D | 2DB3F25KE | D / Medium | 15,030 | 17,770 | 20,680 | 23,760 | 27,000 | 30,410 | 33,970 | 37,680 | 41,520 |
| HDSD-0601LP#B#-D | 3DA3F28KE | B / Medium | 15,910 | 18,420 | 21,090 | 23,890 | 26,790 | 29,770 | 32,800 | 35,850 | n/a |
| HDSD-0601LP#D#-D | 3DA3F28KE | D / Medium | 17,330 | 20,120 | 23,140 | 26,380 | 29,830 | 33,450 | 37,240 | 41,180 | 45,230 |
| HDSD-0750LP#D#-D | 3DB3F33KE | D / Medium | 20,040 | 23,380 | 26,870 | 30,520 | 34,320 | 38,270 | 42,360 | 46,580 | 50,920 |
| HDSD-0750LP#F#-D | 3DB3F33KE | F / Large | 21,960 | 25,670 | 29,640 | 33,890 | 38,460 | 43,360 | 48,630 | 54,270 | 60,290 |
| HDSD-0900LP#F#-D | 3DF3F40KE | F / Large | 26,300 | 30,640 | 35,350 | 40,440 | 45,910 | 51,770 | 58,020 | 64,650 | 71,650 |
| HDSD-0900LP#H#-D | 3DF3F40KE | J / X-Large | 26,830 | 31,290 | 36,150 | 41,430 | 47,150 | 53,310 | 59,930 | 67,000 | 74,540 |
| HDSD-1000LP#F#-D | 3DS3F46KE | F / Large | 30,270 | 35,040 | 40,140 | 45,580 | 51,360 | 57,470 | 63,910 | 70,670 | 77,740 |
| HDSD-1000LP#H#-D | 3DS3F46KE | J / X-Large | 30,900 | 35,820 | 41,110 | 46,790 | 52,870 | 59,350 | 66,230 | 73,510 | 81,180 |
| HDSD-1500LP#H#-D | 4DHN63KE | J / X-Large | 38,870 | 45,990 | 53,170 | 60,510 | 68,120 | 76,100 | 84,530 | 93,510 | 103,100 |
| HDSD-2200LP#F#-A | 4DJNF76KE | F / Large | 44,050 | 51,830 | 59,660 | 67,590 | 75,650 | 83,880 | 92,290 | 100,920 | 109,780 |
| HDSD-2200LP#H#-D | 4DJNF76KE | J / X-Large | 46,140 | 54,360 | 62,700 | 71,210 | 79,990 | 88,900 | 98,150 | 107,720 | 117,630 |

Figura # 31. Selección Condensador. Marca KRACK.

Fuente: Manual KRACK.



Propiedades físicas

| PROPIEDADES FÍSICAS | UNIDADES | R-507 |
|---|----------------------|--------------|
| Peso molecular | (g/mol) | 98.9 |
| Temperatura ebullición a (1,013 bar) | (°C) | -46.7 |
| Temperatura crítica | (°C) | 70.9 |
| Presión crítica | (bar abs) | 37.9 |
| Densidad crítica | (Kg/m ³) | 500 |
| Densidad del líquido (25°C) | (Kg/m ³) | 1050 |
| Densidad del líquido (-25°C) | (Kg/m ³) | 1248 |
| Densidad del vapor saturado (a 1,013 bar) | (Kg/m ³) | 5.5 |
| Deslizamiento temperatura de ebullición (a 1,013 bar) | (K) | 0 |
| Presión del vapor (25°C) | (bar abs) | 12.74 |
| Presión del vapor (-25°C) | (bar abs) | 2.58 |
| Calor latente de vaporización a punto de ebullición | (KJ/Kg) | 200 |
| Calor específico del líquido (25°C) | (KJ/Kg K) | 1,65 |
| Calor específico del vapor (25°C) (1,013 bar) | (KJ/Kg K) | 0,87 |
| Conductibilidad térmica del líquido (25°C) | (W/mK) | 0.063 |
| Conductibilidad térmica del vapor (1,013 bar) | (W/mK) | 0.0141 |
| Solubilidad con el agua (25°C) | (ppm) | despreciable |
| Límite de inflamabilidad (25°C) | (%vol.) | Ninguno |
| Toxicidad (AEL) | (ppm) | 1000 |
| ODP | | 0 |
| PCA (GWP) | | 3985 |

* De acuerdo con IPPCC-AR4/CIE (Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático)-2007

Las propiedades termodinámicas del R-507 son muy similares a las del R-502, esto queda evidenciado en el siguiente ejemplo:

Las condiciones operativas simulan un ciclo real a baja temperatura, típico de la refrigeración comercial.

1. Temperatura a la entrada del Evaporador: -40°C
2. Temperatura a la entrada del Condensador: 45°C
3. Succión vapor sobrecalentado: 40°C
4. Líquido sobrenfriado: 5°C

Figura # 32. Características Generales Refrigerante R-507.

Fuente: GAS SERVEL.

MK/MV Series Unit Coolers

Hot Gas Defrost Medium Profile

| GAS DEFOST | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|-------------|------------------|-------------|---------------------------------------|-----------|------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|---------------------------|---------------|----------------|-----------------|-----------|--------------|----------------|
| MODEL | AWEF by Refrigerant, Motor, and Application (1) | | | | | | | | CAPACITY (BTUH) @ 10° TD -20°F EVAP | CAPACITY (BTUH) @ 10° TD +20°F EVAP | AIR FLOW (CFM) | Refrigeration Connections | | Ref Charge LBS | DIMENSIONS (IN) | | | SHIP WGT (LBS) |
| | [G] Glide, [Q] R-407A, [F] R-407F, [T] R-448A, [R] R-449A | | | | [N] Non-Glide, [S] R-404A, [P] R-507A | | | | | | | LIQ | SUCT | | L | W | H | |
| | {D}ual Speed | | {V}ariable Speed | | {D}ual Speed | | {V}ariable Speed | | | | | | | | | | | |
| MK*16()-103[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 10,300 | 11,800 | 2,815 | 1/2" | 1-1/8" | 3 | 38 | 19 | 26.75 | 125 |
| MK*16()-127[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 12,700 | 14,500 | 2,725 | 1/2" | 1-1/8" | 4 | 38 | 19 | 26.75 | 130 |
| MK*26()-206[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 20,600 | 23,600 | 5,630 | 5/8" | 1-5/8" | 5 | 63 | 19 | 26.75 | 225 |
| MK*26()-254[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 25,400 | 29,000 | 5,450 | 5/8" | 1-5/8" | 6 | 63 | 19 | 26.75 | 240 |
| MK*36()-309[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 30,900 | 35,400 | 8,445 | 7/8" | 1-5/8" | 7 | 92 | 19 | 26.75 | 330 |
| MK*36()-381[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 38,100 | 43,500 | 8,175 | 7/8" | 2-1/8" | 8 | 92 | 19 | 26.75 | 350 |
| MK*46()-508[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 50,800 | 58,000 | 10,900 | 7/8" | 2-1/8" | 11 | 119 | 19 | 26.75 | 470 |
| MK*14()-082[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 8,200 | 9,400 | 3,060 | 1/2" | 1-1/8" | 3 | 38 | 19 | 26.75 | 125 |
| MK*14()-105[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 10,500 | 12,100 | 2,960 | 1/2" | 1-1/8" | 4 | 38 | 19 | 26.75 | 130 |
| MK*24()-164[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 16,400 | 18,800 | 6,120 | 5/8" | 1-5/8" | 5 | 63 | 19 | 26.75 | 225 |
| MK*24()-210[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 21,000 | 24,200 | 5,920 | 5/8" | 1-5/8" | 6 | 63 | 19 | 26.75 | 240 |
| MK*34()-246[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 24,600 | 28,200 | 9,180 | 7/8" | 1-5/8" | 7 | 92 | 19 | 26.75 | 330 |
| MK*34()-315[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 31,500 | 36,300 | 8,880 | 7/8" | 2-1/8" | 8 | 92 | 19 | 26.75 | 350 |
| MK*44()-420[]() | 4.15 | 9.00 | 4.15 | 9.00 | NA | NA | 4.15 | 9.00 | 42,000 | 48,400 | 11,840 | 7/8" | 2-1/8" | 11 | 119 | 19 | 26.75 | 470 |

1) See IOM manual for classification of other refrigerants as "G" glide or the "N" non-glide refrigerant groups.
 * For motor code and refrigerant, use D when AWEF rating is shown and A for non-regulated applications or where AWEF is NA.
 [] Gas defrost type K, H, G or P. See definition to the right. [] Location for the refrigerant letter code.
 () Variable Speed EC motor is standard, include V for variable speed control or D when two speed control from 10 V signal will be applied.

Available Gas Defrost Types
 [H] - HGE 3 Pipe Hot Gas with Electric Pan Heat. No defrost termination or fan delay.
 [G] - HGG 3 Pipe Hot Gas with Gas Pan Heat. No defrost termination or fan delay.
 [P] - KGE 2 Pipe Kool Gas with Electric Pan Heat.
 [K] - KGG 2 Pipe Kool Gas with Gas Pan Heat.

EXAMPLE FULL MODEL:
 MKD36P-3090DAA is for DOE/NRCan application with R-407A, two speed EC motor and includes the additional letters AA for 208/1/60 fan power and pan heater.

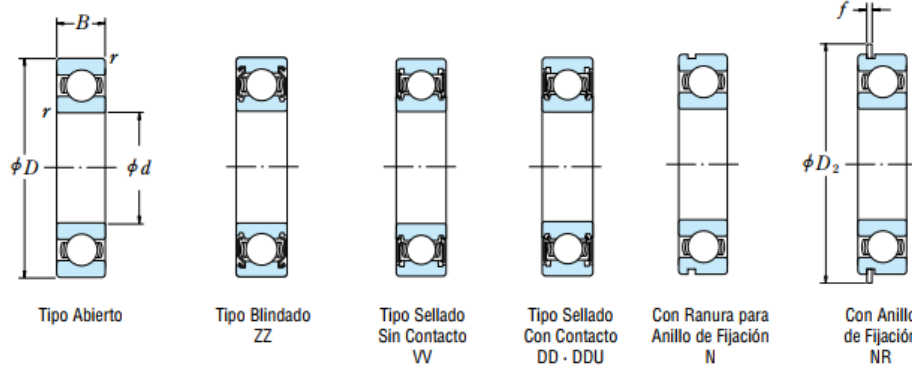
Figura # 33. Selección Evaporador. Marca KRACK.

Fuente: Manual KRACK.

Anexo 3. Selección de Cojinete según manual NSK.

RODAMIENTOS DE BOLAS DE RANURA PROFUNDA DE UNA SOLA HILERA

Diámetro Interior 50~75 mm



| Dimensiones (mm) | Índices de Carga Básica (N) | | | | Factor f_0 | Velocidad Límite (rpm) | | | Números de Rodamiento | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|-----|-----|----------|--------------|------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|--------|---------|----------|---------|----|----|-----|
| | d | D | B | r mín. | | C_r | C_{0r} | Grasa | | Aceite | Abierto | Blindado | Sellado | | | |
| | | | | | | | | Abierto Z · ZZ V · VV | DU DDU | | | | | | | |
| 50 | 65 | 7 | 0.3 | | 6 400 | 6 200 | 655 | 635 | 17.2 | 9 500 | 5 300 | 11 000 | 6810 | ZZ | VV | DDU |
| | 72 | 12 | 0.6 | | 14 500 | 11 700 | 1 480 | 1 200 | 16.1 | 9 000 | 5 300 | 11 000 | 6910 | ZZ | VV | DDU |
| | 80 | 10 | 0.6 | | 15 400 | 12 400 | 1 570 | 1 260 | 16.1 | 8 500 | — | 10 000 | 16010 | — | — | — |
| | 80 | 16 | 1 | | 21 800 | 16 600 | 2 220 | 1 700 | 15.6 | 8 500 | 4 800 | 10 000 | 6010 | ZZ | VV | DDU |
| | 90 | 20 | 1.1 | | 35 000 | 23 200 | 3 600 | 2 370 | 14.4 | 7 100 | 4 800 | 8 500 | 6210 | ZZ | VV | DDU |
| | 110 | 27 | 2 | | 62 000 | 38 500 | 6 300 | 3 900 | 13.2 | 6 000 | 4 300 | 7 500 | 6310 | ZZ | VV | DDU |
| 55 | 72 | 9 | 0.3 | | 8 800 | 8 500 | 900 | 865 | 17.0 | 8 500 | 4 800 | 10 000 | 6811 | ZZ | VV | DDU |
| | 80 | 13 | 1 | | 16 000 | 13 300 | 1 630 | 1 350 | 16.2 | 8 000 | 4 500 | 9 500 | 6911 | ZZ | VV | DDU |
| | 90 | 11 | 0.6 | | 19 400 | 16 300 | 1 980 | 1 660 | 16.2 | 7 500 | — | 9 000 | 16011 | — | — | — |
| | 90 | 18 | 1.1 | | 28 300 | 21 200 | 2 880 | 2 170 | 15.3 | 7 500 | 4 500 | 9 000 | 6011 | ZZ | VV | DDU |
| | 100 | 21 | 1.5 | | 43 500 | 29 300 | 4 450 | 2 980 | 14.3 | 6 300 | 4 300 | 7 500 | 6211 | ZZ | VV | DDU |
| | 120 | 29 | 2 | | 71 500 | 44 500 | 7 300 | 4 550 | 13.1 | 5 600 | 4 000 | 6 700 | 6311 | ZZ | VV | DDU |
| 60 | 78 | 10 | 0.3 | | 11 500 | 10 900 | 1 170 | 1 120 | 16.9 | 8 000 | 4 500 | 9 500 | 6812 | ZZ | VV | DD |
| | 85 | 13 | 1 | | 19 400 | 16 300 | 1 980 | 1 660 | 16.2 | 7 500 | 4 300 | 9 000 | 6912 | ZZ | VV | DDU |
| | 95 | 11 | 0.6 | | 20 000 | 17 500 | 2 040 | 1 780 | 16.3 | 7 100 | — | 8 500 | 16012 | — | — | — |
| | 95 | 18 | 1.1 | | 29 500 | 23 200 | 3 000 | 2 370 | 15.6 | 7 100 | 4 000 | 8 500 | 6012 | ZZ | VV | DDU |
| | 110 | 22 | 1.5 | | 52 500 | 36 000 | 5 350 | 3 700 | 14.3 | 5 600 | 3 800 | 7 100 | 6212 | ZZ | VV | DDU |
| | 130 | 31 | 2.1 | | 82 000 | 52 000 | 8 350 | 5 300 | 13.1 | 5 300 | 3 600 | 6 300 | 6312 | ZZ | VV | DDU |
| 65 | 85 | 10 | 0.6 | | 11 900 | 12 100 | 1 220 | 1 230 | 17.0 | 7 500 | 4 000 | 8 500 | 6813 | ZZ | VV | DD |
| | 90 | 13 | 1 | | 17 400 | 16 100 | 1 770 | 1 640 | 16.6 | 7 100 | 4 000 | 8 500 | 6913 | ZZ | VV | DDU |
| | 100 | 11 | 0.6 | | 20 500 | 18 700 | 2 090 | 1 910 | 16.5 | 6 700 | — | 8 000 | 16013 | — | — | — |
| | 100 | 18 | 1.1 | | 30 500 | 25 200 | 3 100 | 2 570 | 15.8 | 6 700 | 4 000 | 8 000 | 6013 | ZZ | VV | DDU |
| | 120 | 23 | 1.5 | | 57 500 | 40 000 | 5 850 | 4 100 | 14.4 | 5 300 | 3 600 | 6 300 | 6213 | ZZ | VV | DDU |
| | 140 | 33 | 2.1 | | 92 500 | 60 000 | 9 450 | 6 100 | 13.2 | 4 800 | 3 400 | 6 000 | 6313 | ZZ | VV | DDU |
| 70 | 90 | 10 | 0.6 | | 12 100 | 12 700 | 1 230 | 1 300 | 17.2 | 6 700 | 3 800 | 8 000 | 6814 | ZZ | VV | DD |
| | 100 | 16 | 1 | | 23 700 | 21 200 | 2 420 | 2 160 | 16.3 | 6 300 | 3 600 | 7 500 | 6914 | ZZ | VV | DDU |
| | 110 | 13 | 0.6 | | 26 800 | 23 600 | 2 730 | 2 410 | 16.3 | 6 000 | — | 7 100 | 16014 | — | — | — |
| | 110 | 20 | 1.1 | | 38 000 | 31 000 | 3 900 | 3 150 | 15.6 | 6 000 | 3 600 | 7 100 | 6014 | ZZ | VV | DDU |
| | 125 | 24 | 1.5 | | 62 000 | 44 000 | 6 350 | 4 500 | 14.5 | 5 000 | 3 400 | 6 300 | 6214 | ZZ | VV | DDU |
| | 150 | 35 | 2.1 | | 104 000 | 68 000 | 10 600 | 6 950 | 13.2 | 4 500 | 3 200 | 5 300 | 6314 | ZZ | VV | DDU |
| 75 | 95 | 10 | 0.6 | | 12 500 | 13 900 | 1 280 | 1 410 | 17.3 | 6 300 | 3 600 | 7 500 | 6815 | ZZ | VV | DDU |
| | 105 | 16 | 1 | | 24 400 | 22 600 | 2 480 | 2 300 | 16.5 | 6 000 | 3 400 | 7 100 | 6915 | ZZ | VV | DDU |
| | 115 | 13 | 0.6 | | 27 600 | 25 300 | 2 820 | 2 580 | 16.4 | 5 600 | — | 6 700 | 16015 | — | — | — |
| | 115 | 20 | 1.1 | | 39 500 | 33 500 | 4 050 | 3 400 | 15.8 | 5 600 | 3 400 | 6 700 | 6015 | ZZ | VV | DDU |
| | 130 | 25 | 1.5 | | 66 000 | 49 500 | 6 750 | 5 050 | 14.7 | 4 800 | 3 200 | 5 600 | 6215 | ZZ | VV | DDU |
| | 160 | 37 | 2.1 | | 113 000 | 77 000 | 11 600 | 7 850 | 13.2 | 4 300 | 2 800 | 5 000 | 6315 | ZZ | VV | DDU |

Notas (1) Para tolerancias dimensionales de las ranuras y de los anillos de fijación, consulte las Páginas A50 a A53.
 (2) Cuando se aplican cargas axiales pesadas, aumente d_a y disminuya D_a respecto a los valores indicados.

B 12

Figura # 34. Ficha de selección cojinete.

Fuente: Manual NSK.

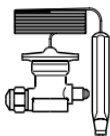
Anexo 4. Selección Válvulas



Folleto técnico

Válvulas de expansión termostáticas, tipo TE 5 - TE 55

Pedidos
(continuación)



Elemento termostático

R404A/R507

| Tip de válvula | Igualación de presión | Tubo capilar | Código | | | | | |
|----------------|-----------------------|--------------|-----------------------|-----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------|
| | | | Gama N -40 a +10°C | | Gama NM -40 a -5°C | Gama NL -40 a -15°C | Gama B -60 a -25°C | |
| | | | SinMOP | MOP +15°C | MOP 0°C | MOP -10°C | SinMOP | MOP -20°C |
| TES 5 | Ext. 1) | 3 | 067B3342 | | 067B3357 | 067B3358 | 067B3344 | 067B3343 |
| TES 12 | Ext. 2) | 3 | 067B3347 | | 067B3345 | 067B3348 | | 067B3349 |
| TES 12 | Ext. 2) | 5 | 067B3346 | | | | | 067B3350 |
| TES 20 | Ext. 2) | 3 | 067B3352 | | 067B3351 | 067B3353 | | 067B3354 |
| TES 20 | Ext. 2) | 5 | 067B3356 | | | | | 067B3355 |
| TES 55 | Ext. 2) | 3 | 067G3302 | | 067G3303 | 067G3304 | | 067G3305 |
| TES 55 | Ext. 2) | 5 | 067G3301 | | | | | 067G3306 |

1) Si se solicita, Danfoss puede suministrar conexión de igualación de presión con conector soldar cobre.

2) Accesorio: adaptador soldar cobre para TE 12, TE 20 y TE 55. Código 068B0170.

Conjunto de orificio

| Tipo de válvula | Capacidad nominal gama N: -40 a 10°C kW | Capacidad nominal gama B: -60 a -25°C kW | Orificio | Código |
|-----------------|---|--|----------|----------|
| TES 5-3.7 | 13.0 | 8.0 | 01 | 067B2089 |
| TES 5-5.0 | 17.6 | 11.2 | 02 | 067B2090 |
| TES 5-7.2 | 25.3 | 16.6 | 03 | 067B2091 |
| TES 5-10.3 | 36.2 | 23.7 | 04 | 067B2092 |
| TES12-4.2 | 14.8 | 11.6 | 01 | 067B2005 |
| TES 12-6.8 | 23.9 | 18.9 | 02 | 067B2006 |
| TES 12-10.0 | 35.2 | 27.7 | 03 | 067B2007 |
| TES 12-13.4 | 47.1 | 37.5 | 04 | 067B2008 |
| TES 20-16.5 | 59.0 | 41.0 | 01 | 067B2175 |
| TES 55-37.0 | 130.0 | 95.0 | 01 | 067G2011 |
| TES 55-56.0 | 197.0 | 144.0 | 02 | 067G2012 |

La capacidad nominal está basada en:

Temperatura de evaporación

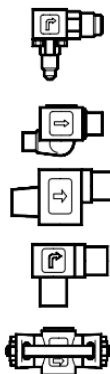
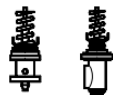
t_e = +5°C para gama N y t_e = -30°C para gama B.

Temperatura de condensación

t_c = +32°C

Temperatura del refrigerante antes de la válvula

t_i = +28°C



Cuerpo de válvula

| Tipo | Orificio | Conexión Entrada x Salida | | Código | | | |
|-------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | in. | mm | Abocardar angular | Soldar cobre angular | Soldar cobre recta | Soldar cobre bridas |
| TE 5 | 01 - 03 03 04 | 1/2 x 5/8 1/2 x 7/8 5/8 x 7/8 | | 067B4013 | 067B4009 067B4010 067B4011 | 067B4007 067B4008 | |
| TE 5 | 01- 03 03 04 | | 12 x 16 12 x 22 16 x 22 | 067B4013 | 067B4004 067B4005 067B4012 | 067B4002 067B4003 | |
| TE 12 | 01 - 02 03 - 04 03 - 04 | 5/8 x 7/8 7/8 x 1 7/8 x 1 1/8 | | | 067B4022 1) 067B4023 2) | 067B4020 1) 067B4021 2) | 067B4025 1) 067B4026 1) |
| TE 12 | 01 - 02 03 - 04 03 - 04 | | 16 x 22 22 x 25 22 x 28 | | 067B4017 2) | 067B4018 1) 067B4016 2) | 067B4027 1) 067B4015 1) |
| TE 20 | 01 01 | 7/8 x 1 1/8 | 22 x 28 | | 067B4023 2) 067B4017 2) | 067B4021 2) 067B4016 2) | |
| TE 55 | 01- 02 01- 02 | 1 1/8 x 1 3/8 | 28 x 35 | | 067G4004 3) 067G4002 3) | 067G4003 3) 067G4001 3) | |

1) ODF x ODF

2) ODF x ODM

3) ODM x ODM

ODF = Diámetro interno

ODM = Diámetro externo

Figura # 35. Boletín Selección Válvula expansión Termostática.

Fuente: Manual Danfoss.

Anexo 5. Selección Visor, Válvula Solenoide y Filtro Deshidratador.

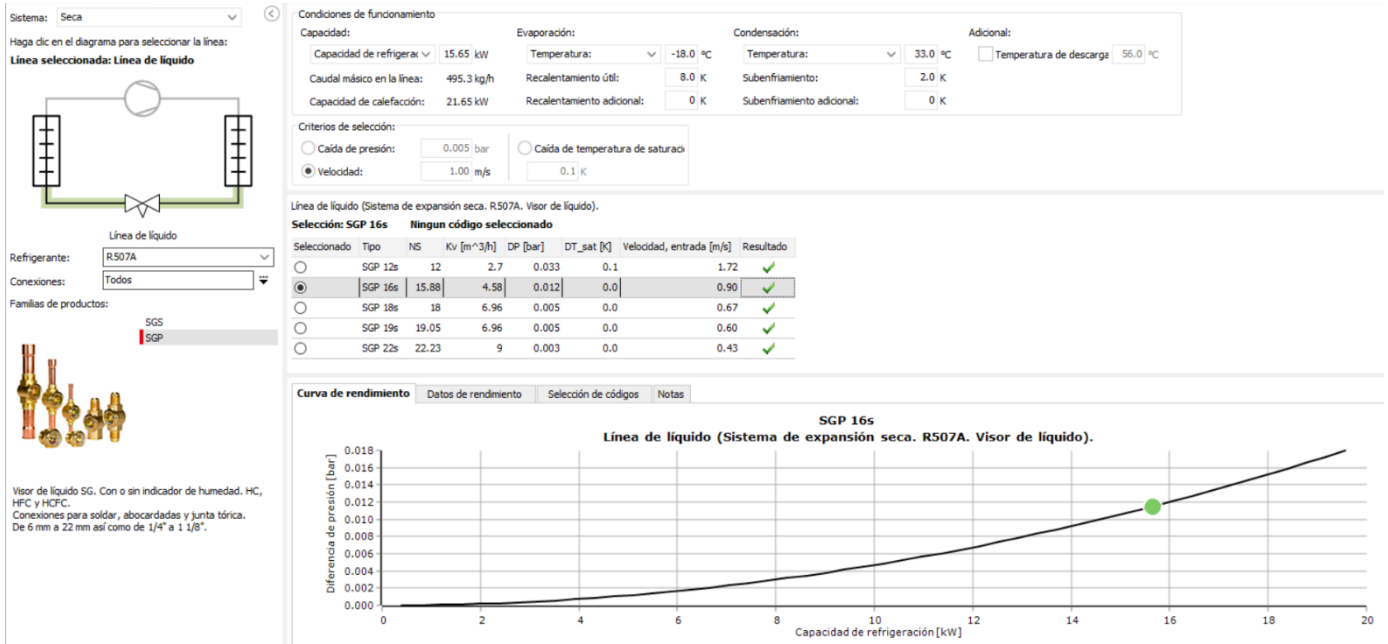


Figura # 36. Selección Visor.

Fuente: Programa CoolSelector, Danfoss.

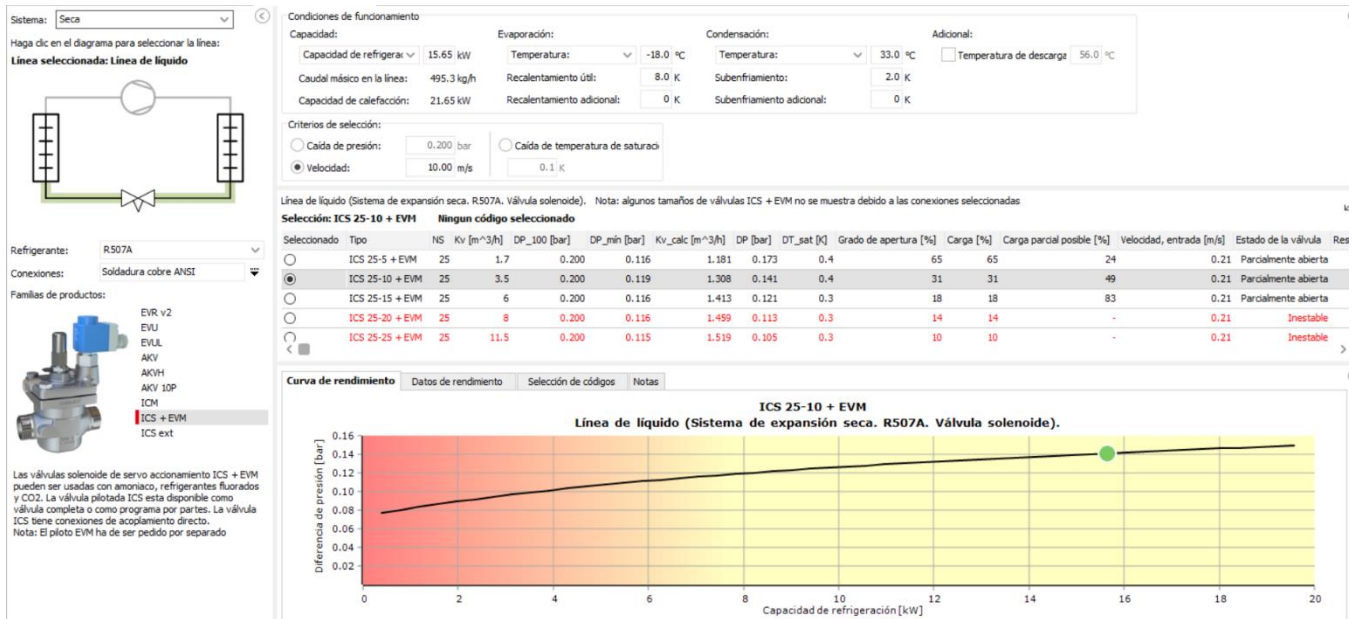
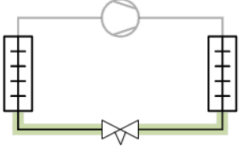


Figura # 37. Selección Válvula Solenoide.

Fuente: Programa CoolSelector, Danfoss.

Sistema: **Seca**

Haga clic en el diagrama para seleccionar la línea:
Línea seleccionada: Línea de líquido



Refrigerante: **R507A**

Conexiones: **Soldadura cobre ANSI**

Familias de productos:

- DCL
- DML
- DCR-DC
- DCR-DM
- DCC
- DMC
- DCB**
- DMB

Secador de filtro de doble flujo con válvulas de retención integradas, asegurando el flujo desde el lado exterior del núcleo del filtro hacia el centro. DCB está optimizado para sistemas con altas temperaturas de condensación que requieren una alta capacidad de secado. 80% Tamiz molecular. 20% de óxido de alúmina activada.

Condiciones de funcionamiento

Capacidad: Capacidad de refrigerar: 15.65 kW Evaporación: Temperatura: -18.0 °C Condensación: Temperatura: 33.0 °C Adicional: Temperatura de descarga: 56.0 °C

Caudal másico en la línea: 495.3 kg/h Recalentamiento útil: 8.0 K Subenfriamiento: 2.0 K

Capacidad de calefacción: 21.65 kW Recalentamiento adicional: 0 K Subenfriamiento adicional: 0 K

Criterios de selección:

Caída de presión: 0.050 bar Caída de temperatura de saturación: 0.1 K

Velocidad: 1.00 m/s

Línea de líquido (Sistema de expansión seca. R507A. Filtro deshidratador).

Selección: DCB 305s Actualmente no hay códigos disponibles. Por favor, póngase en contacto con Danfoss

| Seleccionado | Tipo | NS | Kv [m ³ /h] | DP [bar] | DT_sat [K] | Velocidad, entrada [m/s] | Capacidad de secado a 24.0 °C [kg] | Capacidad de secado a 52.0 °C [kg] | Resultado |
|----------------------------------|----------|----|------------------------|----------|------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------|
| <input type="radio"/> | DCB 304s | 12 | 1.972 | 0.034 | 0.1 | 1.40 | 35.19 | 31.65 | ✓ |
| <input type="radio"/> | DCB 164s | 12 | 2.002 | 0.032 | 0.1 | 1.40 | 14.51 | 13.05 | ✓ |
| <input checked="" type="radio"/> | DCB 305s | 16 | 2.689 | 0.012 | 0.0 | 0.87 | 35.19 | 31.65 | ✓ |
| <input type="radio"/> | DCB 165s | 16 | 2.754 | 0.011 | 0.0 | 0.87 | 14.51 | 13.05 | ✓ |
| <input type="radio"/> | DCB 307s | 22 | 3.591 | 0.004 | 0.0 | 0.43 | 35.19 | 31.65 | ✓ |

Curva de rendimiento Datos de rendimiento Selección de códigos Notas

DCB 305s
Línea de líquido (Sistema de expansión seca. R507A. Filtro deshidratador).

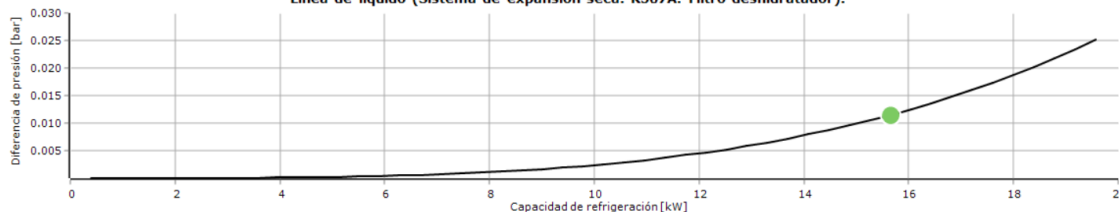


Figura # 38. Selección Filtro Deshidratador.

Fuente: Programa CoolSelector, Danfoss.

Anexo 6. Cotización Tubería Refrigeración

Ventas: (506) 2233-9595

Cotización Fax: (506) 2222-2481



Refrigeración Industrial Beirute S.,A, Ciudad Quesada : 2521-6406
 Cédula jurídica: 3-101-009844-37 Limón: 2758-0012
 Calle 26 y 28 Avenida 4, Costa Rica Liberia: 2666-2565
 San José Herradura: 2521-6400
 Central: +(506) 2521-6464 +(506) Guanacaste - El coco : 2670-1056
 2233-4222 Fax: +(506) 2222-3570
 Depto. de Ingeniería: Aguas Zarcas: 2521-6404
 Tel: +(506)2222-2356 Alajuela: 2440-3740
 Fax: +(506)2222-2329 Perez Zeledón: 2521-6405

Cliente: CRM-76917 THOMAS SALAZAR

Fecha: 09/12/2020

Contacto: TOMAS SALAZAR

Pedido: CRM-202012-354752

Fax:

Hora: 03:53:24

| Código | Descripción | Cantidad | Lista | Descuento | Unidad | Iva | Total |
|------------|---|----------|------------|-----------|------------|-----|------------|
| 091940 | TUBO COBRE RIGIDO TIPO L 2 1/8" TUBO | 1 | 127,100.00 | | 127,100.00 | 13% | 127,100.00 |
| 091920 | TUBO COBRE RIGIDO TIPO L 7/8" TUBO | 1 | 39,000.00 | | 39,000.00 | 13% | 39,000.00 |
| 091930 | TUBO COBRE RIGIDO TIPO L 1 3/8" TUBO | 1 | 67,500.00 | | 67,500.00 | 13% | 67,500.00 |
| Total | | | | | | | 233,600.00 |
| Descuento | | | | | | | |
| Subtotal | | | | | | | 233,600.00 |
| Impuesto | | | | | | | 30,368.00 |
| Envío | | | | | | | 0.00 |
| Gran Total | | | | | | | 263,968.00 |

Por Refrigeración Industrial Beirute
 imena

Nota: Los precios pueden variar en cualquier momento.

Forma de pago: CONTADO

Plazo de entrega: Inmediato

Observaciones:

| | | |
|------------------------------|---|---|
| Banco de Costa Rica | Cta corriente (Colones): 001-0016570-0 IBAN (Colones) CR79015201001001657006 | Cta corriente (Dólares): 001-0264694-3 IBAN (Dólares) CR40015201001026469435 |
| Banco Nacional de Costa Rica | Cta corriente (Colones): 100-01-000-058946-5 IBAN (Colones) CR02015100010010589464 | IBAN (Dólares) CR66015118910020001896 |

Figura # 39. Cotización Tubería Refrigeración.

Fuente: Beirute.

OTMT Montacargas Manual Hidráulico para 400 kg

Ventajas:

- Ideal para elevación y transportación de una gran variedad de cargas.
- Elevación por medio del palanca de bombeo.
- Liberación de carga sensitiva.
- Construcción robusta de Acero.
- Cuchillas ajustables.

Especificaciones:

- Capacidad: 400 Kg (880 lbs)
- Largo de las cuchillas 25 1/2"
- Ancho Cuchillas 9 1/4"-19 3/4"
- Ancho: 23 1/4"

| ALTURA MÁXIMA | MÁX. ALTURA DE CUCHILLAS | MÍN. ALTURA DE CUCHILLAS | PESO | NO. DE MODELO | NO. DE CATÁLOGO | PRECIO UNIT. |
|---------------|--------------------------|--------------------------|-------|---------------|----------------------------|--------------|
| 1.06 m | 33 1/2" | 3 5/16" | 70 Kg | PJ4085A | 61-001-323 | \$1,376.44 |
| 1.70 m | 59" | 3 5/16" | 82 kg | PJ4150A | 99-000-739 | 1,393.93 |



Figura # 40. Catálogo Fabricante.

Fuente: Fabricante.

8. APÉNDICES.

Apéndice 1. Hoja de Cálculo Carga Térmica

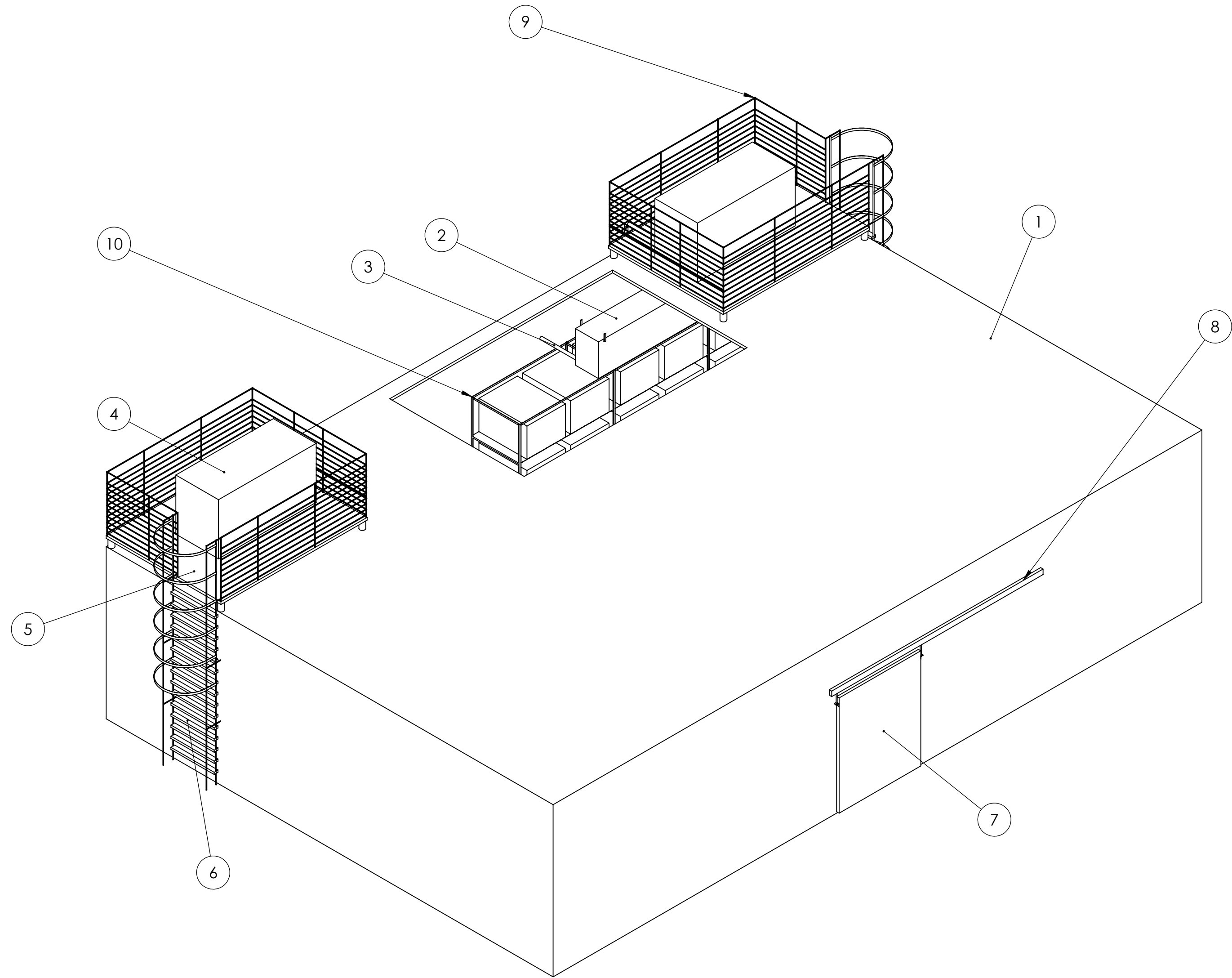
| Cámara | Aplicación | Temperatura (°C) | Masa del Producto (kg) | Tiempo de Enfriamiento (horas) | Personas | Equipos |
|----------------------|-------------------------------------|------------------|------------------------|--------------------------------|-------------|-------------------------------------|
| Cámara | Media | -18 | 5000 | 18 | 0 | Ninguno |
| Formulas | | | | | | |
| 1 | Carga por Transmisión | | | | | |
| Norte | 25,64 | | | | 321,5512667 | |
| Sur | 24,8 | | | | 590,6616 | |
| Este | 41,87 | | | | 937,21779 | |
| Oeste | 41,87 | | | | 937,21779 | |
| Piso | 125,55 | | | | 1129,95 | |
| Cielo | 125,55 | | | | 2990,22435 | |
| | | | | | | Qestructura Total 7.02682 kW |
| hi | 9,07 | | | | | |
| ho | 9,07 | | | | | |
| x | 0,1 | | | | | |
| k | 0,026 | | | | | |
| | | | | | | Formula 0.246 |
| 2 | Carga Producto | | | | | |
| m (kg) | 5000 | | | | | |
| C1 (Kj/(kg*K)) | 2,33 | | | | | |
| t1 (°C) | 8 | | | | | |
| t2 (°C) | -2 | | | | | |
| | | | | | | Formula 116500 kJ |
| hr (kJ/kg) | 245 | | | | | |
| m (kg) | 5000 | | | | | |
| | | | | | | Formula 1225000 kJ |
| | | | | | | Qtotal(Producto) 19.725 kW |
| c2 (Kj/(kg*K)) | 3,52 | | | | | |
| t2 (°C) | -2 | | | | | |
| t3 (°C) | -18 | | | | | |
| | | | | | | Formula 281600 kJ |
| 3 | Carga Interna | | | | | |
| t (°C) | -18 | | | | | |
| | | | | | | Formula 380 W |
| | | | | | | 0.38 kW |
| Iluminación | 1355,94 | | | | | |
| Motores (No hay) | | | | | | |
| | | | | | | 1.35594 kW |
| 4 | Carga por Filtración de Aire | | | | | |
| Dt | 0,014236111 | | | | | |
| Df | 1 | | | | | |
| E | 0,95 | | | | | |
| q | 7,323087921 | | | | | |
| | | | | | | Formula 0.00521 kW |
| | | | | | | Carga por Filtración |
| W | 0,1 | | | | | |
| H | 2 | | | | | |
| Qs | 35 | | | | | |
| Rs | 0,78 | | | | | |
| | | | | | | Formula 7.323087921 |
| P | 1 | | | | | |
| ep (s) | 15 | | | | | |
| ed (h) | 12 | | | | | |
| eo (min) | 10 | | | | | |
| | | | | | | Formula 0.014236111 |
| 5 | Factor de Seguridad | | | | | |
| 10 | | | | | | % |
| Q total | | | 28.49 | | KW | |
| Q total (10%) | | | 31.342 | | KW | |
| Q total (TR) | | | 8.912072905 | | TR | |

Figura # 41. Hoja de Cálculo Cámara Frigorífica.

Fuente: Elaboración Propia

Apéndice 2. Planos Constructivos Cámara Frigorífica

| Form. | Pos. | Designación | Denominación | Cant. | Observación |
|-------|------|---------------|-------------------------|-------|-------------|
| | | | <u>Documentación</u> | | |
| A2 | | PP00.01.00.00 | Isométrico | | |
| | | | <u>Piezas</u> | | |
| A2 | 1 | PP00.01.00.01 | Contenedor | 1 | |
| A2 | 2 | PP00.01.00.02 | Evaporador | 2 | |
| A2 | 3 | PP00.01.00.03 | Tubería | 4 | |
| A2 | 4 | PP00.01.00.04 | Condensador | 2 | |
| A2 | 5 | PP00.01.00.05 | Lámina Soporte Cond. | 2 | |
| A2 | 6 | PP00.01.00.06 | Escalera | 2 | |
| A2 | 7 | PP00.01.00.07 | Puerta | 1 | |
| A2 | 8 | PP00.01.00.08 | Riel Puerta | 1 | |
| A2 | 9 | PP00.01.00.09 | Canasta Seguridad Cond. | 2 | |
| A2 | 10 | PP00.01.00.10 | Estante | 8 | |



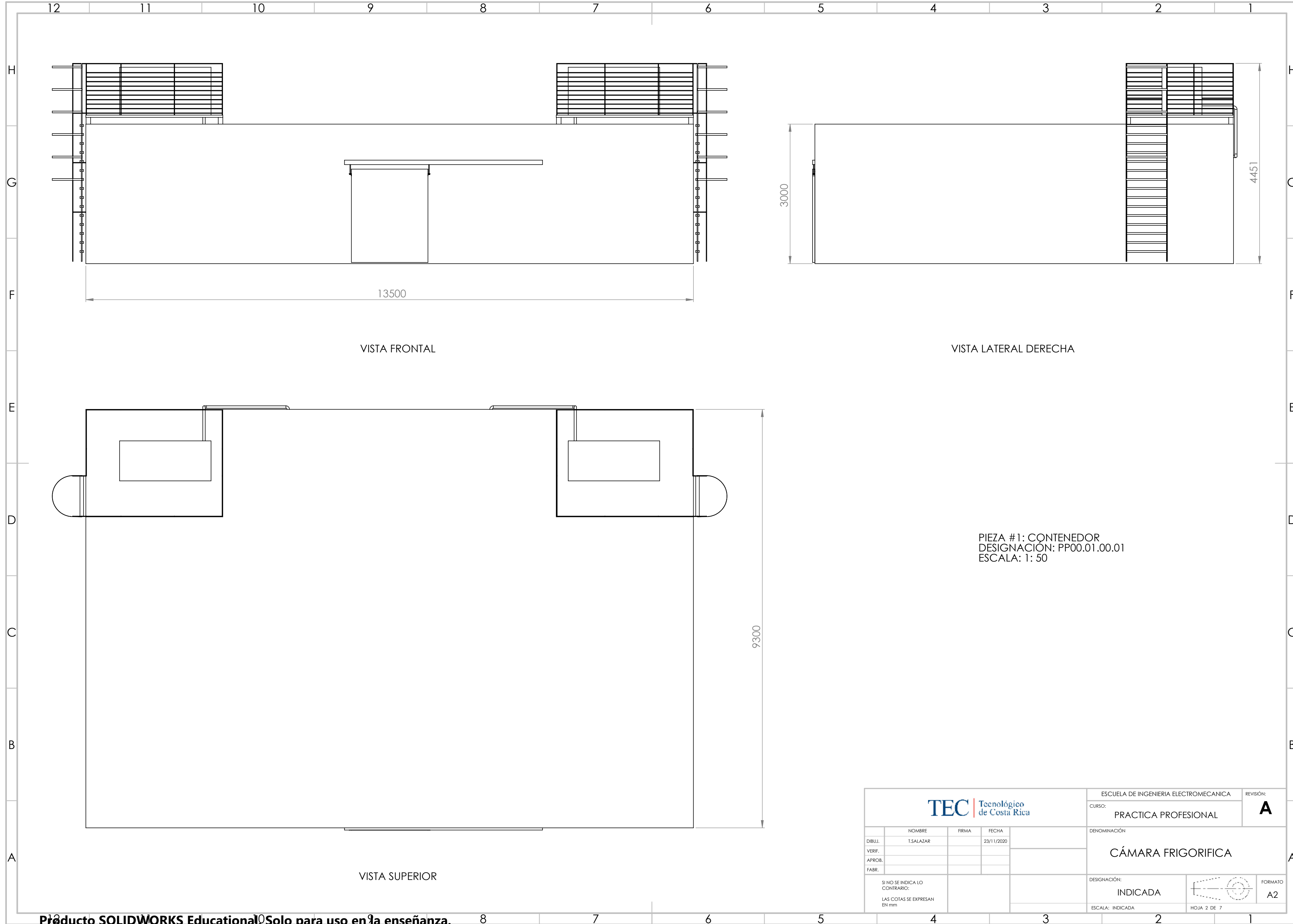
ISOMÉTRICO CÁMARA FRIGORÍFICA
ESCALA: 1: 50

NOTA:

DEBIDO A QUE EN REFRIGERACIÓN NORMALMENTE SE TRABAJA EL SISTEMA INGLÉS SE OFRECE ALGUNAS CONVERSIONES EN CASO DE QUE ASÍ SE AMERITE.

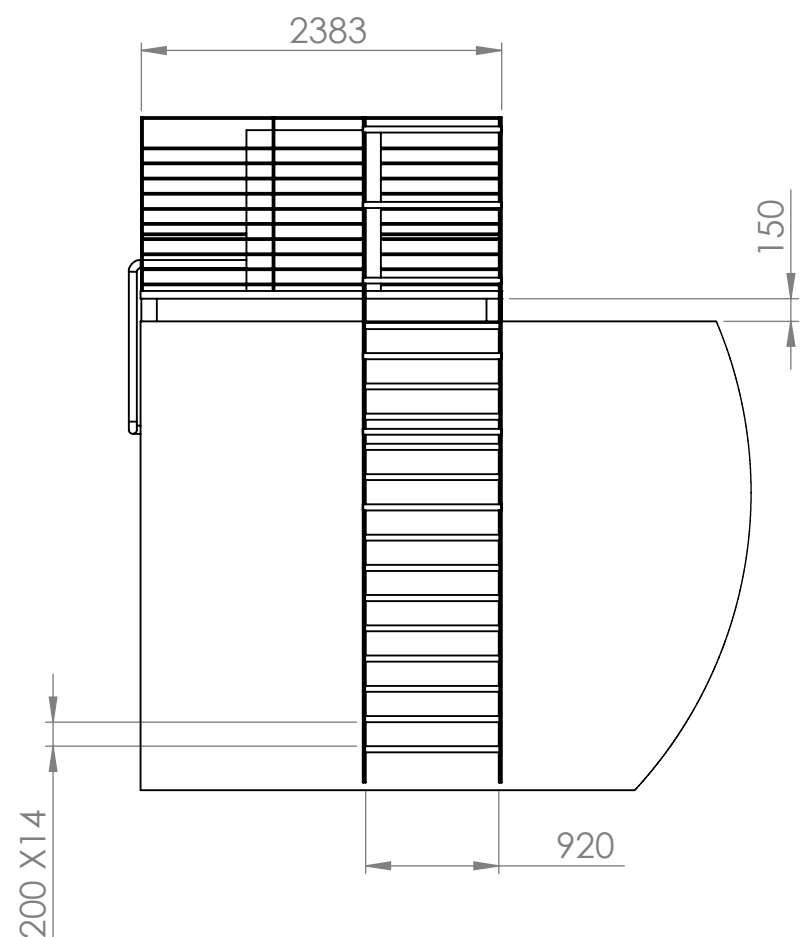
1" = 25.4 mm
1 TR= 12 000 BTUH
1 LB = 0.45 KG

| | | | | |
|--|--|--|---|---------------|
| | | | ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA | REVISIÓN: |
| | | | CURSO: PRACTICA PROFESIONAL | A |
| DIBUJ. T.SALAZAR VERIF. APROB. FABR. | | | DENOMINACIÓN CÁMARA FRIGORÍFICA | |
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm | | | DESIGNACIÓN: PP00.01.00.00 | FORMATO A2 |
| | | | ESCALA: INDICADA | HOJA 1 DE 7 |

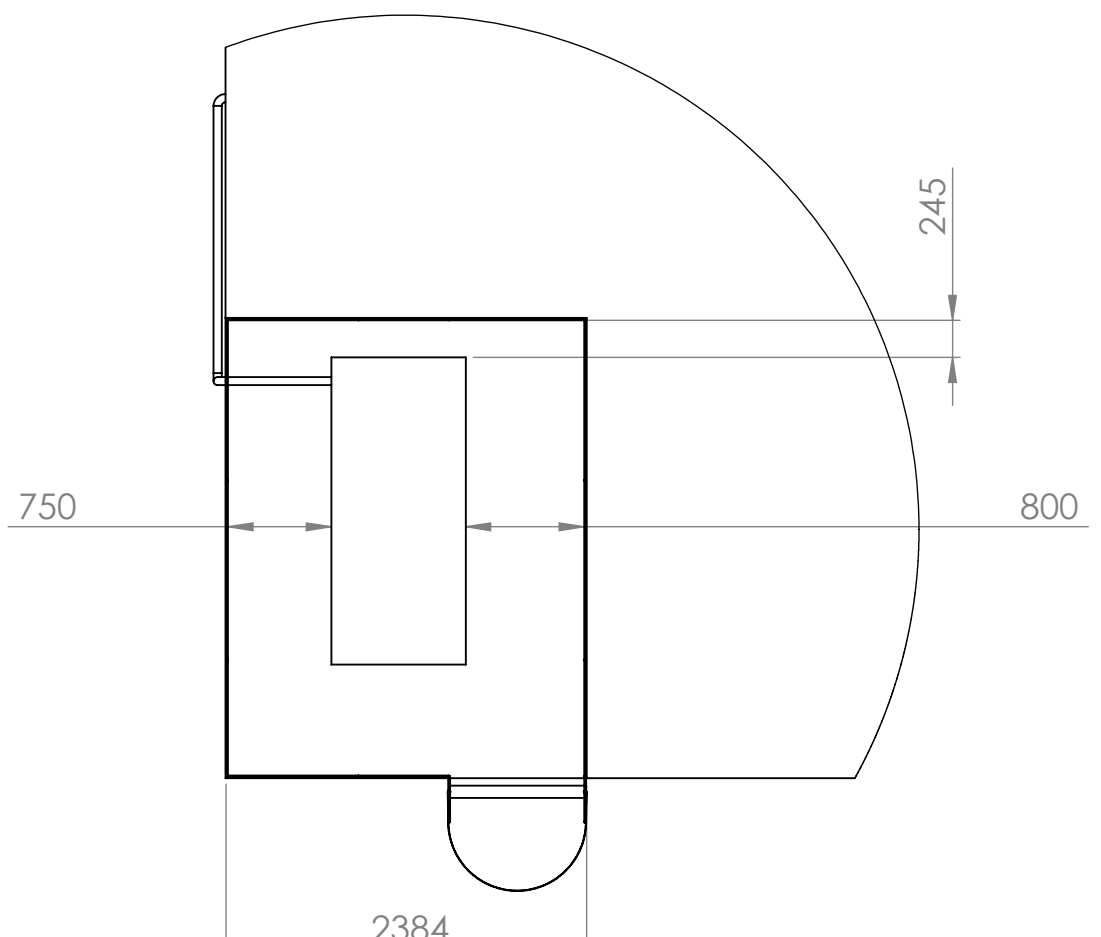


PIEZA #1: CONTENEDOR
 DESIGNACIÓN: PP00.01.00.01
 ESCALA: 1: 50

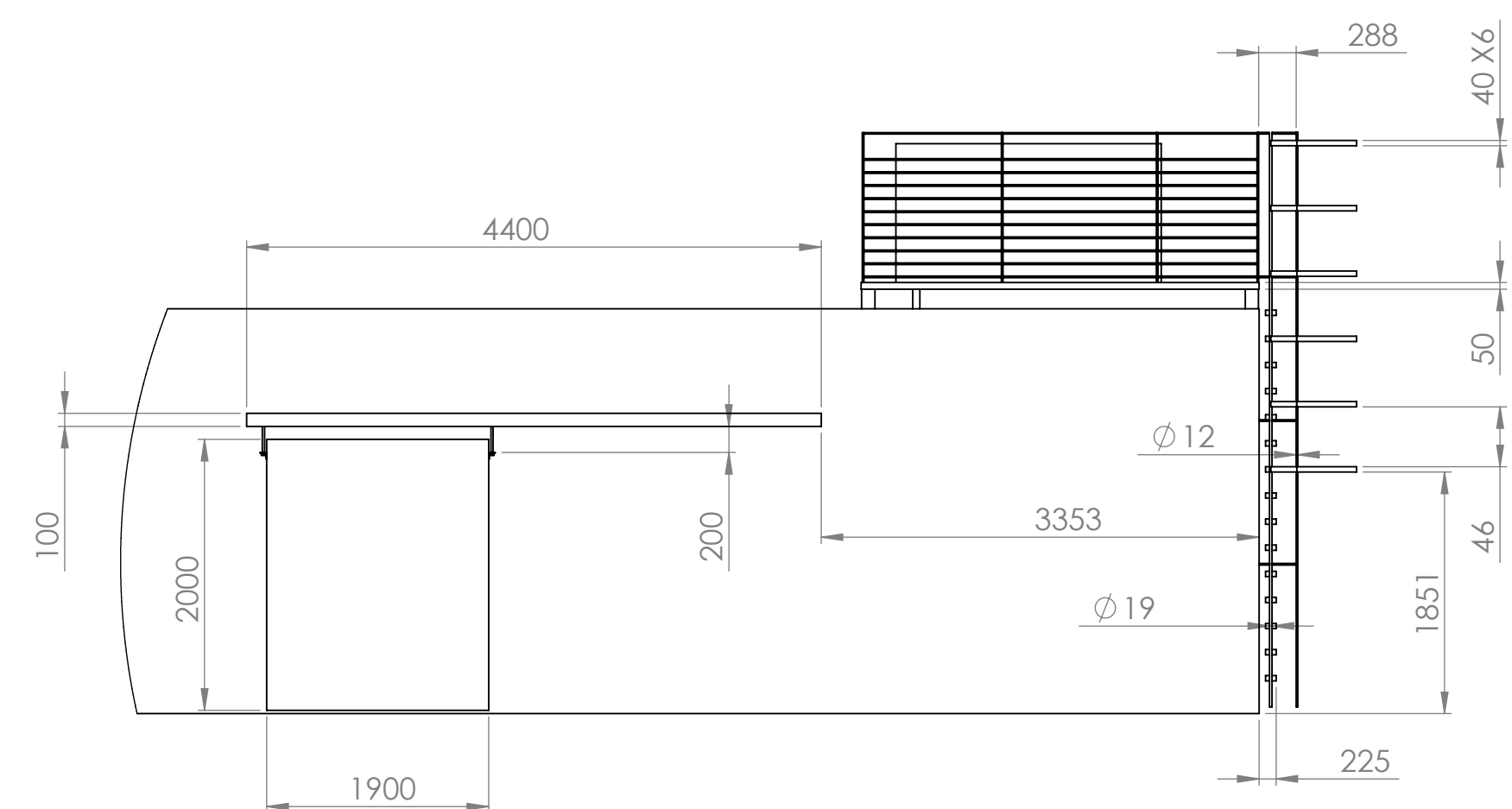
| | | | | | |
|---|--|--|---------------------------------------|--|---|
|  | | | ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECANICA | | REVISIÓN: |
| | | | CURSO: PRACTICA PROFESIONAL | | A |
| DENOMINACIÓN | | | CÁMARA FRIGORIFICA | | |
| DESIGNACIÓN: INDICADA | | | | | |
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm | | | ESCALA: INDICADA | |  |
| DIBUJ. T.SALAZAR VERIF. APROB. FABR. | | | FIRMA FECHA: 23/11/2020 | | FORMATO: A2 HOJA 2 DE 7 |



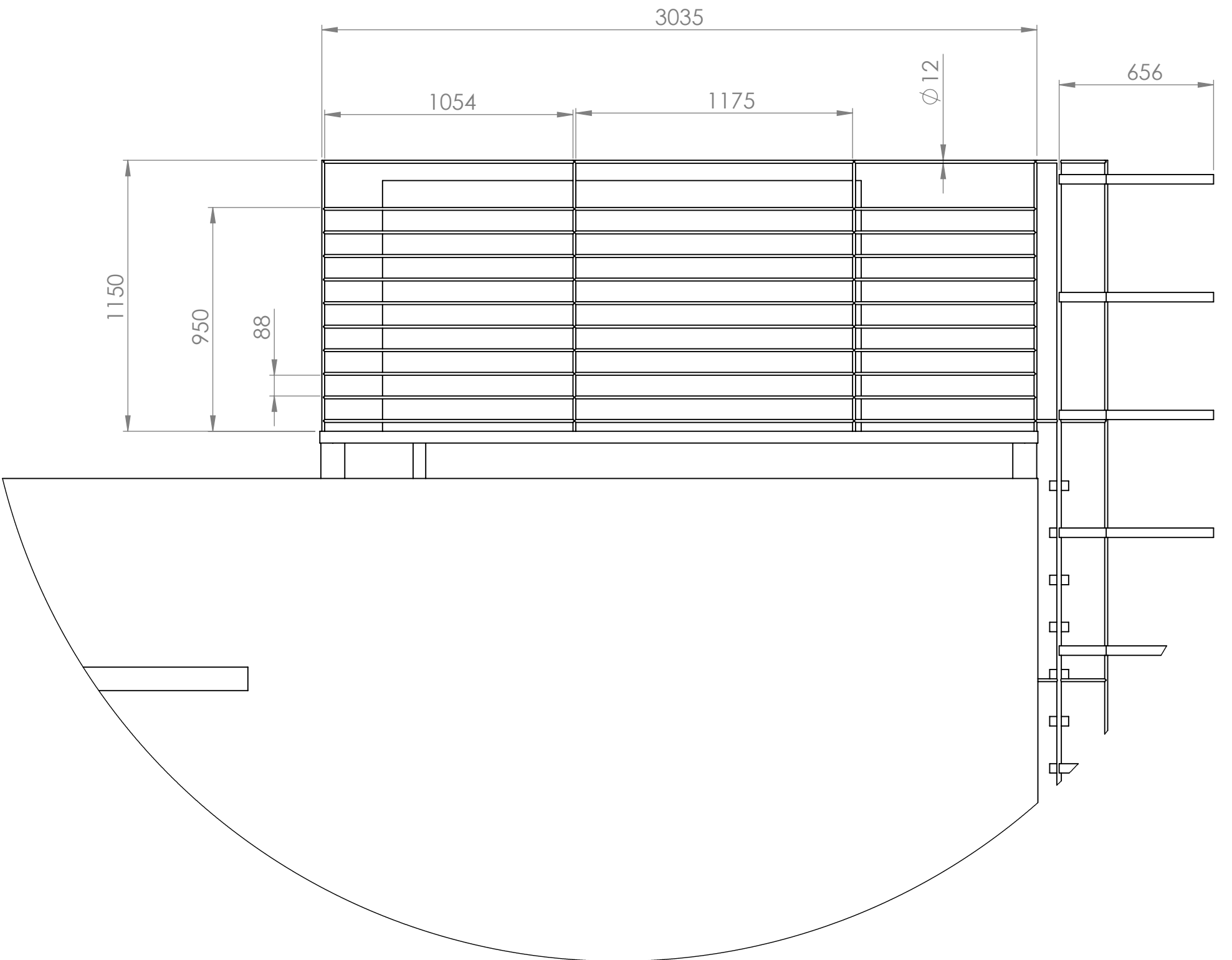
PIEZA #6: ESCALERA
 DESIGNACIÓN: PP00.01.00.06
 CANTIDAD: 2
 ESCALA: 1: 50



DETALLE #2- CANASTA SEGURIDAD CONDENSADOR.
 ESCALA: 1: 50



PIEZA #7: PUERTA
 DESIGNACIÓN: PP00.01.00.07
 CANTIDAD: 1
 ESCALA: 1: 50



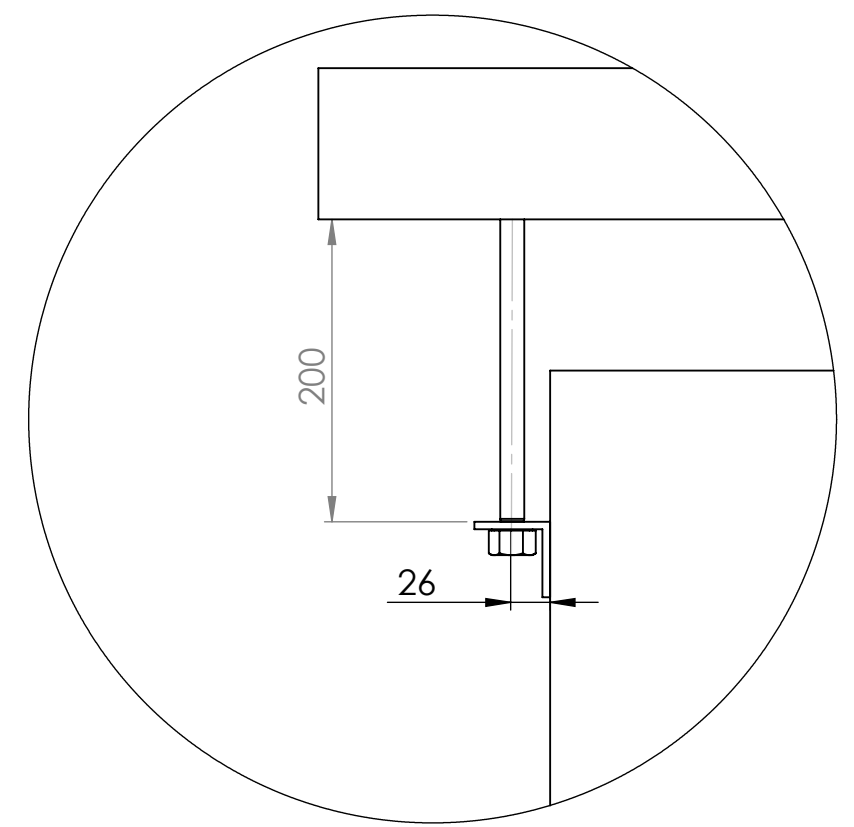
DETALLE #1- CANASTA SEGURIDAD CONDENSADOR.
 ESCALA: 1: 20

CARACTERÍSTICAS PUERTA

- 1) PESO: 49.09 KG
- 2) MATERIAL: PANEL POLIURETANO
- 3) ESPESOR: 100mm

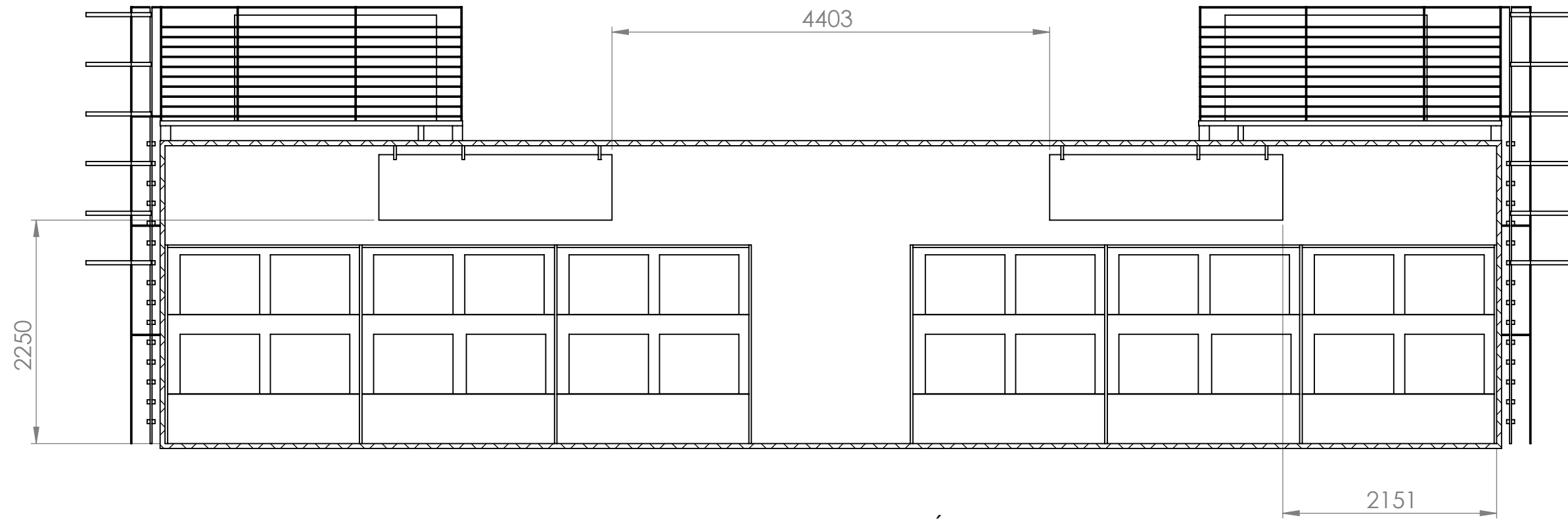
CARACTERÍSTICAS EMPAQUE

- 1) ANCHO: 1"
- 2) MATERIAL: NEOPRENO
- 3) ESPESOR: 1/16"



DETALLE SUJECIÓN PUERTA
 ESCALA: 1: 50

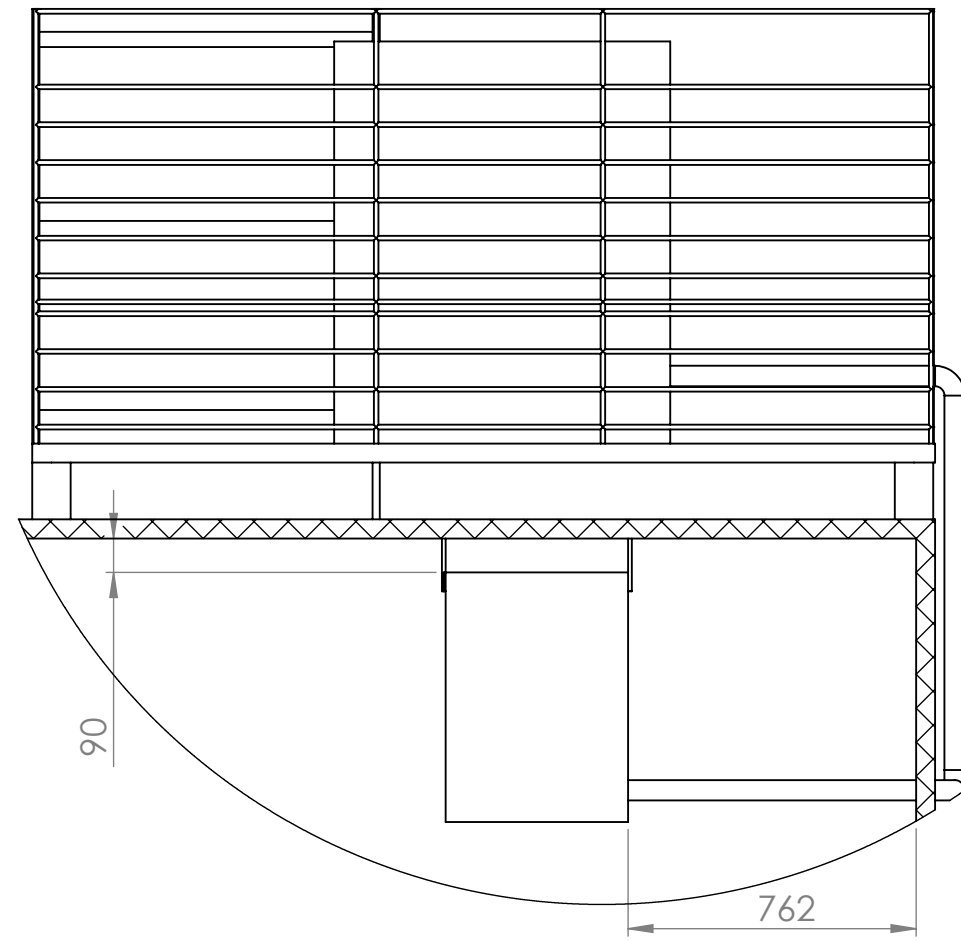
| | | | | | |
|--|--|--|---------------------------------------|--|---|
| | | | ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECANICA | | REVISIÓN: |
| | | | CURSO: PRACTICA PROFESIONAL | | A |
| DIBUJ. T.SALAZAR | | | FECHA: 23/11/2020 | | DENOMINACIÓN CÁMARA FRIGORIFICA |
| VERIF. | | | | | |
| APROB. | | | | | |
| FABR. | | | | | |
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm | | | DESIGNACIÓN: INDICADA | | FORMATO: A2 |
| | | | ESCALA: INDICADA | | HOJA 3 DE 7 |



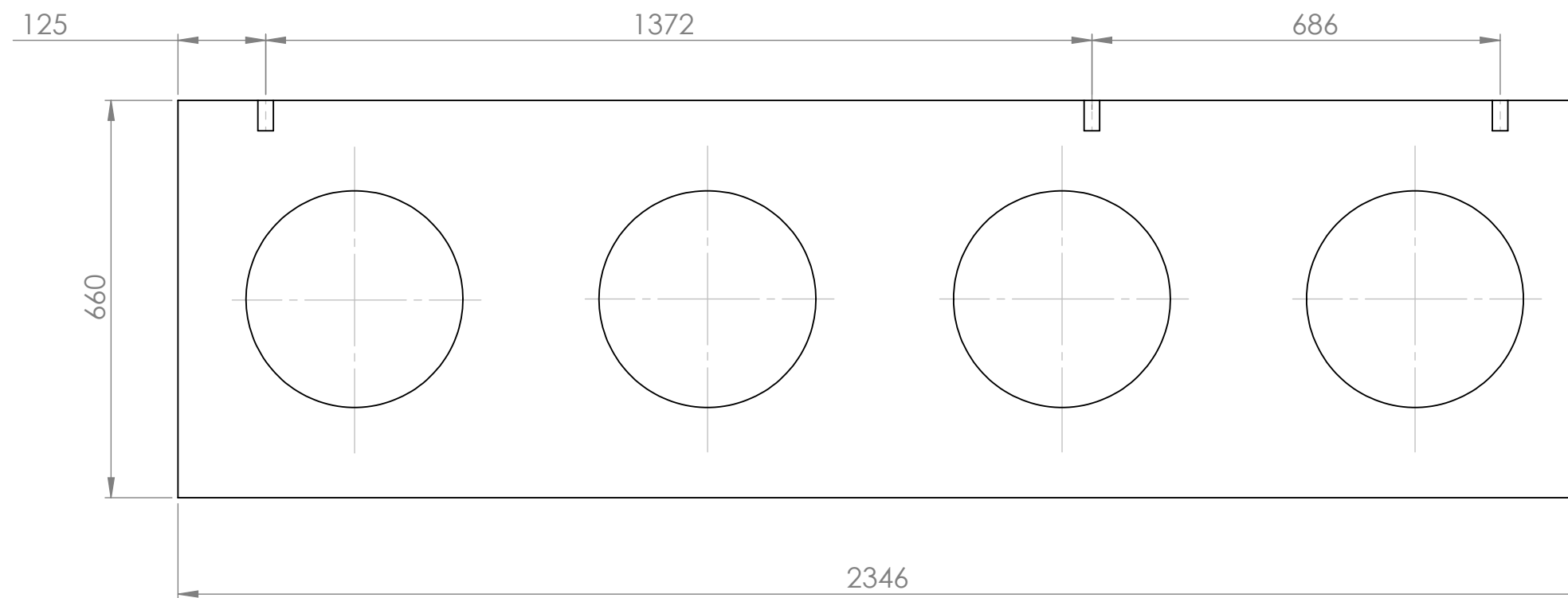
VISTA FRONTAL UBICACIÓN EVAPORADOR
ESCALA: 1: 50

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EVAPORADOR

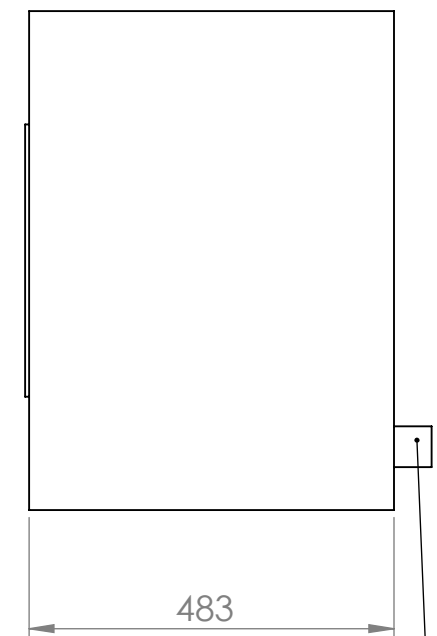
- 1) DESCONGELAMIENTO POR MEDIO DE GAS CALIENTE
- 2) FLUJO DE AIRE: 10 900 CFM
- 3) CAPACIDAD (BTUH): 50 800 BTUH
- 4) LÍNEA DE SUCCIÓN: 2 1/8"
- 5) LÍNEA LIQ: 7/8"
- 6) REFRIGERANTE: R-507
- 7) LIBRAS DE REFRIGERANTE: 11 LBS.
- 8) MARCA KRACK.
- 9) MODELO: MKD46G-508PVKK
- 10) ALCANCE: 18.28 m



VISTA LATERAL UBICACIÓN EVAPORADOR
ESCALA: 1: 20



PIEZA #2: EVAPORADOR
DESIGNACIÓN: PP00.01.00.02
CANTIDAD: 2
ESCALA: 1: 10

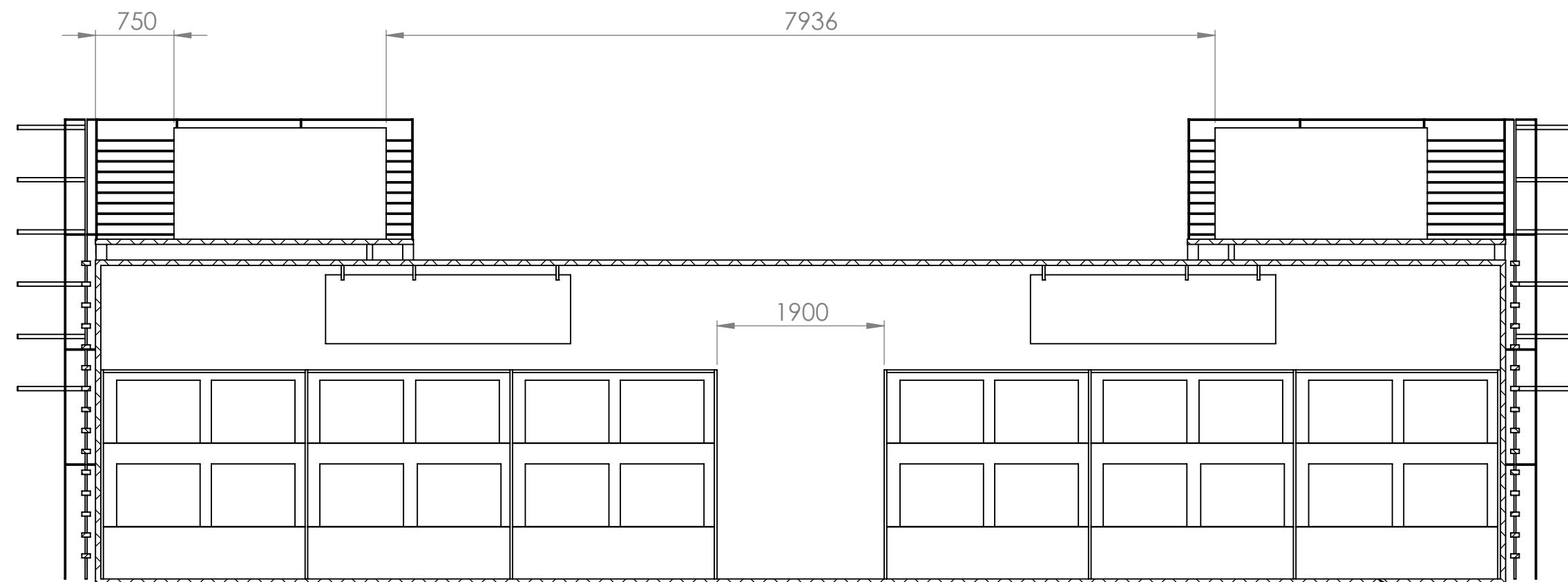


LÍNEA DE DESCARGA

NOTA:

AUNQUE CUENTA CON 4 VENTILADORES EL MODELO SELECCIONADO, ESTE NO POSEE DETALLE DE MEDIDAS DEBIDO A QUE FABRICANTE NO LAS OFRECE EN EL MANUAL.

| | | | | |
|--|--|--|--|----------------|
| | | | ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA | REVISIÓN: |
| | | | CURSO: PRACTICA PROFESIONAL | A |
| DIBUJ.: T.SALAZAR VERIF.: APROB.: FABR.: | | | DENOMINACIÓN: CÁMARA FRIGORIFICA | |
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm | | | DESIGNACIÓN: INDICADA | FORMATO: A2 |
| | | | ESCALA: INDICADA | HOJA 4 DE 7 |



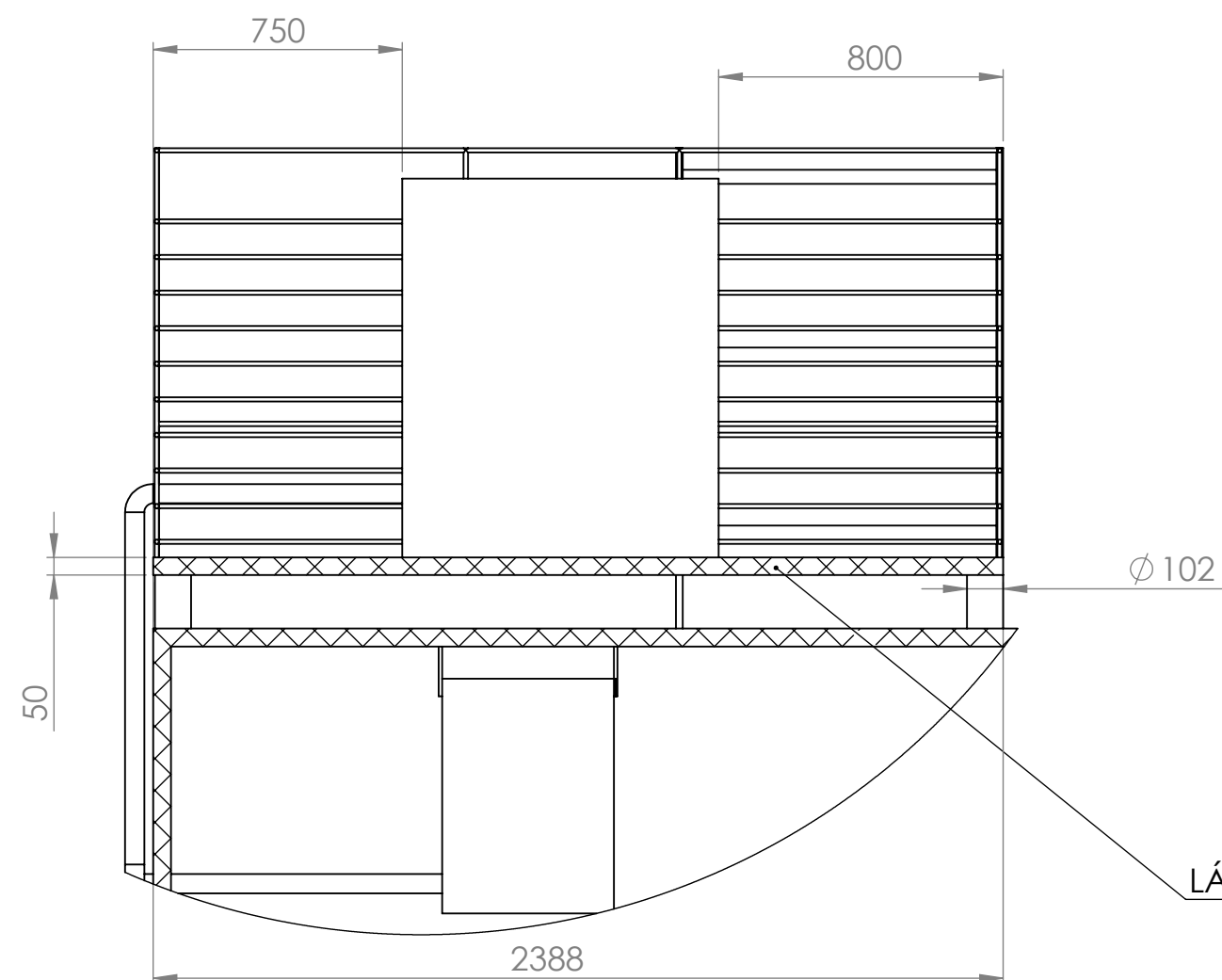
VISTA FRONTAL UBICACIÓN CONDENSADOR
ESCALA: 1: 50

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PISO
 -ACABADO: PISO ANTIDERRAPE
 -MORTERO CON UN RECUBRIMIENTO EPÓXICO EN SU PARTE SUPERIOR.
 -CAPACIDAD DE CARGA: 240 KG/CM2

Piso

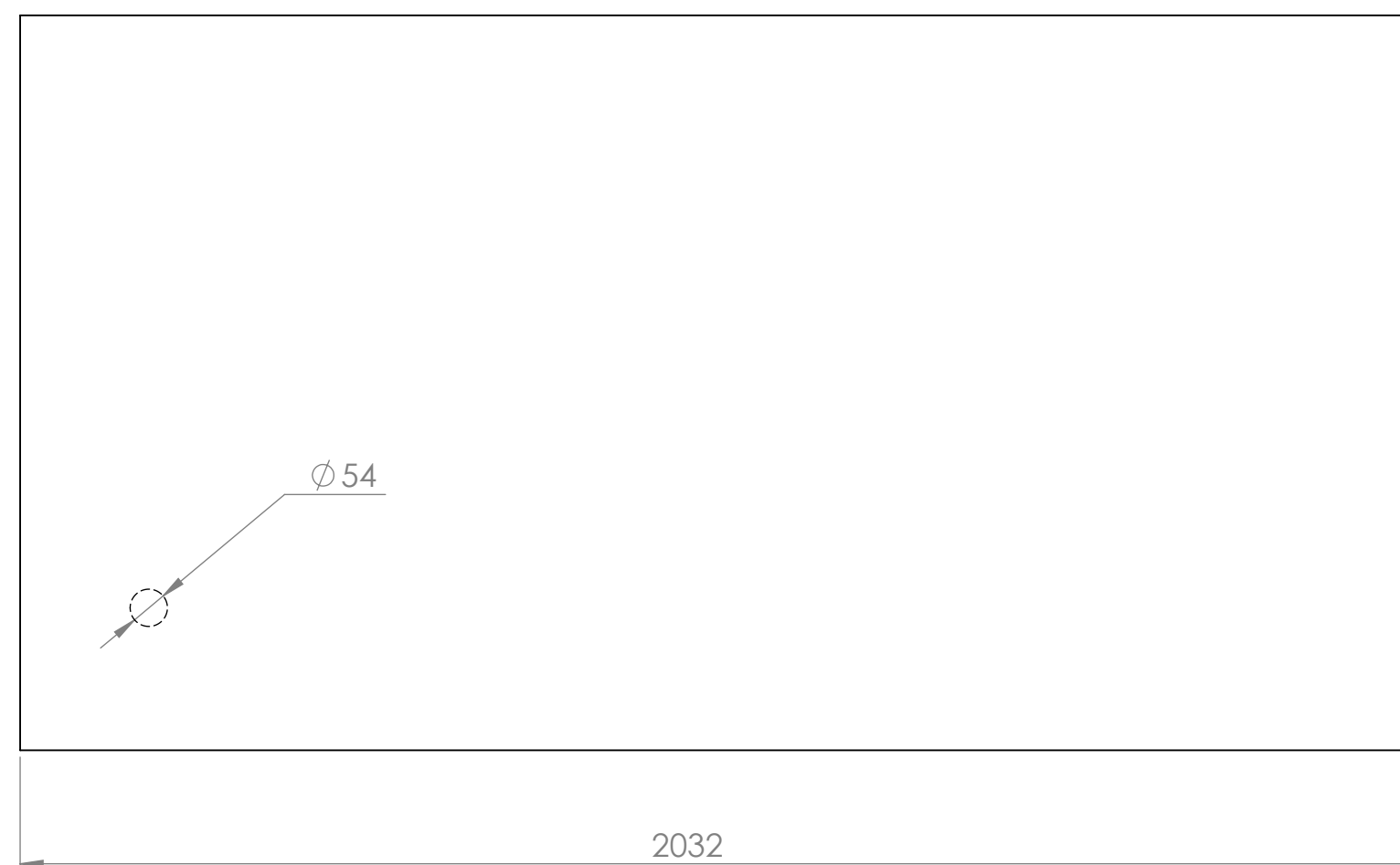
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONDENSADOR

- 1) COMPRESOR MARCA COPELAND: 3DS3F46KE
- 2) POTENCIA COMPRESOR: 10 HP.
- 3) TEMPERATURA AMBIENTE: 95 °F / 33 °C
- 4) CAPACIDAD (BTUH): 51 360 BTUH
- 5) REFRIGERANTE: R-507
- 6) MARCA KRACK.
- 7) MODELO CONDENSADOR: HDSD-1000LPKFH-D
- 8) OPERACIÓN: EXTERIOR

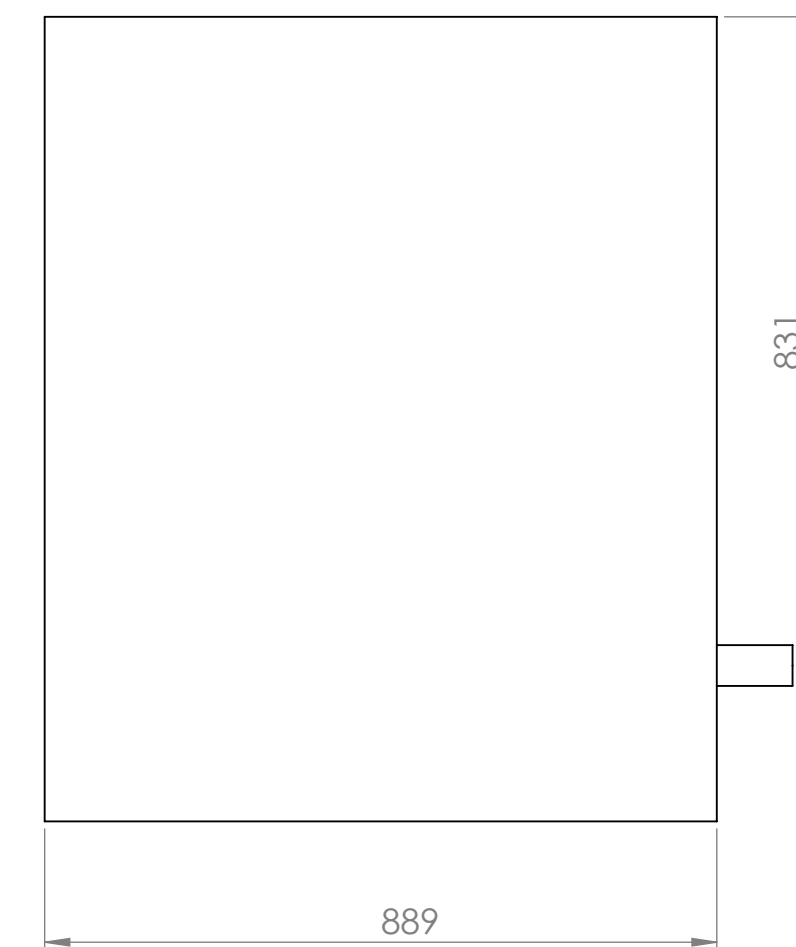


VISTA LATERAL UBICACIÓN CONDENSADOR
ESCALA: 1: 20

LÁMINA SOPORTE COND.

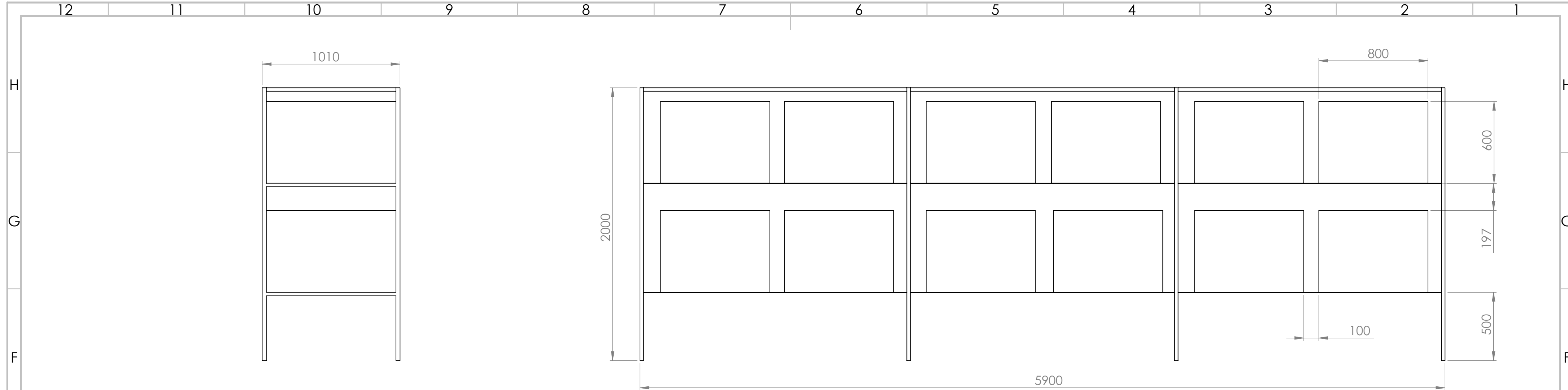


PIEZA #5: LÁMINA SOPORTE COND.
 DESIGNACIÓN: PP00.01.00.05
 CANTIDAD: 2
 ESCALA: 1: 10



PIEZA #4: CONDENSADOR
 DESIGNACIÓN: PP00.01.00.04
 CANTIDAD: 2
 ESCALA: 1: 10

| | | | | |
|--|--|--|---|---------------|
| | | | ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA | REVISIÓN: |
| | | | CURSO: PRACTICA PROFESIONAL | A |
| DIBUJ. T.SALAZAR VERIF. APROB. FABR. | | | DENOMINACIÓN CÁMARA FRIGORIFICA | |
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm | | | DESIGNACIÓN: INDICADA | FORMATO A2 |
| | | | ESCALA: INDICADA | HOJA 5 DE 7 |



VISTA LATERAL ESTANTE

VISTA FRONTAL ESTANTE

PIEZA #10: ESTANTE
 DESIGNACIÓN: PP00.01.00.10
 CANTIDAD: 8
 ESCALA: 1: 20

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTANTE

- 1) MARCA: MECALUX
- 2) TIPO: RACKS PARA PICKING.

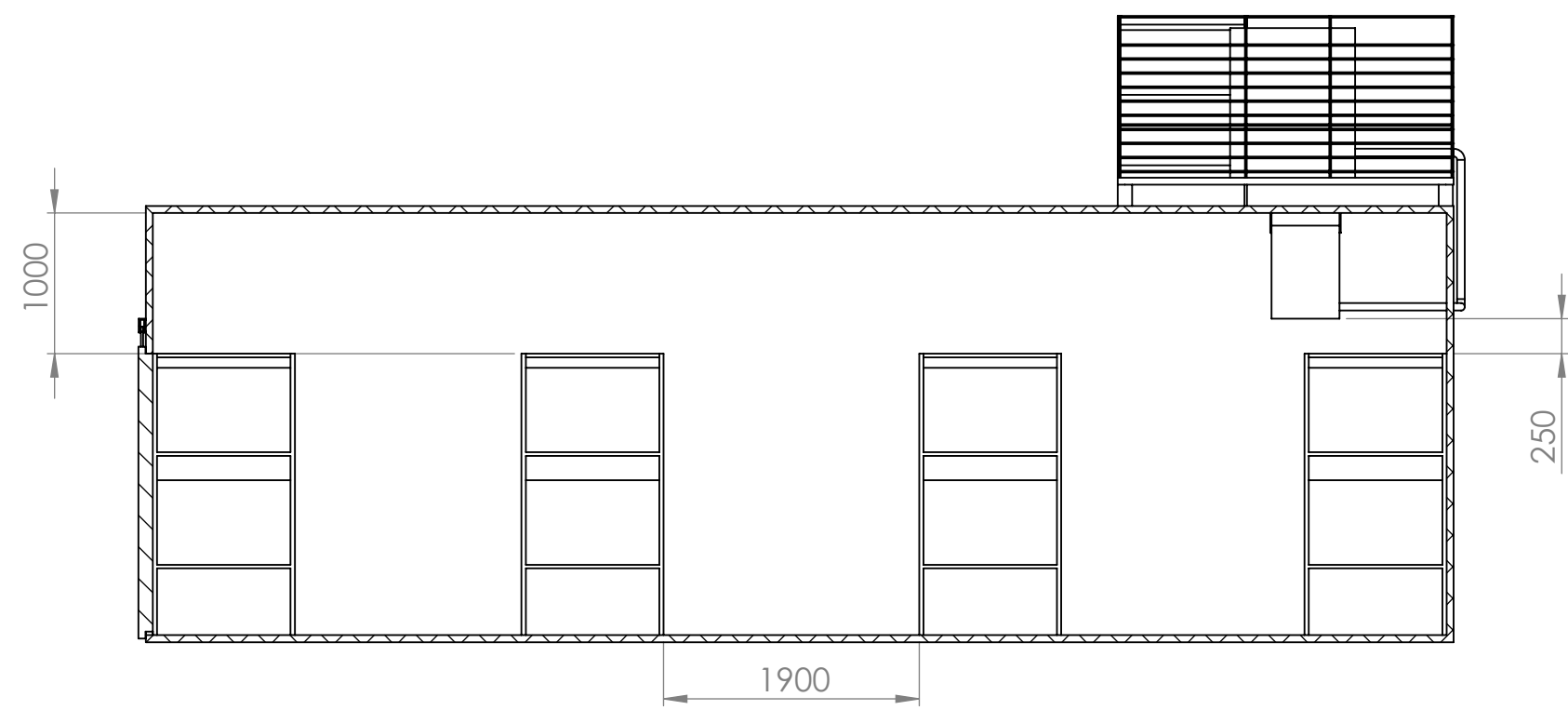
NOTA:

SE DIMENSIONO LOS RACKS, SIN EMBARGO, SON MEDIDAS MÁXIMAS QUE DEBERÍA CUMPLIR EL ESTANTE DEBIDO A LA CAJA Y EL PESO DE 53 KG APROX DE CADA UNA DE ELLAS. DEBERA SOPORTAR LA CARGA YA DEFINIDA DE 630 KG APROX.

NOTA #2:

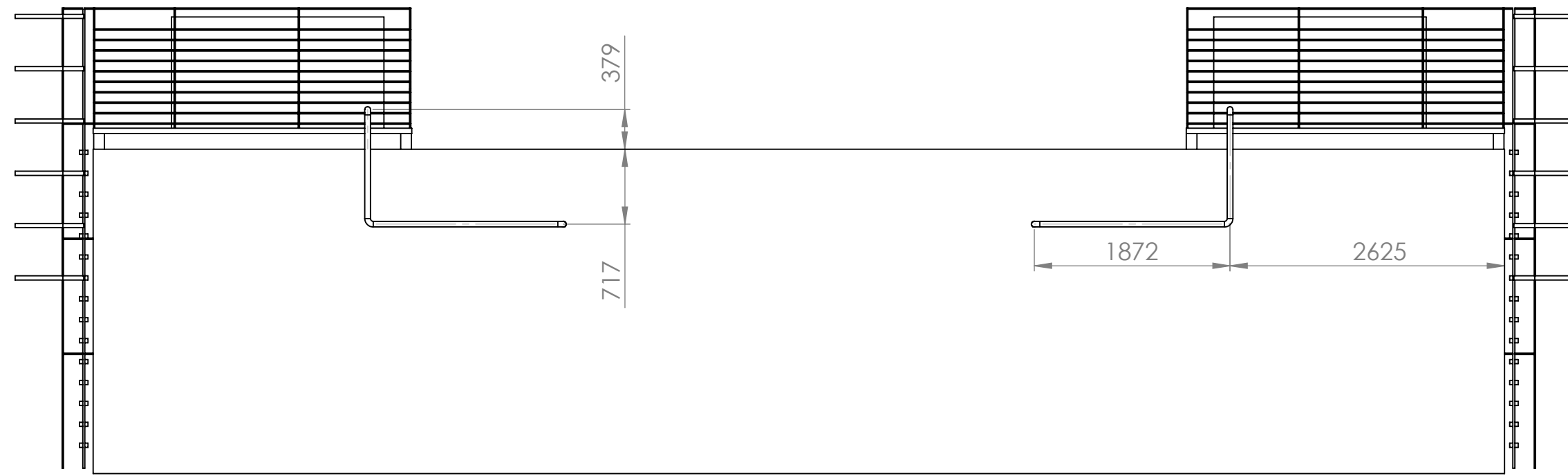
AUNQUE NO SE OFRECE UN DIBUJO DETALLADO ACERCA DEL MONTACARGA MANUAL HIDRÁULICO SE DETALLARA ALGUNA INFORMACIÓN BÁSICA.

- 1) CAPACIDAD: 400 KG
- 2) LARGO DE CUCHILLAS: 647 mm
- 3) ANCHO CUCHILLAS: DE 234 mm A 502 mm
- 4) ANCHO: 590 mm
- 5) MARCA: OTMT
- 6) ALTURA MÁXIMA: 1.70 m
- 7) PESO: 82 KG
- 8) MODELO: PJ4150A



DETALLE UBICACIÓN ESTANTE

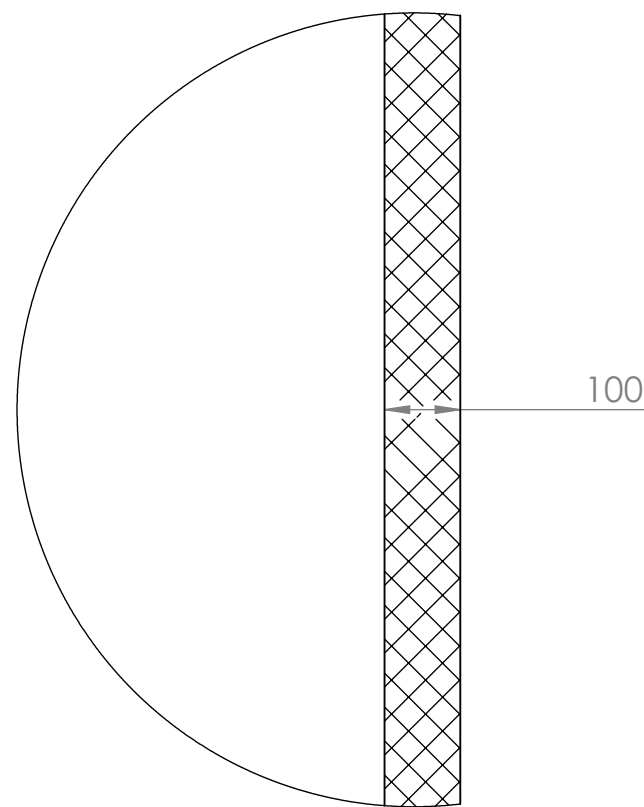
| | | | | | |
|--|--|--|---------------------------------------|--|---|
| | | | ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECANICA | | REVISIÓN: |
| | | | CURSO: PRACTICA PROFESIONAL | | A |
| DIBUJ. T.SALAZAR | | | FECHA: 23/11/2020 | | DENOMINACIÓN CÁMARA FRIGORIFICA |
| VERIF. | | | | | |
| APROB. | | | | | |
| FABR. | | | | | |
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm | | | DESIGNACIÓN: INDICADA | | FORMATO: A2 |
| | | | ESCALA: INDICADA | | HOJA 6 DE 7 |



PIEZA #3: TUBERÍA
 DESIGNACIÓN: PP00.01.00.03
 LONGITUD: 3.56 m
 ESCALA: 1: 50

NOTA TUBERÍA:

- 1) COBRE -TEMPLE RIGIDO TIPO L.
- 2) FLUJO: 119 GPM
- 3) ESPESOR DE PARED 1.778 mm
- 4) PRESIÓN MÁXIMA: 3 PSI



DETALLE ESPESOR PANEL DE LA CÁMARA
 ESCALA: 1: 5

| | | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|---|
| | | | | ESCUELA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA | | REVISIÓN: |
| | | | | CURSO: PRACTICA PROFESIONAL | | A |
| DIBUJ. T.SALAZAR VERIF. APROB. FABR. | | | | FECHA: 23/11/2020 | | DENOMINACIÓN CÁMARA FRIGORIFICA |
| SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm | | | | DESIGNACIÓN: INDICADA ESCALA: INDICADA | | |