

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Propuesta de diseño de cuarto frío para restaurante  
360 Grados Grill en la zona 16 de la Ciudad de Guatemala,  
Guatemala.**

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional  
presentado por  
José Pablo Ortiz Estrada

para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala,

2019



**Propuesta de diseño de cuarto frío para restaurante  
360 Grados Grill en la zona 16 de la Ciudad de Guatemala,  
Guatemala.**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Propuesta de diseño de cuarto frío para restaurante  
360 Grados Grill en la zona 16 de la Ciudad de Guatemala,  
Guatemala.**

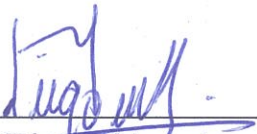
Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional  
presentado por  
José Pablo Ortiz Estrada

para optar el grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala,


2019

Vo.Bo.:

(F)   
\_\_\_\_\_  
Diego Noack

Tribunal:

(F)   
\_\_\_\_\_  
Victor Hugo Ayerdi

(F)   
\_\_\_\_\_  
Andrés Viau

(F)   
\_\_\_\_\_  
Diego Noack

Fecha de aprobación: Guatemala, 21 de junio de 2019 ✓

## ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ECUACIONES .....	ix
LISTA DE TABLAS .....	x
RESUMEN.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
V. METODOLOGÍA.....	53
Fase 1. Requerimientos del cuarto frío.....	53
Fase 2. Cálculo de cargas térmicas .....	56
Fase 3. Materiales y costo del cuarto frío .....	62
VI. CONCLUSIONES.....	70
VII. RECOMENDACIONES.....	71
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	72
IX. ANEXOS .....	73
Anexo A. Hoja de resultados de Heatcraft Proselect. Parte 1 .....	73
Anexo B Hoja de resultados de Heatcraft Proselect. Parte 2.....	74
Anexo C. Cotización Serprore .....	75
Anexo D. Cotización Unirefri .....	76
Anexo F. Minuta firmada por 360 Grados Grill.....	77

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de refrigeración por compresión.....	9
Figura 2. Diagrama de sistemas de evaporadores.....	11
Figura 3. Variante de evaporador de tubo liso .....	11
Figura 4. Variante de evaporador de tubo liso para baños.....	12
Figura 5. Evaporador de placa.....	12
Figura 6. Demostración de tubos con aletas adheridas.....	13
Figura 7. Evaporador de tubos con aletas.....	13
Figura 8. Evaporador de aire forzado instalado directo al techo.....	14
Figura 9. Evaporador de aire forzado instalado directo a pared.....	14
Figura 10. Evaporador de aire forzado instalado al techo. (Alarcón, 1998) .....	15
Figura 11. Recomendación de instalación de evaporadores de aire forzado en distintas estructuras.....	15
Figura 12. Compresor abierto multi cilindro acoplado directamente a motor.....	16
Figura 13. Core de un compresor abierto multi cilíndrico. ....	16
Figura 14. Compresor hermético utilizando R-22.....	17
Figura 15. Vista interior de un compresor hermético.....	17
Figura 16. Compresor rotativo de tipo excéntrica.....	18
Figura 17. Compresor rotativo de paletas.....	18
Figura 18. Diagrama de compresor centrífugo.....	19
Figura 19. Compresor de tornillo.....	19
Figura 20. Corte de un compresor de tornillo.....	20
Figura 21. Condensador de aire a distancia vertical con recipiente líquido incorporado.....	20
Figura 22. Condensador de aire a distancia horizontal.....	21
Figura 23. Unidad condensadora de aire horizontal conjunto con un compresor.....	21
Figura 24. Diagrama de condensador de contracorriente .....	22
Figura 25. Condensador de agua contracorriente en forma de serpentín.....	22
Figura 26. Condensador de tipo multitubular .....	23
Figura 27. Condensador evaporativo.....	23
Figura 28. Ejemplo de torre de agua.....	24
Figura 29. Planos 360 Grado Grill y posición del cuarto frío.....	54
Figura 30.: Plano del cuarto frío.....	55
Figura 31: Carga por transmisión en paredes para cuarto de carnes.....	57

Figura 32: Carga de infiltraciones para cuarto de carnes .....	58
Figura 33: Carga por producto para cuarto de carnes.....	59
Figura 34: Carga miscelánea para cuarto de carnes.....	60
Figura 35: Carga total para cuarto de carnes.....	61
Figura 36: Modulaci3n de panel corrido y dintel.....	62
Figura 37: Modulaci3n de techo opci3n 1.....	63
Figura 38: Modulaci3n de techo opci3n 2 .....	64
Figura 39. Altura del restaurante 360 Grados Grill .....	67
Figura 40. Plano de tubería de refrigerante.....	68



## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: Transferencia de calor .....	4
Ecuación 2. Transferencia de calor por conducción .....	5
Ecuación 3. Transferencia de calor por convección .....	6
Ecuación 4. Radiación emitida por un cuerpo .....	7
Ecuación 5. Transferencia de calor por radiación.....	7
Ecuación 6. Cálculo de superficie de espacios refrigerados .....	26
Ecuación 7. Calorías en 24 hrs por pérdidas a través de paredes.....	26
Ecuación 8. Pérdida por equipo eléctrico .....	28
Ecuación 9. Calor sensible por ocupantes.....	30
Ecuación 10: Calor latente por ocupantes .....	31
Ecuación 11. Calor latente y sensible de luces eléctricas.....	32
Ecuación 12: Factor de corrección de tiempo de abatimiento.....	35
Ecuación 13. Cambios de aire.....	38
Ecuación 14. Se calculan las pérdidas por enfriamiento hasta cero grados .....	40
Ecuación 15. Se calcula después el calor latente de congelación .....	40
Ecuación 16. Por último, se obtienen las pérdidas por congelación .....	40
Ecuación 17. Pérdida por entrada de género .....	40
Ecuación 18. Flujo másico del refrigerante:.....	42
Ecuación 19: Flujo volumétrico refrigerante.....	42
Ecuación 20. Área interna de tubería .....	42
Ecuación 21. Ecuación Darcy-Weisbach .....	43
Ecuación 22. Diámetro de tubería. ....	43

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Conductividad térmica de materiales a temperatura ambiente.....	5
Tabla 2. Valores del coeficiente de transferencia de calor por convección. ....	6
Tabla 3. Emisividad de materiales a 300K.....	7
Tabla 4: Tabla de características de refrigerantes. ....	25
Tabla 5. Coeficientes de transmisión de los materiales aislantes más usados...	27
Tabla 6. Coeficientes del corcho.....	27
Tabla 7. Carga de transmisión de calor en paredes.....	28
Tabla 8. Calor equivalente de motores eléctricos.....	29
Tabla 9. Eficiencia de motores hasta 250hp. ....	30
Tabla 10. Calor ganado por ocupantes en un espacio acondicionado. ....	31
Tabla 11. Calor equivalente de Ocupación. ....	31
Tabla 12. Requerimientos y propiedades de almacenamiento para productos perecederos.....	33
Tabla 13. Continuación de tabla 11. ....	34
Tabla 14. Calor aproximado de calor de respiración. ....	36
Tabla 15 Cambios de aire promedio en 24 hrs para cuartos de almacenamiento arriba de 32°F debido a la temperatura de puertas e infiltración.....	37
Tabla 16 Cambios de aire promedio en 24 hrs para cuartos de almacenamiento debajo de 32°F debido a la temperatura de puertas e infiltración. ....	37
Tabla 17 Calor removido del aire de enfriamiento para cuartos de almacenamiento (BTU por <i>pie</i> <sup>3</sup> ). ....	38
Tabla 18 Cambios de aire por hora.....	39
Tabla 19. Efectos de la altitud en los equipos enfriados por aire.....	39
Tabla 20. Factores de corrección para succión y descarga. ....	41
Tabla 21. Límites máximos de líneas de succión, descarga y líquido. ....	41
Tabla 22. Diámetro de tubería, refrigerante 134 - a. ....	44
Tabla 23. Continuación. Diámetro de tubería, refrigerante 134 - a.....	45
Tabla 24. Carga soportada por panel en <i>kg/m</i> <sup>2</sup> en 2 apoyos.....	47
Tabla 25. Carga soportada por panel en <i>kg/m</i> <sup>2</sup> en 2 apoyos o más. ....	47
Tabla 26. Especificaciones del panel ISOTERM 1125. ....	48
Tabla 27. Requerimientos de cuarto frío para producto cárnico .....	55
Tabla 28. Condiciones de almacenaje .....	56
Tabla 29: Rotación del producto .....	56
Tabla 30: Resumen carga térmica cuarto carnes.....	61

Tabla 31: Rendimiento de panel. Opción de techo 1 con muro y dintel.....	64
Tabla 32: Rendimiento de panel. Opción de techo 2 con muro y dintel.....	65
Tabla 33: Materiales para fijación de panel.....	65
Tabla 34: Perfiles usados y materiales para fijación .....	65
Tabla 35: Totales de materiales de construcción y presupuesto .....	66
Tabla 36: Cotización de equipo a empresas guatemaltecas .....	67
Tabla 37. Costo total de cuarto frío.....	67
Tabla 38. Longitud equivalente accesorios de tubería. ....	69
Tabla 39. Largo equivalente de tubería.....	69
Tabla 40. Selección de diámetro de tubería.....	69

## RESUMEN

Actualmente el restaurante 360 Grados Grill cuenta con un almacenaje basado en refrigeradores con baja capacidad de almacenaje. Hoy en día, el restaurante está buscando una opción de ampliar su capacidad para almacenar su producto cárnico y está tomando en consideración la construcción de un cuarto frío. Por lo tanto, se tomó la decisión, como trabajo de graduación, hacer una propuesta del diseño del cuarto frío.

La propuesta toma en consideración la ubicación, dimensionamiento, materiales de construcción y mano de obra para la construcción física del cuarto frío. La ubicación es determinada según la necesidad del cliente, tomando en cuenta la accesibilidad de los proveedores al igual que del personal del restaurante. Las medidas fueron determinadas, teniendo en cuenta la necesidad de almacenaje del cliente: 3.36 metros de ancho y 3.36 metros largo y 2.38 de alto.

En cuanto a la selección de equipo para refrigerar el cuarto frío, se procede con el cálculo de las cargas térmicas. Para el cálculo de las cargas térmicas se tomó en consideración los requerimientos del cliente para el almacenaje de sus productos: producto a almacenar, rotación del producto, cantidad de producto a almacenar, temperatura deseada, temperatura de entrada del producto, dimensiones del cuarto. Las cargas térmicas son calculadas por una herramienta llamada Heatcraft Proselect. Dicha herramienta es brindada por la empresa Heatcraft Refrigeration Products, la cual opera en más de 70 países y cuyo programa es altamente utilizado en el mercado. La carga total obtenida es de 31,100 BTUH.

Para la selección del equipo, se cotiza con varios proveedores locales de Guatemala: Unirefri, Distribuidora granada, Serprore. A dichos proveedores se les indicó los requerimientos de del cuarto frío: Carga térmica, temperatura deseada dentro del cuarto y humedad relativa. También se realizó la ruta de las tuberías y el cálculo de diámetro. La ruta de la tubería fue determinada mediante la posición del evaporador y condensador. El cálculo del diámetro se ejecutó tomando en cuenta las tablas proporcionadas por Bohn.

Para concluir, el costo del cuarto frío tomando en cuenta el equipo y la obra civil, es de Q79,971 compuesto por el costo de los materiales utilizados para la construcción y la obra civil (Q53,921) y equipo recomendado a utilizar proporcionado por la empresa Unirefri (Q26,050).

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el restaurante 360 Grados Grill cuenta con un almacenaje basado en refrigeradores con baja capacidad de almacenaje. Hoy en día, el restaurante está buscando la opción de ampliar su capacidad para almacenar su producto cárnico y está tomando en consideración la construcción de un cuarto frío. Para este trabajo de graduación se espera la ubicación del cuarto, dimensiones del cuarto, cálculo de cargas térmicas, cálculo de diámetro de tuberías, cotización y selección de equipos y costo total del cuarto frío.

Para comenzar con el diseño del cuarto frío, se comenzó con tomar los requerimientos del restaurante. Para ello hubo reuniones con el dueño de 360 Grados Grill. En dichas reuniones se obtuvo los requerimientos en cuando la ubicación, dimensiones, producto a almacenar, temperaturas deseadas y rotación de producto.

Con la información obtenida anteriormente, se procedió con el cálculo de cargas térmicas. Para ello se utilizó la herramienta Heatcraft Proselect. Dicha herramienta es brindada por la empresa Heatcraft Refrigeration Products, la cual opera en más de 70 países y cuyo programa es altamente utilizado en el mercado. Con las cargas obtenidas, se precedió a cotizar con distribuidores locales con el fin de encontrar el precio más favorable para el cliente. También se procedió con la determinación de los materiales de construcción del cuarto frío: paneles, puertas, mano de obra, etc. Por último, después de obtener toda la información anterior, se recopilaron los totales tanto del costo de la construcción del cuarto frío, como los equipos y se obtuvo un total, recomendando la contratación de los servicios de una distribuidora en específico. Dicha recomendación fue tomando en consideración el precio más favorable para el cliente.

## **II. OBJETIVOS**

### **A. Objetivo general**

- Diseñar un cuarto frío para el almacenaje de producto cárnico para el restaurante 360 Grados Grill.

### **B. Objetivos específicos**

- Establecer los requerimientos del cliente para la construcción del cuarto frío del restaurante 360 Grados Grill.
- Establecer el dimensionamiento y ubicación física del cuarto frío.
- Diseñar rutas de tubería para el sistema de refrigeración.
- Calcular la dimensión del equipo de refrigeración para el cuarto frío.
- Seleccionar los materiales de construcción para el cuarto frío.
- Proporcionar el costo de los materiales y equipo para la construcción del cuarto frío.
- Recomendar el proveedor más beneficioso para la implementación del cuarto frío.

### III. JUSTIFICACIÓN

El restaurante 360 Grados Grill cuenta actualmente con un almacenaje basado en refrigeradores con baja capacidad de almacenaje. Hoy en día, el restaurante está buscando una opción de ampliar su capacidad para almacenar su producto cárnico y está tomando en consideración la construcción de un cuarto frío. Para dicho cuarto frío debe asegurarse que cumplan con las temperaturas necesarias para la conservación del producto y los requerimientos de uso por parte del cliente.

El restaurante se encuentra situado en la zona 16 en la ciudad de Guatemala, Guatemala. El cuarto frío será diseñado teniendo en cuenta los requerimientos del restaurante con estándares internacionales y nacionales impuestos por el Ministerio de Salud. Esto ayudará a que la calidad de la carne proporcionada por el proveedor se mantenga y se pueda entregar un mejor producto a los clientes de 360 Grados Grill.

El diseño del cuarto frío será de gran utilidad para el restaurante 360 Grados Grill, ya que el diseño proporcionará al dueño del restaurante con información referente a los planos, materiales, equipo y costo de la obra civil. El diseño que se le estará entregando estará tomando en cuenta las necesidades de almacenaje que tiene el negocio, lo cual le permite tener una noción mucho más acertada en cuanto a los costos verdaderos de la construcción del cuarto frío. Cabe mencionar que dentro del presupuesto que será proporcionado para la construcción del cuarto frío. La propuesta que será entregada al cliente podrá tener la opción de seguir la recomendación del trabajo de graduación o avocarse a otros proveedores que también se muestran en este trabajo.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. El Calor

Según Kurt C. Rolle (2006), el calor es definido como: "Energía en transición a través de la frontera de un sistema, que no se puede identificar con una fuerza mecánica que actúa a lo largo de una distancia".

Cuando existe una diferencia de temperatura en un sistema o cuando dos sistemas en contacto difieren en temperaturas, se transfiere energía. Este proceso en el cual sucede este transporte de energía se conoce como transmisión de calor. La dirección de transición de energía siempre es hacia la zona de menor temperatura. Esta transacción continuará en la misma dirección hasta que el sistema y sus alrededores estén aislados térmicamente uno del otro o bien hasta que se alcance el equilibrio térmico. El calor se identificará con el símbolo  $Q$  y al calor por unidad de masa con  $q$ . En el sistema, la unidad de medida que se usa para describir el calor es la unidad térmica BTU (british thermal unit). (Rolle Termodinámica, 2006)

1 BTU:

La cantidad de calor requerida para elevar  $1^{\circ}\text{F}$  la temperatura de 1 lbm de agua a  $39^{\circ}\text{F}$ . (Rolle Termodinámica, 2006)

La transferencia de calor se define como:

Ecuación 1: Transferencia de calor

$$Q = \frac{\delta Q}{\delta t}$$

Existen varios mecanismos a través de los cuales se transmite calor. Estos mecanismos son: conducción, convección y radiación. Tanto la conducción como la convección necesitan de un medio material para poder transmitir la energía, mientras que la radiación no lo necesita, es más, se favorece la transferencia por radiación en el vacío. (Santiago Espuglas, 2005)

#### a. Conducción

La conducción de calor es el mecanismo de transmisión en sólidos y exclusivo en los mismos, aunque se puede suponer que es el único que tiene lugar en los fluidos en reposo. En los fluidos aparece también un movimiento convectivo debido a la variación de la densidad del fluido con la temperatura o al movimiento del fluido debido a otras causas (compresores, bombas, etc.). Cuando en un medio material existe un gradiente de temperatura el calor fluye en sentido contrario a este gradiente. La energía se transmite debido al movimiento de átomos, moléculas, iones y electrones, que constituyen a la sustancia, sin movimiento aparente de la materia a nivel macroscópico. (Santiago Espuglas, 2005)



## Ecuación 2. Transferencia de calor por conducción

$$Q_{cond} = kA \frac{T_1 - T_2}{\Delta X}$$

Donde la constante de proporcionalidad  $k$  es la conductividad térmica del material, que es una medida de la capacidad de un material para conducir calor. La conductividad térmica de un material se puede definir como la razón de transferencia a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura. Un valor elevado para la conductividad térmica indica que el material es un buen conductor de calor y un valor bajo indica que es un mal conductor de calor o que es un aislante. El área  $A$  de transferencia de calor siempre es normal (o perpendicular) a la dirección de esa transferencia. (Cengel, 2011)

La siguiente tabla muestra un ejemplo de conductividad térmica de ciertos materiales.

Tabla 1. Conductividad térmica de materiales a temperatura ambiente.

Material	$k, \text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}^*$
Diamante	2 300
Plata	429
Cobre	401
Oro	317
Aluminio	237
Hierro	80.2
Mercurio (l)	8.54
Vidrio	0.78
Ladrillo	0.72
Agua (l)	0.607
Piel humana	0.37
Madera (roble)	0.17
Helio (g)	0.152
Caucho suave	0.13
Fibra de vidrio	0.043
Aire (g)	0.026
Uretano, espuma rígida	0.026

### b. Convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. En ausencia de cualquier movimiento masivo de un fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura. (Cengel, 2011)

La convección recibe el nombre de convección forzada y convección natural (o libre). Si el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios externos como un ventilador, una bomba o el viento, se le denomina convección forzada. En cambio, si el movimiento del fluido es causado por las fuerzas de empuje que son inducidas por las diferencias de densidad debidas a la variación de la temperatura en el fluido, se le denomina convección natural. (Cengel, 2011)  
La transferencia de calor por convección es definida de la siguiente manera.

Ecuación 3. Transferencia de calor por convección

$$Q_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty)$$

Donde:

- h: coeficiente de transferencia de calor por convección.
- A: área superficial a través de la cual tiene lugar a la transferencia de calor por convección.
- $T_s$ : temperatura de la superficie.
- $T_\infty$ : temperatura del fluido suficientemente alejado de la superficie  $T_s$ .

(Cengel, 2011)

La siguiente tabla muestra algunos ejemplos de valores del coeficiente de transferencia de calor por convección:

Tabla 2. Valores del coeficiente de transferencia de calor por convección.

Tipo de convección	$h, \text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^*$
Convección libre de gases	2-5
Convección libre de líquidos	10-1 000
Convección forzada de gases	25-250
Convección forzada de líquidos	50-20 000
Ebullición y condensación	2 500-100 000

(Cengel, 2011)

c. Radiación

La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor. La transferencia de calor por radiación es la más rápida y no sufre atenuación en un vacío. La radiación térmica es la forma de radiación emitida por los cuerpos debido a su temperatura. La radiación es un fenómeno volumétrico y todos los sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o transmiten radiación en diversos grados. Sin embargo, la radiación suele considerarse como un fenómeno superficial para los sólidos que son opacos a la radiación térmica, como los metales, la madera y las rocas, ya que las radiaciones emitidas por las regiones interiores de un material de ese tipo nunca pueden llegar a la superficie y la radiación incidente sobre esos cuerpos suele absorberse en unas cuantas micras hacia dentro de dichos sólidos. (Cengel, 2011)

La radiación emitida por un cuerpo puede definirse de la siguiente manera:

Ecuación 4. Radiación emitida por un cuerpo

$$\dot{Q}_{emitida} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4$$

Donde:

- $\sigma$ : es  $0.1714 * 10^{-8} \frac{BTU}{h ft^2 R^4}$
- $\varepsilon$ : emisividad cuyo valor se encuentra entre 0 y 1. Esta es una medida de que tan próxima está una superficie de un cuerpo negro.
- $A_s$ : Área de la superficie
- $T_s$ : Temperatura de la superficie.

(Cengel, 2011)

La siguiente tabla muestra unos ejemplos de la emisividad de algunos materiales:

Tabla 3. Emisividad de materiales a 300K

Material	Emisividad
Hoja de aluminio	0.07
Aluminio anodizado	0.82
Cobre pulido	0.03
Oro pulido	0.03
Plata pulida	0.02
Acero inoxidable pulido	0.17
Pintura negra	0.98
Pintura blanca	0.90
Papel blanco	0.92-0.97
Pavimento de asfalto	0.85-0.93
Ladrillo rojo	0.93-0.96
Piel humana	0.95
Madera	0.82-0.92
Suelo	0.93-0.96
Agua	0.96
Vegetación	0.92-0.96

(Cengel, 2011)

Cuando una superficie de emisividad  $\varepsilon$  y área superficial  $A$ , a una temperatura  $T_s$ , está por completo encerrada por una superficie mucho más grande, a una temperatura  $T_{alred}$  y separada por un gas que no interfiere con la radiación, la razón neta de transferencia de calor por radiación entre estas dos superficies se da por:

Ecuación 5. Transferencia de calor por radiación

$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{alrededores}^4)$$

(Cengel, 2011)

## B. Refrigeración

En general, se define la refrigeración como cualquier proceso de eliminación de calor. Más específicamente, se define a la refrigeración como la rama de la ciencia que trata con los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura de un espacio o material a temperatura inferior con respecto de los alrededores.

Debido a que el calor siempre fluye de una región de temperatura alta a una región de temperatura baja, siempre se tendrá un flujo de calor hacia la región refrigerada de los alrededores calientes. Para limitar el flujo de calor hacia la región refrigerada de marea que sea un mínimo, resulta necesario aislar la región de sus alrededores con un buen material aislante de calor.

La velocidad a la cual deba ser el calor eliminado de un espacio o material refrigerado a fin de producir y mantener las condiciones deseadas de temperatura se le denomina "carga de refrigeración", "carga de enfriamiento" o "carga térmica". En casi todas las aplicaciones de refrigeración, la carga de enfriamiento del equipo de refrigeración es la suma de las ganancias de calor proveniente de diferentes fuentes como, calor transmitido por conducción a través de las paredes, calor proveniente del aire caliente de los alrededores, calor transmitido por emisión por las personas dentro del espacio refrigerado, etc.

a. En los procesos de refrigeración, la sustancia empleada para absorber calor se le denomina refrigerante. Todos los procesos de enfriamiento pueden clasificarse ya sea como sensibles o latentes de acuerdo al efecto que el calor absorbido tiene sobre el refrigerante. (Alarcón, 2000)

### 1) Calor sensible

Es el calor evidente al tacto, midiéndose por medio del termómetro, que puede ser del tipo normal para establecer la temperatura en el instante que se mide. La unidad de intensidad empleada para medir el calor es el grado Celsius. (Alarcón, 2000)

### 2) Calor latente

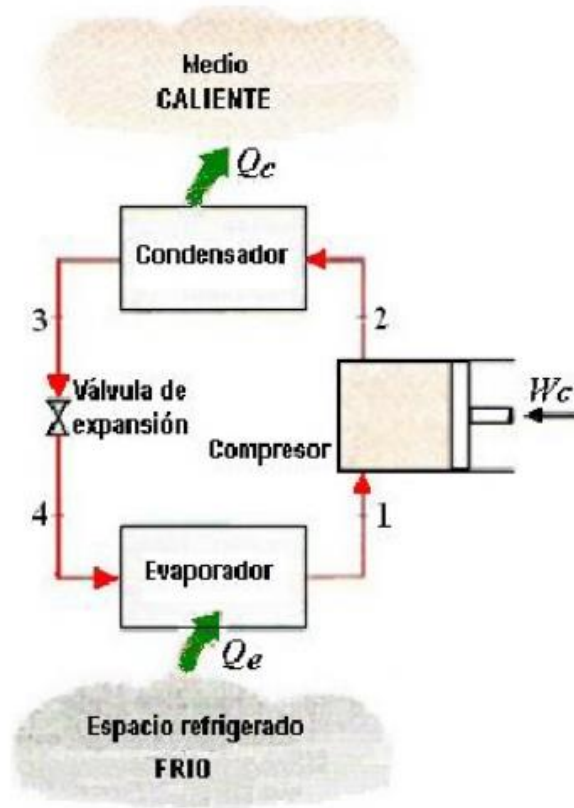
Es la cantidad de calor necesario para cambiar el estado de un cuerpo sin alterar su temperatura. Es fundamental entender que cuando un cuerpo cambia de estado de sólido a líquido o bien de líquido a vapor, este proceso, aunque no vaya acompañado de un cambio de temperatura perceptible, tiene por resultado la absorción de cierta cantidad de calor. Este calor permanece oculto o latente. (Alarcón, 2000)

### b. Ciclo de refrigeración

El refrigerante circula por el sistema y pasa por diversos cambios de estado de condición. Cada uno de esos cambios se denomina un proceso. El refrigerante comienza en un estado o condición inicial, pasa por una serie de procesos según una secuencia definida y vuelve a su condición inicial. Esta serie de proceso se denomina ciclo de refrigeración. El ciclo de refrigeración simple se compone de cuatro procesos fundamentales:

- Expansión
- Evaporación
- Compresión
- Condensación

Figura 1. Ciclo de refrigeración por compresión.



(Jorge Rodríguez, 2001)

### 1) Expansión

Este proceso ocurre en el control de flujo de refrigerante. El refrigerante líquido a temperatura y presión altas fluye del receptor por el tubo del líquido hacia el control de flujo de refrigerante, de tal forma que, a la salida, la presión del líquido se ha reducido lo suficiente para que la temperatura de saturación del refrigerante que entra en el evaporador sea inferior a la temperatura del ambiente refrigerado.

Una parte del líquido se evapora en el control de flujo de refrigerante para reducir la temperatura del líquido hasta la temperatura de evaporación. (Jorge Rodríguez, 2001)

### 2) Evaporación

En el evaporador, el líquido se evapora a una temperatura y presión constantes, mientras el calor necesario para el suministro de calor latente de evaporación pasa de las paredes del evaporador hacia el líquido que se evapora.

Todo el refrigerante se evapora en el evaporador y se calienta en el extremo del evaporador. Pese a que la temperatura del vapor aumenta un poco en el extremo del evaporador debido al recalentamiento, la presión del vapor no varía.

Aunque el vapor absorbe el calor del aire que rodea la línea de aspiración, que aumenta su temperatura y disminuye ligeramente su presión debido a la pérdida por fricción en la línea de aspiración, estos cambios no son importantes para la explicación de un ciclo de refrigeración simple. (Jorge Rodríguez, 2001)

### 3) Compresión

Por la acción del compresor, el vapor que resulta de la evaporación se lleva por la línea de aspiración desde el evaporador hacia la entrada de aspiración del compresor. En el compresor, la temperatura y presión del vapor aumentan debido a la compresión. el vapor de alta temperatura y alta presión se descargan del compresor en la línea de descarga. (Jorge Rodríguez, 2001)

### 4) Condensación

El vapor fluye por la línea de descarga hacia el condensador donde evacua calor hacia el aire relativamente frío que el ventilador del condensador hace circular a través del condensador. Cuando el vapor caliente evacúa calor hacia el aire más frío, su temperatura se reduce a la nueva temperatura de saturación que corresponde a la nueva presión, y el vapor se condensa, volviendo así al estado líquido. Antes de que el refrigerante alcance el fondo del condensador, se condensa todo el vapor y luego se enfría. El líquido enfriado pasa al receptor y queda listo para volver a circular. (Jorge Rodríguez, 2001)

#### c. Componentes de un sistema de refrigeración

##### 1) Válvula de expansión

El refrigerante líquido a alta presión, que procede del depósito de la unidad condensadora, pasa por la válvula de expansión para convertirse en líquido a baja presión. Dicha válvula es la divisoria entre las partes de alta y baja presión del sistema, tiene dos funciones distintas:

1. Mantener una alta presión en la línea de líquido, depósito y condensador, con el objetivo de que el refrigerante conserve su estado líquido.
2. Regular el paso de refrigerante líquido al evaporador en la proporción necesaria para compensar la cantidad de este evaporado previamente.

(Alarcón, 1998)

##### 2) Evaporadores

Existe una gran variedad de diversidad de tipos de evaporadores. Teniendo en cuenta dicha diversidad, los evaporadores se clasifican en tres grandes grupos:

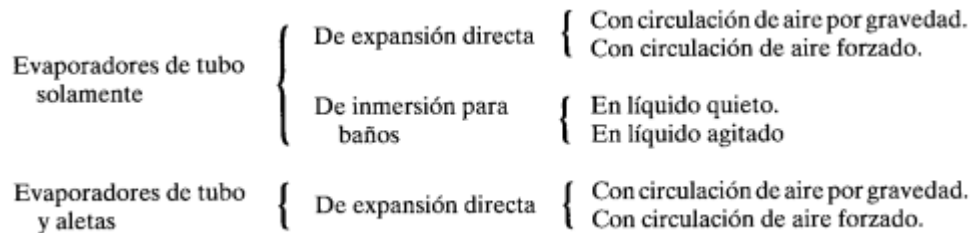
- Sistema húmedo o inundado: Conserva el vapor casi totalmente lleno de líquido.
- Sistema Seco: el evaporador contiene la cantidad de refrigerante líquido necesario, reduciendo al mínimo la cantidad de este en el sistema y formado una corriente continua entre el punto de expansión y la admisión del compresor.
- Sistema semi inundado: establece de por medio tubos conectados en paralelo a colectores distribuidores, lo cual permite una más rápida y uniforme expansión del líquido refrigerante.

## 1. Evaporadores húmedos o inundados

Los evaporadores inundados se pueden considerar obsoletos hoy en día ya que ha sido reemplazado por los otros dos mencionado anteriormente. Estos evaporadores empleaban una válvula del flotador para el control de alta o baja presión del sistema. En los evaporadores de tipo seco o semi inundado, el control de refrigerante líquido se efectúa por medio de válvulas de expansión (termostáticas o automáticas) y, en casos en que tengan que manejarse cantidades muy pequeñas de refrigerante, por medio de difusores graduados o tubos capilares. (Alarcón, 1998)

Cada uno de dichos grupos o sistemas se hallan subdivididos en los siguientes tipos:

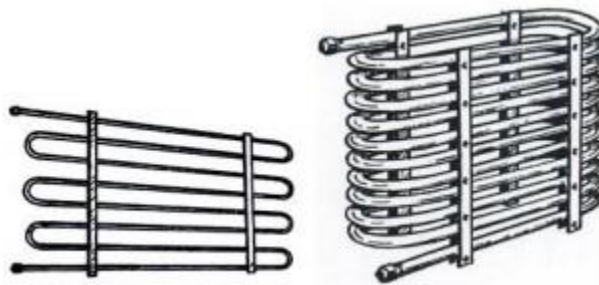
Figura 2. Diagrama de sistemas de evaporadores.



## 2. Evaporadores de sistema seco de tubo

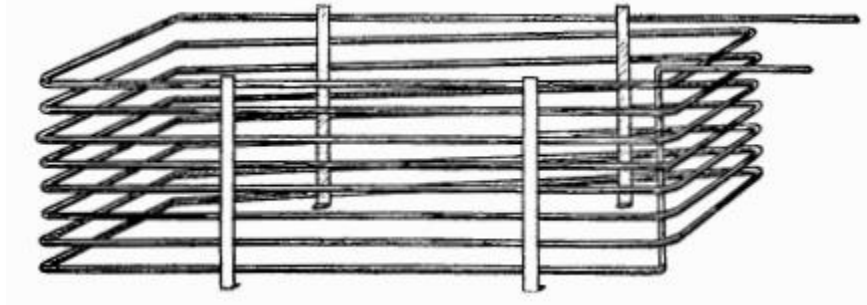
Estos evaporadores están formados por un tubo el cual se le da la forma conveniente para su colocación en el área destinada para enfriar. El material empleado normalmente es el tubo de cobre con diámetros de 1/2'', 5/8'' y 3/4''. Actualmente en los evaporadores destinados a instalaciones comerciales que emplean compresores de tipo hermético o semi-hermético de pequeña potencia, se utilizan evaporadores con tubo de cobre de 3/8'' de diámetro con los que se reduce la superficie de radiación, sin embargo, es compensada por una mayor velocidad de refrigerante que aumenta la eficiencia del evaporador. (Alarcón, 1998)

Figura 3. Variante de evaporador de tubo liso



. (Alarcón, 1998)

Figura 4. Variante de evaporador de tubo liso para baños.



(Alarcón, 1998)

### 3. Evaporadores de placas

Los evaporadores de placas son una variante de los evaporadores de tubo. Para su construcción se fabrican dos placas de aluminio acanaladas, soldadas entre sí formando ductos en los cuales se evapora el refrigerante como se muestra en la Figura 5. Se emplean generalmente para frigoríficos de uso doméstico. Se requieren placas de mayores dimensiones en caso se quisiera utilizar un evaporador de placas para aplicaciones comerciales e industriales. (Alarcón, 1998)

Figura 5. Evaporador de placa



### 4. Evaporadores de sistema seco, de tubo y aletas

Estos están formados por unas horquillas de tubo generalmente de cobre, en los diámetros empleados en los serpentines de tubo a los cuales se adhieren aletas o placas cuadradas o rectangulares de latón, cobre o aluminio como se visualiza en la Figura 6. Es de alta importancia que exista un perfecto contacto entre las aletas y el tubo a modo de asegurar una buena conductividad entre ambos. Para la obtención de una mejor conducción, se acostumbra a dar al evaporador un



baño de estaño que llena los espacios que pueden existir entre el tubo y las aletas y, además, sirve de capa antioxidante al conjunto que forma el evaporador. Es necesario que las aletas se encuentren separadas a fin de que entre ellas se establezca una adecuada circulación de aire, lo cual evita la formación de condensado entre las mismas y evite la absorción de calor. (Alarcón, 1998)

Figura 6. Demostración de tubos con aletas adheridas.



Figura 7. Evaporador de tubos con aletas



## 5. Evaporadores de aire forzado

Están formados por un serpentín de tubo de cobre con aletas adheridas trabajando en régimen semi inundado y en conjunto se monta dicho serpentín dentro de una caja metálica con un ventilador directamente rígido que establece de esta forma una circulación de aire forzado, aumentando (ver Figura 8), aumentando considerablemente la absorción de calor y reduciendo, en consecuencia, la superficie de evaporador que se necesitaría, empleando el tipo de circulación por gravedad.

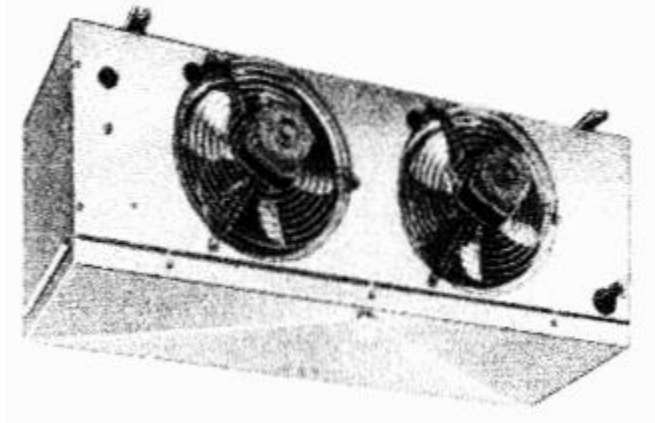
Las ventajas que representan los evaporadores de aire forzado son las siguientes:

- Estructura más compacta
- Tamaño reducido
- Facilidad de instalación
- Obtención de temperatura uniforme, debido a la rápida circulación de aire

El espacio entre aletas de estos evaporadores es más reducido que el de tipo de circulación de aire natural. Por ese motivo la diferencia de temperatura debe ser reducida, ya que, al tener una

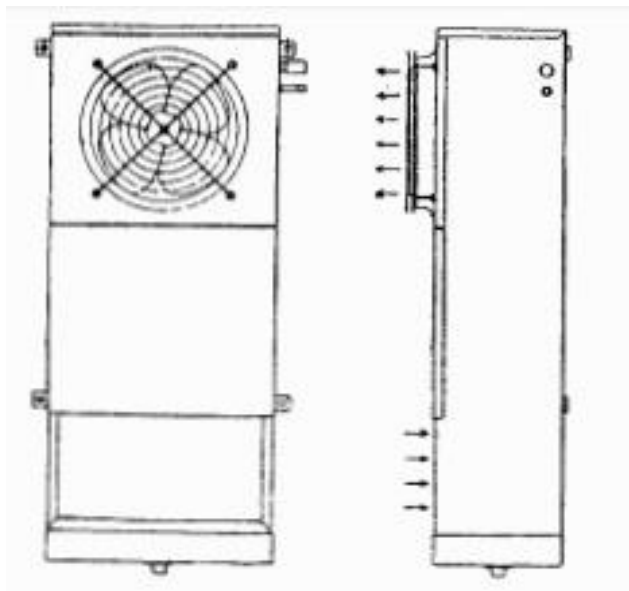
diferencia muy pronunciada, da paso a que se genere condensación en el serpentín. Existen varios diseños referentes a evaporadores de aire forzado; a continuación, se muestran las siguientes figuras como ejemplo del diseño de los evaporadores de aire forzado. (Alarcón, 1998)

Figura 8. Evaporador de aire forzado instalado directo al techo.



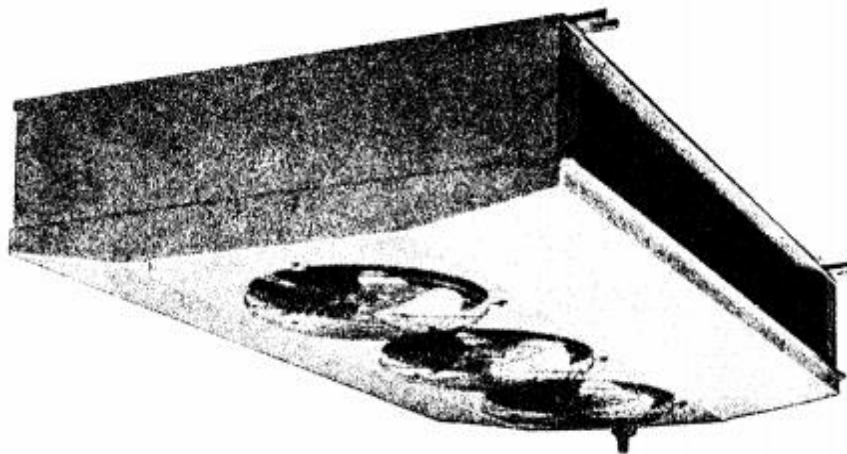
(Alarcón, 1998)

Figura 9. Evaporador de aire forzado instalado directo a pared.



(Alarcón, 1998)

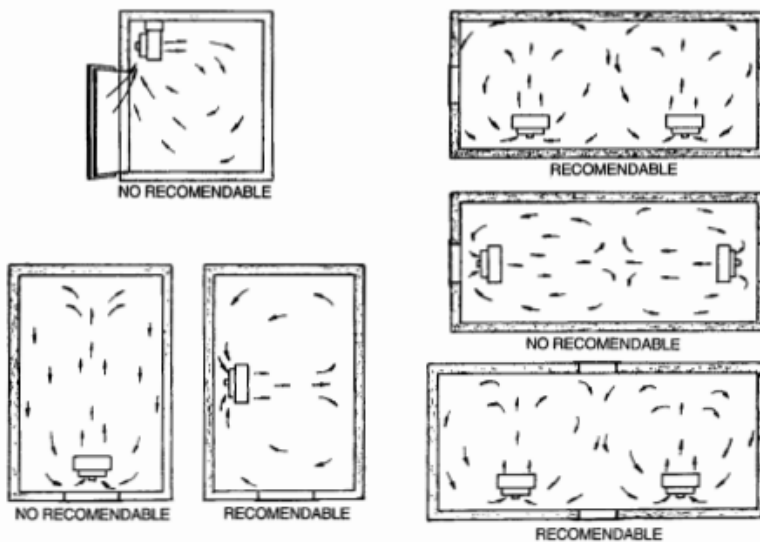
Figura 10. Evaporador de aire forzado instalado al techo. (Alarcón, 1998)



(Alarcón, 1998)

La instalación de dichos evaporadores debe ser planificada, ya que el flujo del aire producido por los ventiladores, puede que la ubicación del evaporador no sea favorable para el flujo del aire. En la Figura 11 se muestra las recomendaciones de la ubicación recomendable y no recomendable para el evaporador dentro del espacio a refrigerar. (Alarcón, 1998)

Figura 11. Recomendación de instalación de evaporadores de aire forzado en distintas estructuras



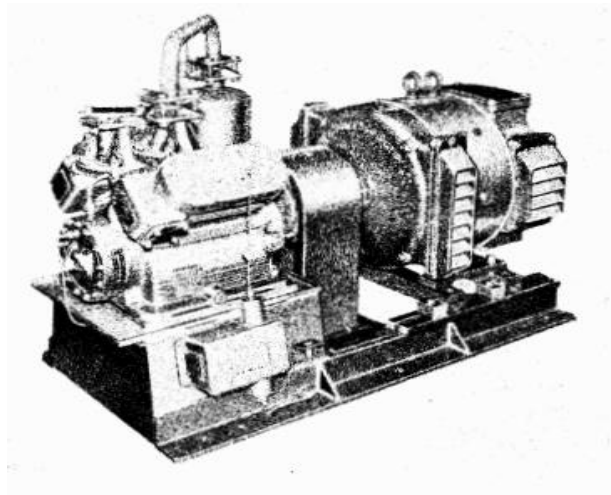
(Alarcón, 1998)

### 3) Compresores

#### 1. Compresores abiertos multi cilíndricos de acoplamiento directo.

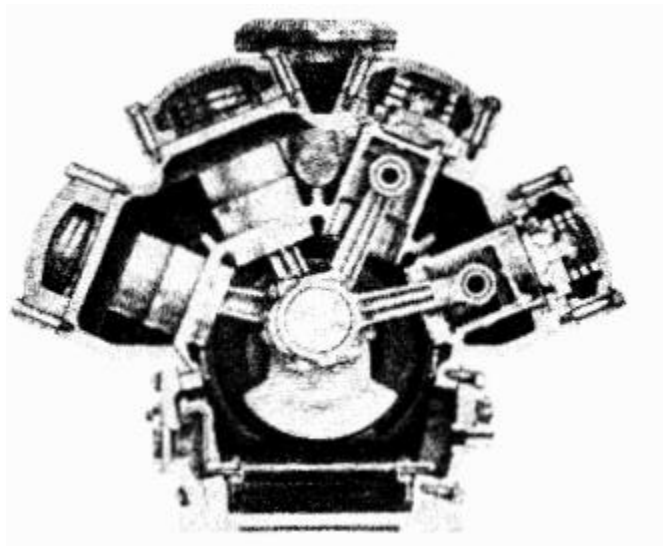
Este tipo de compresores se utiliza para capacidades bastante altas en instalaciones de orden industrial en diversas aplicaciones: refrigeración, congelación y acondicionamiento de aire. El compresor va directamente acoplado al motor eléctrico por medio de un acoplamiento elástico. Normalmente van equipados de dispositivos reguladores de capacidad para que la capacidad se adapte a las necesidades de instalación. Es común la utilización de refrigerantes R-12, R-22 y R-502 e incluso con amoníaco. (Alarcón, 1998)

Figura 12. Compresor abierto multi cilindro acoplado directamente a motor.



(Alarcón, 1998)

Figura 13. Core de un compresor abierto multi cilindrico.



(Alarcón, 1998)

## 2. Compresores herméticos

Estos compresores que pueden ser rotativos o de pistón, incorporan el mecanismo del compresor y el motor para su accionamiento todo englobado dentro de un depósito hermético, conectado directamente al condensador y evaporador. Se fabrican desde pequeñas potencias para uso doméstico hasta una amplia gama que cubre la industria comercial. Los compresores se subdividen en tres gamas:

- Acondicionamiento de aire: entre 7°C hasta -5°C
- Altas temperaturas: entre 0°C hasta -10°C
- Bajas temperaturas: entre -10°C hasta -30°C

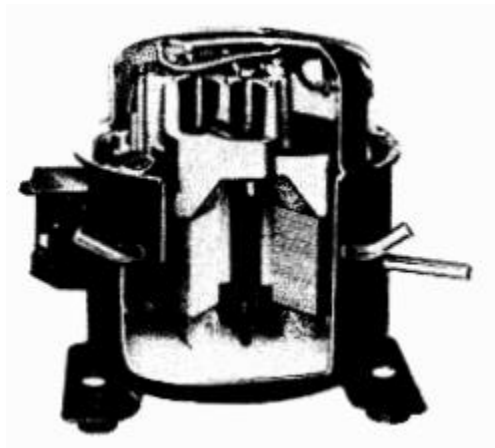
Para este tipo de compresores se utilizan en general los refrigerantes R-22 y R-12

Figura 14. Compresor hermético utilizando R-22.



(Alarcón, 1998)

Figura 15. Vista interior de un compresor hermético.



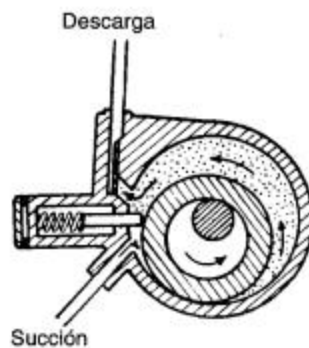
(Alarcón, 1998)

### 3. Compresores rotativos

Los compresores rotativos también son un tipo particular de compresores herméticos de pistón, en los que el movimiento alternativo se reemplaza por el movimiento circular continuo. Existen dos variantes: el tipo excéntrica y de paletas.

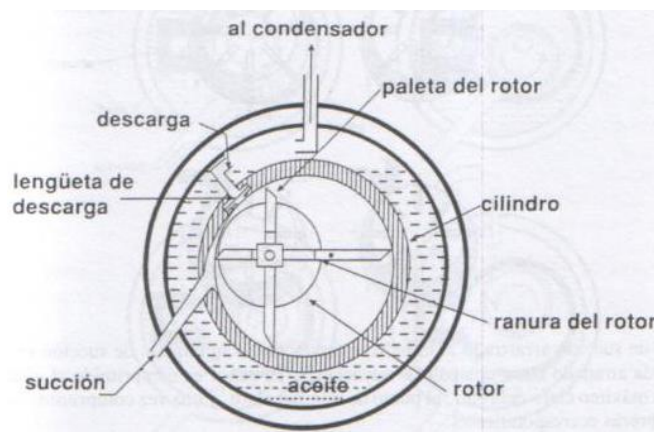
El tipo de compresor excéntrico generalmente es de un cigüeñal del tipo excéntrica montado en un cárter circular, con un anillo de movimiento libre acoplado al mismo. Este conjunto da vueltas dentro del cárter con el anillo libre, girando normalmente a una velocidad más reducida que la del eje de la excéntrica. Dicho anillo no tiene contacto efectivo con las paredes del cilindro y logra un sello de gas perfecto. En la siguiente figura se muestra un compresor de tipo excéntrica. (Alarcón, 1998)

Figura 16. Compresor rotativo de tipo excéntrica



En la Figura 17 puede observarse el compresor rotativo de paletas, en el que se visualizan cuatro paletas deslizantes soportadas por un rotor movido por un eje excéntrico en relación con el cilindro donde gira. Dichas paletas se mantienen generalmente apoyadas contra el cilindro por medio de resortes. El refrigerante procedente del evaporador pasa a través del orificio de aspiración, llenando el espacio formado entre el rotor, el cilindro y las dos paletas contiguas. Al girar el rotor se va reduciendo el volumen de refrigerante comprimiéndose hasta llegar al final de la vuelta, descargando entonces por el orificio de compresión hacia el condensador. (Alarcón, 1998)

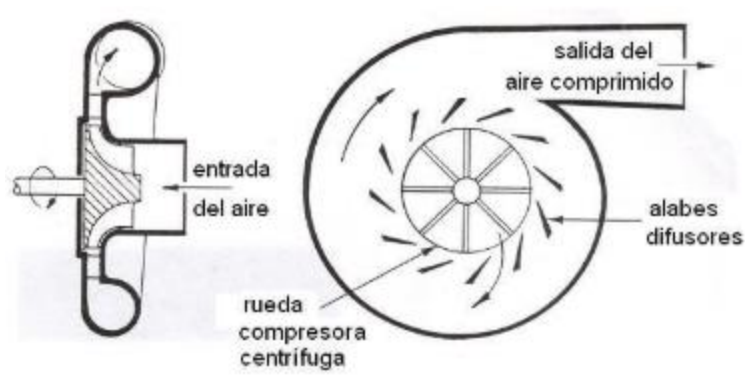
Figura 17. Compresor rotativo de paletas.



#### 4. Compresores centrífugos

Este tipo de compresor se ha desarrollado para su aplicación en instalaciones de una gran capacidad. emplean refrigerante cloro-fluorado R-11, cuya fabricación ha sido anulada, sustituyéndolo por el fluido HCFC R-123, exento de cloro. Las ventajas principales del compresor centrífugo son que ocupan un espacio reducido, es ausente de vibraciones, la variación de la potencia frigorífica y el refrigerante no obtiene ninguna contaminación por aceites. (Alarcón, 1998)

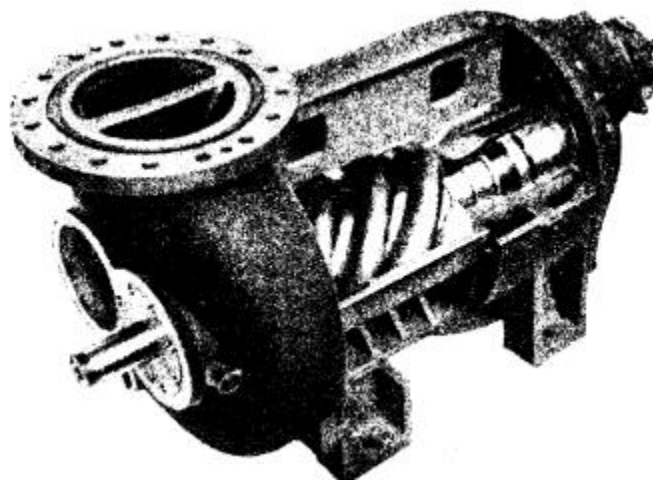
Figura 18. Diagrama de compresor centrífugo



#### 5. Compresores de tornillo

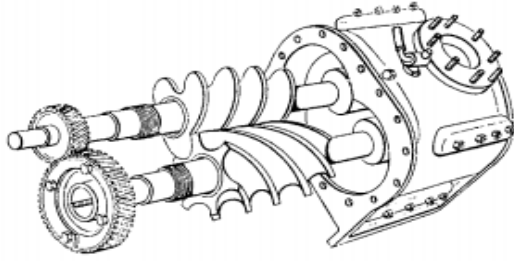
Este tipo de compresor es utilizado en las aplicaciones que la necesidad de enfriamiento sobrepase las capacidades de los compresores de pistón. No emplean válvulas de aspiración ni de descarga y la compresión del refrigerante evaporado se obtiene en el espacio resultante entre los husillos helicoidales de igual diámetro exterior montados dentro de un cárter de fundición de alta resistencia. El compresor de tornillo utiliza refrigerantes halogenados como el R-22 y el amoníaco. (Alarcón, 1998)

Figura 19. Compresor de tornillo.



(Alarcón, 1998)

Figura 20. Corte de un compresor de tornillo.



(Alarcón, 1998)

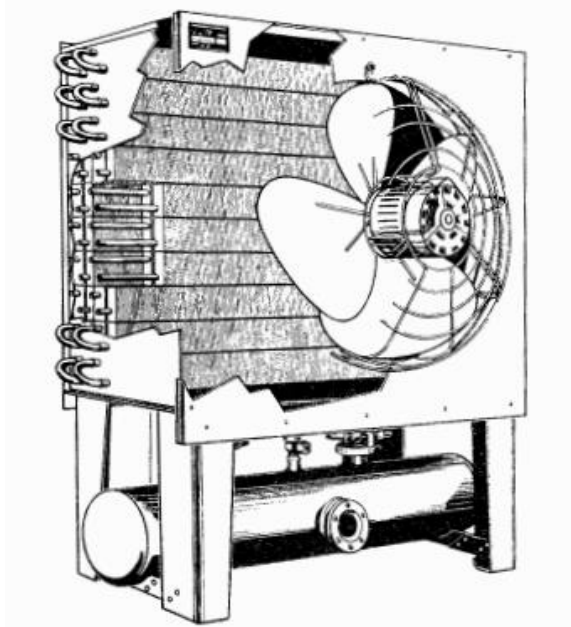
#### 4) Condensadores

Los condensadores se encuentran conectados a los compresores. En instalaciones domésticas, el condensador se encuentra muy cerca del compresor, sin embargo, dependiendo de la aplicación existen varios tipos de instalación de condensadores.

##### 1. Condensadores de aire instalados a distancia del compresor.

Este tipo de instalación se ejecuta para condensadores que son de gran capacidad y se requiere de una buena admisión de aire del exterior y puedan establecer una circulación perfecta de aire. Estos condensadores pueden ser de tipo vertical (Figura 21) u horizontal (Figura 22), deben incorporar su propio ventilador con cierta potencia y normalmente de tipo helicoidal. Se incluye también en el conjunto de estos condensadores un depósito o recipiente de líquido. (Alarcón, 1998)

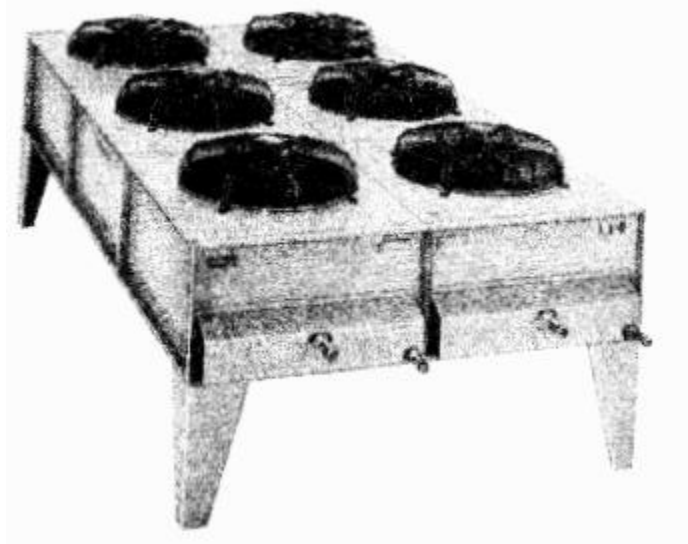
Figura 21. Condensador de aire a distancia vertical con recipiente líquido incorporado.



(Alarcón, 1998).



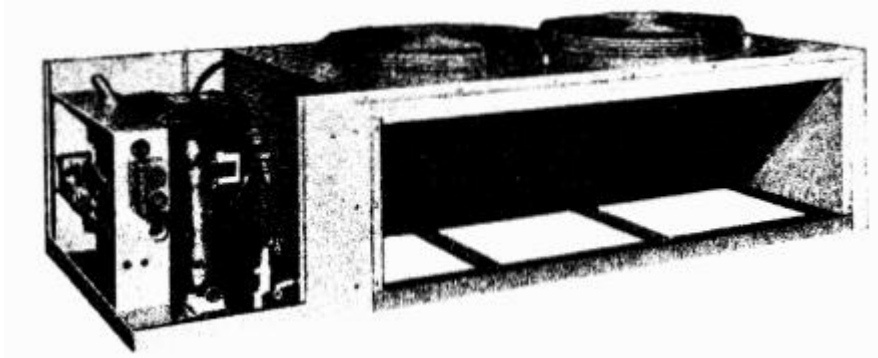
Figura 22. Condensador de aire a distancia horizontal.



(Alarcón, 1998)

Una combinación muy utilizada en instalaciones de aire acondicionado es el del condensador de aire horizontal junto con el compresor, como se muestra en la Figura 23. Estos condensadores están automatizados, de tal manera que, por medio de termostatos que actúan sobre la temperatura ambiente, cortan la acción de los ventiladores, ajustando así el caudal del aire necesario en cada caso de acuerdo con las condiciones del aire aspirado. (Alarcón, 1998)

Figura 23. Unidad condensadora de aire horizontal conjunto con un compresor.



(Alarcón, 1998)

## 2. Condensadores de placa

En los refrigeradores de tipo doméstico se emplea también un tipo de condensador de tipo estático denominado placas, el cual se extiende a lo largo de la parte trasera del mueble. Se fabrica generalmente con dos placas de metal acanalado, soldadas entre sí y formando tubos en los cuales se condensa el refrigerante. (Alarcón, 1998)

### 3. Condensadores refrigerados por agua.

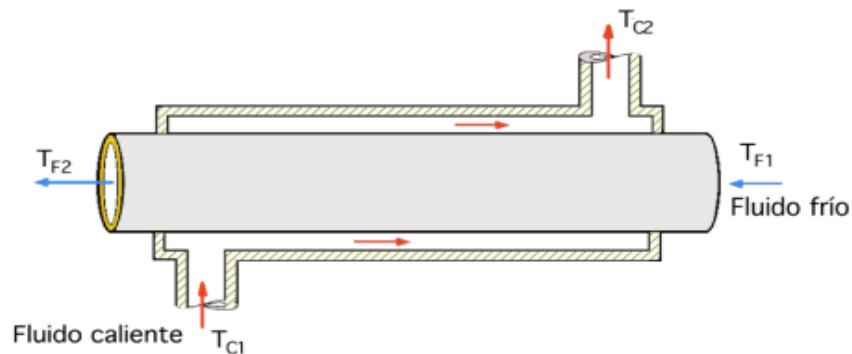
Los condensadores refrigerados por agua se subdividen en tres tipos:

- 3.1 De contracorriente
- 3.2 De Inmersión
- 3.3 Multitubulares

El tipo de contracorriente está formado por dos tubos de diferentes diámetros concéntricos. El gas o refrigerante pasa entre el tubo pequeño y el mayor; y el agua refrigerada por el interior del tubo de menor diámetro. El tubo exterior se conecta a la válvula de servicio de descarga y el interior se extiende hasta la tubería o toma de agua.

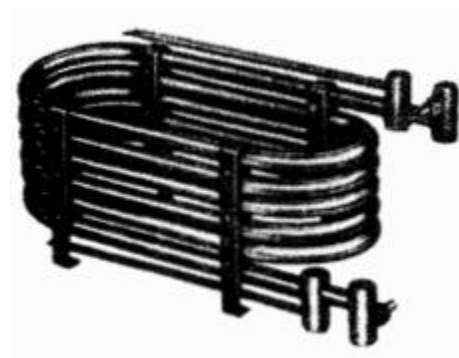
El agua que entra por la parte inferior del condensador sube por la tubería y el refrigerante comprimido que penetra por la parte superior del condensador, circula en sentido contrario hacia abajo. Pueden adoptar la disposición de tubos horizontales como en la Figura 24. (Alarcón, 1998)

Figura 24. Diagrama de condensador de contracorriente



Es importante mencionar que no se debe adoptar este tipo de condensador en regiones donde la temperatura en invierno sea inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ , ya que esto puede causar la rotura del serpentín dando como resultado la entrada del agua en el sistema. (Alarcón, 1998)

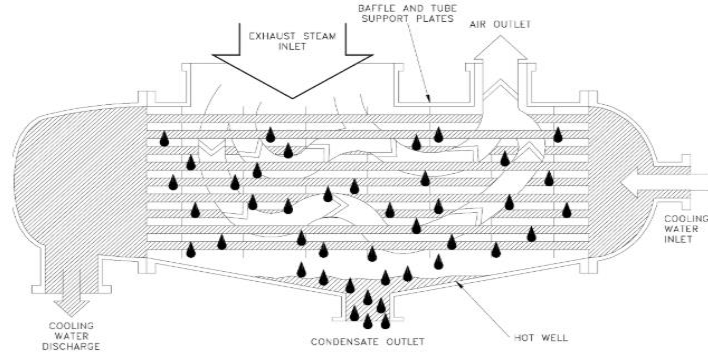
Figura 25. Condensador de agua contracorriente en forma de serpentín.



(Alarcón, 1998)

El condensado de agua tipo multitubular está formado por un recipiente cilíndrico de chapa de acero extra-grueso y tubos interiores de cobre liso o aleteados (Figura 26), por los que circula el agua enfriadora. (Alarcón, 1998)

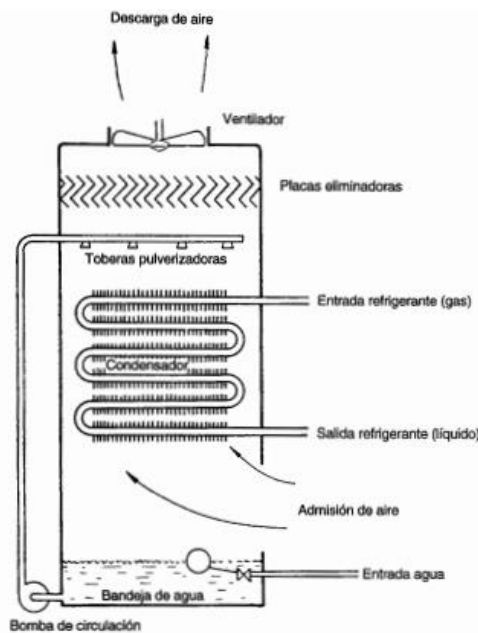
Figura 26. Condensador de tipo multitubular



#### 4. Condensadores evaporativos

Este tipo de condensador consiste en una torre enfriadora de agua por el sistema de aire forzado, combinada con un condensador formado por un serpentín de tubo liso. La superficie del condensador se humidifica por medio de toberas pulverizadoras de agua, a la vez que sobre el mismo se dirige la corriente de aire de un ventilador con el objetivo de activar la evaporación del agua, iniciada en el proceso de condensación del refrigerante que actúa de fuente de calor. Como consiguiente se colocan unas placas las cuales separan las gotas de agua de la corriente de agua pulverizada, vertiéndose sobre la bandeja colectora, de donde una pequeña bomba establece la recirculación de dicha agua hacia la batería de toberas o irrigadores. (Alarcón, 1998)

Figura 27. Condensador evaporativo.



(Alarcón, 1998)

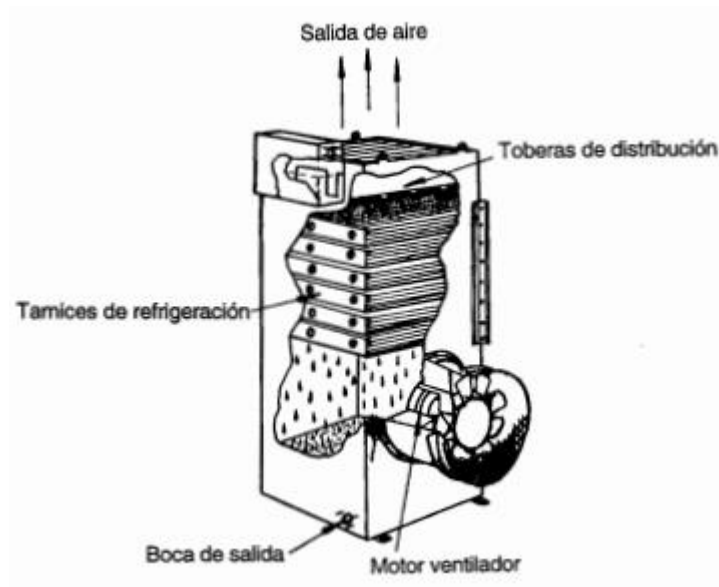
## 5) Torres de agua

Anteriormente se menciona que para la recuperación del agua de condensación en equipo frigoríficos que disponen ya de su condensador de agua, una de las soluciones más empleadas es la torre de agua, en la que el aire que actúa como receptor de calor se pone en contacto con el agua caliente proveniente del condensador, la cual se enfría al expulsar su calor a la atmósfera.

La cantidad de agua evaporadora es relativamente pequeña, ya que, para evaporar un kilogramo de agua, a las temperaturas de funcionamiento de las torres, se necesitan aproximadamente 550 calorías, lo cual representa la pérdida por evaporación del 1% de agua circulada por cada 5.5°C por encima de la temperatura de bulbo húmedo del psicrómetro.

Las torres de agua se clasifican según el procedimiento empleado para producir la circulación de aire de convección natural y de convección forzada, siendo estas últimas usadas en refrigeración por ser mucho más reducidas, permitiendo un rendimiento muy eficiente. (Alarcón, 1998)

Figura 28. Ejemplo de torre de agua.



## 6) Refrigerantes

### 1. Propiedades generales de los refrigerantes

- Calor latente de evaporación: el número de calorías a obtener en su ebullición debe ser muy elevado con el fin de emplear la menor cantidad posible de refrigerante en el proceso de evaporación, para obtener una temperatura determinada.
- Punto de ebullición: debe ser lo suficientemente bajo para que sea siempre inferior a la temperatura de los alimentos que se depositen en el refrigerador para su enfriamiento o conservación.
- Temperatura y presiones de condensación: Deben ser bajas para condensar rápidamente a presiones de trabajo normales y a las temperaturas usuales del medio enfriador que se emplee en el condensador (aire o agua).

- Volumen específico del refrigerante evaporado: es el espacio que ocupa el refrigerante en estado de vapor, el cual ha de procurarse sea lo más reducido posible.
- Temperatura y presión crítica: todos los refrigerantes tienen un punto en que no se condensan, por grande que sea la presión que se les aplique. Esta temperatura se llama punto crítico y la presión correspondiente a dicha temperatura se llama presión crítica. Por lo tanto, es necesario que dicho punto sea muy elevado. En los refrigerantes mencionados anteriormente, el punto crítico se halla por encima de las temperaturas normales en refrigeración, por lo que se llaman “permanentes”.
- Efecto sobre el aceite lubricante: todos los compresores requieren lubricación, por lo que la naturaleza del refrigerante no ha de afectar seriamente la del aceite empleado, descomponiendo el mismo.
- Propiedad de inflamación o explosión: es recomendable que no sean inflamables ni explosivos.
- Acción sobre los metales. no deben atacar a los metales empleados en las diversas piezas de la instalación.
- Propiedades tóxicas: no deben ser, en ningún modo, tóxicos y por consiguiente, no deben ser nocivos para el cuerpo humano.
- Facilidad de localización en las fugas: en el caso de fugas que se produzcan en el sistema, resulte fácil la localización de la misma. (Alarcón, 1998)

## 2. Formulación química de los refrigerantes

Las fórmulas y nombres son los siguientes:

- Fórmula química R-12:  $CC_2F_2$ - Diclorodifluorometano
- Fórmula química R-22:  $CHClF_2$ - Monoclorodifluorometano
- Fórmula química R-134a:  $CF_3CFH_2$  - Tetrafluoretano

(Whitman, 2000)

A continuación, se muestra una tabla de una lista de refrigerantes con algunas de sus características.

Tabla 4: Tabla de características de refrigerantes.

Designación estándar del refrigerante	Nombre químico	Punto de ebullición °C	Fórmula química	Peso molecular
11	Triclorofluorometano	23,8	$CCl_3F$	137,4
12	Diclorodifluorometano	-29,8	$CCl_2F_2$	120,9
13	Clorotri fluorometano	-81,4	$CClF_3$	104,5
22	Clorodifluorometano	-40,8	$CHClF_2$	86,5
30	Cloruro de metileno	40,7	$CH_2Cl_2$	84,9
40	Cloruro de metilo	-23,8	$CH_3Cl$	50,5
50	Metano	-161,7	$CH_4$	16,0
113	Triclorotrifluoroetano	47,6	$CCl_2FCClF_2$	187,4
114	Diclorotetrafluoroetano	3,6	$CClF_2CClF_2$	170,9
123	Diclorotrifluoroetano	27,9	$CCl_2HCF_3$	152,93
134a	Tetrafluoroetano	-26,2	$CF_3CFH_2$	102,03
170	Etano	-88,6	$CH_3CH_3$	30,0
290	Propano	-42,2	$CH_3CH_2CH_3$	44,0
500*	Refrigerantes 12/152a; 73,8/26,2% (Wt)	-33,3	$CCl_2F_2/CH_2CHF_2$	99,3
502*	Refrigerantes 22/115; 48,8/51,2% (Wt)	-45,6	$CHClF_2/CClF_2CF_3$	112,0
601	Isobutano	-10,0	$CH(CH_3)_3$	58,1
717	Amoníaco	-33,3	$NH_3$	17,0
718	Agua	100,0	$H_2O$	18,0

(Whitman, 2000)

A pesar de que los refrigerantes en general tienen una fórmula química y nombre químico existen refrigerantes como R-502, R-22 y R-115 que no tienen una fórmula química.

#### d. Cálculo de cargas térmicas (frigoríficas)

- Carga total de refrigeración:

La carga total de una instalación frigorífica es la cantidad de calorías que deben extraerse a fin de mantener la temperatura deseada en una cámara, nevera, cuarto frío, etc. Dicha cifra procede del total de calor que entra en el espacio a refrigerar por el conjunto de las siguientes causas:

##### 1) Pérdida a través de las paredes.

La cantidad de calor por pérdidas a través de las paredes depende de tres factores:

- ✓ Superficie total exterior de la cámara, nevera, cuarto frío, etc.
- ✓ Aislamiento empleado
- ✓ Diferencia de temperatura entre la del ambiente exterior donde se halla instalada la cámara, mueble o recipiente y la que debe obtenerse en su interior.

Cuanto mayor es la superficie total exterior, mayor será la cantidad de calor que deberá extraerse. Si el aislamiento es de mayor espesor, menores serán las pérdidas a través de este, y más calor deberá absorberse cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior del espacio a refrigerar.

El primer paso para obtener las pérdidas por paredes consiste en determinar la superficie total de la cámara, nevera o cuarto frío. Para obtener la superficie se debe considerar la siguiente fórmula.

##### Ecuación 6. Cálculo de superficie de espacios refrigerados

$$S = 2[(a * b) + (b * c) + (c * a)]$$

a = ancho exterior,  
b = fondo exterior  
c = alto exterior

Al obtener el dato y el espesor del aislamiento con que se cubrirá la cámara, mueble o depósito, se busca entonces el coeficiente de transmisión correspondiente a dicho aislamiento. (Alarcón, 1998)

##### Ecuación 7. Calorías en 24 hrs por pérdidas a través de paredes

$$Q_{pared} = S * K * (T - t) * 24hrs$$

(Wang, 2010)

Tabla 5. Coeficientes de transmisión de los materiales aislantes más usados.

Espesor en mm	Corcho	Fibra de vidrio	Poliestireno	Poliuretano	Lana mineral
	Frig./h/m <sup>2</sup> /°C				
50	0,80	0,70	0,60	0,40	0,78
75	0,54	0,49	0,40	0,27	0,52
100	0,40	0,37	0,30	0,20	0,39
125	0,32	0,29	0,24	0,16	0,31
150	0,27	0,19	0,15	0,10	0,19

(Alarcón, 1998)

Estos coeficientes varían en relación con la temperatura y grado de compresión de cada sustancia, por lo que, desde un punto de vista de orden práctico, los valores indicados deben aumentarse alrededor de un 25% para obtener cifras reales. En el caso particular del corcho expandido, se ha adoptado los siguientes coeficientes.

Tabla 6. Coeficientes del corcho.

<u>Espesor en mm</u>	<u>Coefficiente (K)</u>
50 .....	0,97
75 .....	0,66
100 .....	0,50
125 .....	0,41
150 .....	0,33
200 .....	0,25

(Alarcón, 1998)

Como siguiente paso se pasa a establecer la diferencia de temperatura entre el ambiente exterior y el interior de la cámara. Para la primera debe calcularse siempre la temperatura media en la época más calurosa y en cuanto a la temperatura que debe mantenerse en el interior depende de la naturaleza del producto que debe almacenarse. (Wang, 2010)

Tabla 7. Carga de transmisión de calor en paredes.

Aislamiento (Pulg.)					Carga de Trasmisión de Calor (BTU por 24 Hrs. por 1 pie <sup>2</sup> de Superficie Exterior)																	
Corcho o Lana Mineral	Fibra de Vidrio o Poliestireno	Uretano Espreado	Uretano Aplicado en el lugar	R	Reducción de temperatura en °F																	
					(Temperatura exterior del aire menos Temperatura del cuarto)																	
					1	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
	1			4	5,10	204	230	255	281	306	332	357	383	408	434	459	485	510	536	561	587	612
	2			8	3,40	136	153	170	187	204	221	238	255	272	289	306	323	340	357	374	391	408
4	3	2		12,6	1,80	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207	216
5	4		2	16,4	1,44	58	65	72	79	87	94	101	108	115	122	130	137	144	151	159	166	173
6	5	3		19,6	1,20	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144
8	6	4	3	25	0,90	36	41	45	50	54	59	63	68	72	77	81	86	90	95	99	104	108
10	8		4	33	0,72	29	32	36	40	43	47	50	54	58	61	65	68	72	76	79	83	86
	10	6		38,7	0,60	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72
			6	50	0,48	19	22	24	26	29	31	34	36	38	41	43	46	48	51	53	55	58
Ventana de vidrio sencilla				9	27,00	1080	1220	1350	1490	1620	1760	1890	2030	2160	2290	2440	2560	2700	2840	2970	3100	3240
Ventana de vidrio doble				2,2	11,00	440	500	550	610	660	715	770	825	880	936	990	1050	1100	1160	1210	1270	1320
Ventana de vidrio triple				3,4	7,00	280	320	350	390	420	454	490	525	560	595	630	665	700	740	770	810	840
Piso de concreto de 6"				4,8	5,00	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600

(Bohn, 2005)

2) Pérdidas por servicio (uso de puertas, alumbrado, calor del personal y otras fuentes de calor dentro del espacio a refrigerar).

La cantidad de calor que entra en la cámara o refrigerador por este concepto depende del número de veces que se abran las puertas, dato que está afectado por el uso que se haga del refrigerador. En un restaurante, por ejemplo, se abrirán más veces las puertas que en una gran cámara de almacenamiento de carne. Aunque se trata de un dato difícil de determinar de una manera exacta, la práctica ha establecido unos porcentajes de pérdidas por apertura de puertas, alumbrado, calor del personal, etc., que sirven perfectamente y que dan una idea muy aproximada de dicho valor. Dichos porcentajes se calculan sobre la cantidad de frigorías/24 horas por pérdidas de paredes que previamente se habrá obtenido son como siguen:

- En grandes cámaras de conservación.....10%
- Para detallistas.....25%
- Para restaurantes, bares y pastelerías.....40%

(Alarcón, 1998)

3) Pérdidas por calor debido a motores eléctricos

Los motores pequeños son en su mayoría menos eficientes y tienden a generar más calor por HP que los motores grandes. Los motores dentro del área refrigerada rechazan toda pérdida de calor, sin embargo, los motores localizados en el exterior, pero que el trabajo se realiza en el interior, rechazaron menos calor dentro del espacio refrigerado.

Ecuación 8. Pérdida por equipo eléctrico

$$q_{elec} = 2546 P_{hp} F_{carga} F_{uso} \frac{1 - F_{escape}}{\eta_{motor}}$$

Donde.

- $P_{hp}$  = Caballos de fuerza del equipo en hp



- $F_{carga} = \text{Factor de carga relativa a la potencia}$
- $P_{uso} = \text{Factor de uso}$
- $\eta_{motor} = \text{Eficiencia del motor}$

(Wang, 2010)

Tabla 8. Calor equivalente de motores eléctricos.

Motor Hp	BTU por (HP) (HR)		
	Relacionado con la Carga dentro del Espacio Refrigerado <sup>1</sup>	Pérdida del Motor Fuera del Espacio Refrigerado <sup>2</sup>	Relacionado con la Carga exterior del Espacio Refrigerado <sup>3</sup>
1/8 a 1/2	4,250	2,545	1,700
1/2 a 3	3,700	2,545	1,150
3 a 20	2,950	2,545	400

(Bohn, 2005)

- Espacio refrigerado 1: Para uso cuando la carga y las pérdidas por motores son disipadas dentro del espacio refrigerado: motores que impulsan ventiladores para forzar la circulación de los evaporadores.
- Espacio refrigerado 2: Para uso cuando las pérdidas de los motores son disipadas fuera del espacio refrigerado y trabajo útil del motor empleado dentro del espacio refrigerado: bomba de circulación de salmuera o sistema de agua helada, motor ventilador en el exterior del espacio refrigerado que impulsa el ventilador para la circulación del aire dentro del espacio refrigerado.
- Espacio refrigerado 3: Para uso cuando las pérdidas de calor del motor son disipadas dentro del espacio refrigerado y trabajo útil empleado fuera del espacio refrigerado: motor en espacio refrigerado, bomba o ventilador localizado fuera del espacio refrigerado.

Tabla 9. Eficiencia de motores hasta 250hp.

Motor nameplate or rated horsepower	Nominal rpm	Full-load motor efficiency, percent	Location of motor and driven equipment with respect to conditioned space or airstream		
			Motor in, driven equipment in, Btu/h	Motor out, driven equipment in, Btu/h	Motor in, driven equipment out, Btu/h
Motor type: shaded pole					
0.05	1,500	35	360	130	240
0.125	1,500	35	900	320	590
Motor type: split-phase					
0.25	1,750	54	1,180	640	540
0.33	1,750	56	1,500	840	660
0.50	1,750	60	2,120	1,270	850
Motor type: three-phase					
0.75	1,750	72	2,650	1,900	740
1	1,750	75	3,390	2,550	850
1	1,750	77	4,960	3,820	1,140
2	1,750	79	6,440	5,090	1,350
3	1,750	81	9,430	7,640	1,790
5	1,750	82	15,500	12,700	2,790
7.5	1,750	84	22,700	19,100	3,640
10	1,750	85	29,900	24,500	4,490
15	1,750	86	44,400	38,200	6,210
20	1,750	87	58,500	50,900	7,610
25	1,750	88	72,300	63,600	8,680
30	1,750	89	85,700	76,300	9,440
40	1,750	89	114,000	102,000	12,600
50	1,750	89	143,000	127,000	15,700
60	1,750	89	172,000	153,000	18,900
75	1,750	90	212,000	191,000	21,200
100	1,750	90	283,000	255,000	28,300
150	1,750	91	420,000	382,000	37,800
200	1,750	91	569,000	509,000	50,300
250	1,750	91	699,000	636,000	62,900

(Wang, 2010)

#### 4) Ocupación

Los humanos liberan calor sensible y latente al mismo tiempo al espacio condicionado. El calor por radiación liberado por el humano es alrededor del 70% del calor producido en un espacio acondicionado en el cual se está hecho para el confort. El calor sensible liberado por los ocupantes es el siguiente:

Ecuación 9. Calor sensible por ocupantes

$$q_{sensible\ p} = N_{p,t}(SHG_p)$$

Donde:

$N_{p,t}$  = número de ocupantes en el espacio acondicionado en el tiempo  $t$

$SHG_p$  = Calor sensible por persona, Btu/h

El calor latente obtenido por ocupantes en un espacio acondicionado en un tiempo  $t$  es el siguiente.

Ecuación 10: Calor latente por ocupantes

$$q_{latente p} = N_{p,t} (LHG_p)$$

Donde  $LHG_p$  es el calor latente por cada persona en Btu/h. (Wang, 2010)

Tabla 10. Calor ganado por ocupantes en un espacio acondicionado.

Degree of activity	Typical application	Total heat of adults, male, Btu/h	Total heat adjusted, <sup>†</sup> Btu/h	Sensible heat, Btu/h	Latent heat, Btu/h
Seated at theater	Theater—matinee	390	330	225	105
Seated at theater	Theater—evening	390	350	245	105
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200
Standing, light work; walking	Department store, retail store	550	450	250	200
Walking; standing	Drugstore, bank	550	500	250	250
Light bench work	Factory	800	750	275	475
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545
Walking 3 m/h; light machine work	Factory	1000	1000	375	625
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	1600	635	965
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090

(Wang, 2010)

Tabla 11. Calor equivalente de Ocupación.

Temperatura del Refrigerador °F	Calor Equivalente/Persona BTU/24Hrs.
50	17,280
40	20,160
30	22,800
20	25,200
10	28,800
0	31,200
-10	33,600

(Bohn, 2005)

## 5) Luces Eléctricas

El calor sensible ganado por las luces eléctricas depende en el tipo de instalación que se tenga:

- Interior del espacio refrigerado: Para luces eléctricas instaladas en el interior del espacio acondicionado, el calor sensible liberado de las mismas emite un calor sensible igual al del espacio refrigerado. Ambos dependen del tipo y eficiencia de las luces eléctricas, que se puede calcular de la siguiente manera:

Ecuación 11. Calor latente y sensible de luces eléctricas

$$q_{s,l} = 3.143W_{lamp}F_{uso} \quad F_{al} = 3.412W_A A_{fl}$$

Donde:

$W_{lamp}$  = tasa de entrada de luz eléctrica, W

$W_A$  = Watts por pie cuadrado en el área del sello,  $W/ft^2$

$F_{al}$  = razón de Watts en uso en la instalación (Wang, 2010)

## 6) Pérdidas por la carga de género

Para obtener dicho valor, cuando se trate de la conservación de productos a temperaturas positivas, sobre cero grados centígrados, deben conocerse los siguientes factores:

- Cantidad en kilogramos de género que entra diariamente en la cámara, mueble o recipiente.
- Diferencia de temperatura del género a su entrada y la que debe obtenerse en el interior.
- Calor específico del producto a enfriar.

La entrada diaria de género es un dato de mucha importancia y debe precisarse de la manera más aproximada posible e incluso considerar un sobre cálculo. (Alarcón 1998)

## 7) Carga del producto

Siempre que un producto tenga una temperatura más alta y sea colocado en una cámara de refrigeración o congelación, el producto perderá su calor hasta que éste alcance la temperatura de almacenamiento.

Esta carga térmica consta de tres componentes que se definen en las siguientes tablas. Para el cálculo de carga de producto, se debe calcular el calor específico, el calor latente, respiración, tiempo de abatimiento, factor de seguridad. Anteriormente se ha explicado el calor latente y específico. A continuación, se explicarán la respiración, tiempo de abatimiento y factor de seguridad. (Bohn, 2005)

Tabla 12. Requerimientos y propiedades de almacenamiento para productos perecederos.

Mercancia	Condiciones de Almacenamiento			Punto de Congelación más alto °F	Calor Especifico Arriba del punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Especifico Abajo del punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Latente de Fusión BTU/Lb	Densidad Aprox. de la Carga del Producto Lb / pie <sup>3</sup>
	Temp. Almacenamiento °F	Humedad Relativa %	Vida* Aprox. de Almacenamiento					
Manzanas	30-40	90	3-8 meses	29.3	0.87	0.45	121	28
Espárragos	32-38	95	2-3 semanas	30.9	0.94	0.48	134	25
Aguacates	45-55	85-	2-4 semanas	31.5	0.72	0.40	94	19
Plátanos	55-65	85-95	-	30.6	0.80	0.42	108	-
Habas	-	-	-	30.1	0.73	0.40	40	-
Secas	-	-	-	-	0.30	0.24	-	-
Frijol verde(ejote)	40-45	90-95	7-10 días	30.7	0.91	0.47	128	14
Lima	32-40	90	1 semana	31.0	0.73	0.40	94	-
Cerveza barril	35-40	-	3-8 semanas	28.0	0.92	-	129	-
Botellas, latas	35-40	65 o abajo	3-6 meses	28.0	0.92	-	129	-
Remolacha, residuos	32	95-100	4-6 meses	30.1	0.90	0.46	126	23
Zarzamora	31-32	95	3 días	30.5	0.88	0.46	122	19
Pan	-	-	1-3 meses	16 a 20	0.70	0.34	46-53	-
Masa	35-40	85-90	3-72 horas	-	0.75	-	-	-
Brocoli brotado	32	95	10-14 días	29.0	0.92	0.47	130	13
Coles brotando	32	95	3-5 semanas	30.5	0.88	0.46	122	-
Col(Col mariposa)	32	95-100	3-4 meses	30.4	0.94	0.47	132	17
Zanahoria madura	32	98-100	5-9 meses	29.5	0.90	0.46	126	22
Coliflor	32	95	2-4 semanas	29.0	0.93	0.47	132	16
Apio	32	95	1-2 meses	31.1	0.95	0.48	135	30
Cereza agria	31-32	90-95	3-7 días	29.0	0.87	-	120	18
Dulce	30-31	90-95	2-3 semanas	28.8	0.84	-	-	-
Chocolate	50-65	40-50	2-3 meses	95-85	0.30	0.55	40	-
Cocoa	32-40	50-70	1 año, más	-	-	-	-	-
Coco	32-35	80-85	1-2 meses	30.4	0.58	0.34	67	-
Café verde	35-37	80-85	2-4 meses	-	0.30	0.24	14-21	-
Maíz dulce(fresco)	32	95	4-8 días	30.9	0.79	0.42	106	16
Elotos	-	-	-	28.9	0.79	0.42	106	-
Pepino	50-55	90-95	10-14 días	31.1	0.97	0.49	137	20
Pasas, grosella	31-32	91-95	10-14 días	30.2	0.88	0.45	120	-
Productos lácteos								
Queso chedar	40	65-70	6 meses	8.0	0.50	0.31	53	40
Queso procesado	40	65-70	12 meses	19.0	0.50	0.31	56	40
Mantequilla	40	75-85	1 mes	-4a31	0.50	0.25	23	-
Crema	35-40	-	2-3 semanas	31.0	0.66-0.80	0.36-0.42	79-107	-
Helado	-20 a -15	-	3-12 meses	21.0	0.66-0.70	0.37-0.39	86	25
Leche entera líquida								
Pasteurizada grado A	32-34	-	2-4 meses	31.0	0.3	0.46	125	-
Condensada, endulzada	40	-	15 meses	5.0	0.42	0.28	40	-
Evaporada	40	-	24 meses	29.5	0.79	0.42	106	-
Dátil secado	0 ó 32	75 o menos	6-12 meses	3.7	0.36	0.26	29	24
Zarzamora	31-32	90-95	3 días	27.0	0.88	-	-	-
Frutas secas	32	50-60	9-12 meses	-	0.31-0.41	0.26	20-37	45
Berenjena	45-50	90-95	7-10 días	30.6	0.94	0.48	132	-
Huevo	29-31	80-85	5-6 meses	28.0	0.73	0.40	96	19
Refrigerado en cultivo	50-55	70-75	2-3 semanas	28.0	0.73	0.40	96	19
Congelado entero	0 ó abajo	-	un año, más	28.0	0.73	0.42	106	41
Higo seco	32-40	50-60	9-12 meses	-	0.39	0.27	34	45
Fresco	31-32	85-90	7-10 días	27.6	0.82	0.43	112	21
Pescado fresco	30-35	90-95	5-15 días	28.0	0.70-0.86	0.38-0.45	89-122	-
Pescado congelado	-20 a -4	90-95	6-12 meses	28	0.76	0.41	101	-
En hielo	-	-	-	-	0.76	0.41	101	-
Abadejo, bacalao	30-35	90-95	15 días	28	0.82	0.43	112	35
Salmón	30-35	90-95	15 días	28	0.71	0.39	92	33
Ahumado	40-50	50-60	6-8 meses	-	0.70	0.39	92	-
Camarón	31-34	95-100	12-14 días	28	0.86	0.45	119	-
Cangrejos, langostas, mariscos frescos	30-33	86-95	3-7 días	28.0	0.83-0.90	0.44-0.46	113-125	-
Atún	30-35	90-95	15 días	28	0.76	0.41	100	35
Forro de piel y tejidos	34-40	45-55	varios años	-	-	-	-	-
Ajo seco	32	65-70	6-7 meses	30.5	0.69	0.40	89	-
Grosella espiñoza	31-32	90-95	2-4 semanas	30.0	0.90	0.46	126	19
Toronja	50-60	85-90	4-6 semanas	30.0	0.91	0.46	126	30
Uva tipo americana	31-32	85-90	2-8 semanas	29.7	0.86	0.44	116	29
Tipo europea	30-31	90-95	3-6 meses	28.1	0.90	0.44	116	29
Verdes frondosas	32	95	10-14 días	30.0	0.91	0.48	136	32
Guayaba	45-50	90	2-3 semanas	-	0.86	-	-	-
Miel	38-50	50-60	un año, más	-	0.35	0.26	26	-
Rábano	30-32	95-100	10-12 meses	28.7	0.78	0.42	104	-
Col, rizada	32	95	3-4 meses	31.1	0.89	0.46	124	-
Colinabo	32	95	2-4 semanas	30.2	0.92	0.47	128	-
Puerro verde	32	95	1-3 meses	30.7	0.88	0.46	126	-
Limones	32 ó 50-58	85-90	1-8 meses	29.4	0.91	0.48	127	33
Lechuga	32-34	95-100	2-3 semanas	31.7	0.96	0.48	136	25
Limas	48-50	85-90	6-8 semanas	29.1	0.89	0.46	122	32

(Bohn, 2005)

Tabla 13. Continuación de tabla 11.

Mercancía	Condiciones de Almacenamiento			Punto de congelación Más alto °F	Calor Especifico Arriba del punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Especifico Abajodel punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor Latente de Fusión BTU/Lb	Densidad Aprox. de la Carga del producto Lb/ pie <sup>3</sup>
	Temp. Almacenamiento °F	Humedad Relativa %	Vida* Aprox. de Almacenamiento					
Jarabe de Maple	75-80	60-65	1 año, más	-	0.24	0.21	7	-
Mangos	55	85-90	2-3 semanas	30.3	0.85	0.44	117	-
Carne								
Tocino curado estilo granja	60-65	85	4-6 meses	-	0.30-0.43	0.24-0.29	18-41	57
Carne de res	32-34	82-92	1-6 semanas	28-29	0.70-0.84	0.38-0.43	89-110	-
Jamones de pierna y espadilla	32-34	85-90	7-12 días	28-29	0.58-0.63	0.34-0.36	67-77	37
Curado	60-65	50-60	0-3 años	-	0.52-0.56	0.32-0.33	57-64	-
Cordero fresco	32-34	85-90	5-12 días	28-29	0.68-0.76	0.38-0.51	86-100	-
Hígado congelado	-10-0	90-95	3-4 meses	-	-	0.41	100	-
Cerdo fresco	32-34	85-90	3-7 días	28-29	0.46-0.55	0.30-0.33	46-63	-
Embutido ahumado	40-45	85-90	6 meses	-	0.68	0.38	86	-
Fresco	32	85-90	1-2 semanas	26.0	0.89	0.56	93	-
Chuleta de ternera fresca	32-34	90-95	5-10 días	28-29	0.71-0.76	0.39-0.41	92-100	-
Melón cantalupo	36-40	90-95	5-15 días	29.9	0.93	0.48	132	25
Melón dulce	45-50	90-95	3-4 semanas	30.3	0.94	0.48	132	24
Sandia	40-50	80-90	2-3 semanas	31.3	0.97	0.48	132	27
Hongos, champiñón	32	90	3-4 días	30.4	0.93	0.47	130	-
Leche	34-40	-	7 días	31	0.93	0.49	124	64
Nectarinas	31-32	90	2-4 semanas	30.4	0.90	0.49	119	-
Nueces secas	32-50	65-75	8-12 meses	-	0.22-0.25	0.21-0.22	4-8	25
Margarina	35	60-70	1 año, más	-	0.38	.25	22	-
Aceituna fresca	45-50	85-90	4-6 semanas	29.4	0.80	0.42	108	-
Cebolla, Cebolla estibada	32	65-70	1-8 meses	30.6	0.90	0.46	124	-
Verde	32	95	3-4 semanas	30.4	0.91	-	-	22
Naranjas	32-48	85-90	3-12 semanas	30.6	0.90	0.46	724	34
Jugo de naranja	30-35	-	3-6 semanas	-	0.91	0.47	128	-
Papayas	45	85-90	1-3 semanas	30.4	0.82	0.47	130	-
Percejo	32	95	1-2 meses	30.0	0.88	0.45	122	-
Duraznos y nectarines	31-32	90	2-4 semanas	30.3	0.90	0.46	124	33
Peras	29-31	90-95	2-7 meses	29.2	0.86	0.45	118	47
Pimiento dulce	45-50	91-95	2-3 semanas	30.7	0.94	0.47	132	41
Pimientos, Chile seco	32-50	60-70	6 meses	-	0.30	0.24	17	-
Piñas maduras	45	85-90	2-4 semanas	30.0	0.88	0.45	122	25
Ciuelas, incluye ciuela pasa	31-32	90-95	2-4 semanas	30.5	0.88	0.45	118	22
Granada	32	90	2-4 semanas	26.6	0.87	0.48	112	-
Semilla vegetal	32-50	50-65	10-12 meses	-	0.29	0.23	16	-
Maíz palomero	32-40	85	4-6 meses	-	0.31	0.24	19	-
Papás cosecha reciente	50-55	90	0-2 meses	30.9	0.85	0.44	116	42
Cosecha anterior	38-50	90	5-8 meses	30.9	0.82	0.43	111	-
Aves pollo fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.79	0.42	106	38
Aves congeladas	-10-0	90-95	12 meses	27.0	0.79	0.37	106	-
Ganso fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.57	0.34	67	-
Pavo fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.64	0.37	79	25
Calabaza	50-55	70-75	2-3 meses	30.5	0.92	0.47	130	-
Membrillo	31-32	90	2-3 meses	28.4	0.88	0.45	122	-
Rábano preempacado	32	95	3-4 semanas	30.7	0.95	0.48	134	-
Pasas secas	40	60-70	9-12 meses	-	0.47	0.32	43	45
Conejo fresco	32-34	90-95	1-5 días	-	0.74	0.40	98	22
Frambuesa negra	31-32	90-95	2-3 días	30.0	0.84	0.44	122	-
Frambuesa roja	31-32	90-95	2-3 días	30.9	0.87	0.45	121	-
Colinabo, nabo sueco	32	98-100	4-6 meses	30.1	0.91	0.47	127	-
Salsifí	32	98-100	2-4 meses	30.0	0.83	0.44	113	-
Espinacas	32	95	10-14 días	31.5	0.94	0.48	132	31
Calabaza de verano	32-50	85-95	5-14 días	31.1	0.95	0.48	135	-
Calabaza de Invierno	50-55	70-75	4-6 meses	30.3	0.91	0.48	127	-
Fresas frescas	31-32	90-95	5-7 días	30.6	0.92	0.42	129	40
Azúcar, Maple	75-80	60-65	1 año, más	-	0.24	0.21	7	-
Papás dulces	55-60	85-90	4-7 meses	29.7	0.75	0.40	97	25
Almibar, Maple	31	60-70	1 año, más	-	0.48	0.31	51	-
Mandarinas	32-38	85-90	2-4 semanas	30.1	0.90	0.46	125	-
Tabaco, Cigarrillos	35-46	50-55	6 meses	25.0	-	-	-	-
Cigarras	35-50	60-65	2 meses	25.0	-	-	-	-
Tomates, verde maduro	55-70	85-90	1-3 semanas	31.0	0.95	0.48	134	25
Tomate firme maduro	45-50	85-90	4-7 días	31.1	0.94	0.48	134	21
Nabos raices	32	95	4-5 meses	30.1	0.93	0.47	130	-
Verduras mixtas	32-40	90-95	1-4 semanas	30.0	0.90	0.45	130	25
Camotes	60	85-90	3-6 meses	28.5	0.79	0.40	105	-
Levadura comprimida de panadería	31-32	-	-	-	0.77	0.41	102	-

(Bohn, 2005)

#### 8) Pérdidas por reacción y renovación de aire en frutas y verduras

En la conservación de frutas y verduras debe recordarse que se trata de materias vivas, las cuales se hallan, por consiguiente, sujetas a cambios durante su almacenamiento. Estos cambios son debido a la respiración, o proceso en que el oxígeno del aire se combina con el carbono de los tejidos del fruto. Durante dicho proceso se desprende energía en forma de calor, que también forma parte de las pérdidas calculadas por la carga de género y debe tenerse necesariamente en cuenta para el cálculo total. En la Tabla 13 puede observarse un aproximado de calor por respiración por parte de diferentes productos. (Bohn, 2005)

#### 9) Tiempo de abatimiento

Cuando la carga del producto es calculada con el tiempo de abatimiento diferente a 24 horas, un factor de corrección debe aplicarse

Ecuación 12: Factor de corrección de tiempo de abatimiento

$$F_{\text{corrección}} = \frac{24 \text{ Hrs}}{\text{Tiempo de abatimiento}}$$

#### 10) Factor de seguridad

Cuando las cuatro fuentes de calor principales son calculadas, un factor de seguridad del 10% es agregado a la carga total de refrigeración, para considerar la mínima omisión o inexactitud. (Bohn, 2005)



Tabla 14. Calor aproximado de calor de respiración.

Producto	BTU / Lb. / 24 Hrs			
	Temperatura de Almacenamiento °F			
	32	40	60	Otros
<b>FRUTAS</b>				
Manzanas	.25 - .45	.55 - .80	1.5 - 3.4	@68° 4.2 - 4.6
Albaricoque	.055 - .63	.70 - .10	2.33 - 3.74	
Aguacates	----	----	6.6 - 15.35	
Plátanos	----	----	2.3 - 2.75	
Zarzamora	1.70 - 2.52	5.91 - 5.00	7.71 - 15.97	
Cerezas	0.65 - 0.90	1.4 - 1.45	5.5 - 6.6	
Cerezas Agrias	0.63 - 1.44	1.4 - 1.45	3.0 - 5.49	
Higos Comerciales	----	1.18 - 1.45	2.37 - 3.52	
Grosella Espinosa	0.74 - 0.96	1.33 - 1.48	2.37 - 3.52	
Toronja	0.20 - 0.50	0.35 - 0.65	1.1 - 2	
Uvas Americanas	0.30	0.60	1.75	
Uvas Europeas	0.15 - 0.20	0.35 - 0.65	1.10 - 1.30	
Limonas	0.25 - 0.45	0.30 - 0.95	1.15 - 2.50	
Limas	----	0.45	1.485	
Melones Cantalupo	0.55 - 0.63	0.96 - 1.11	3.70 - 4.22	
Melón Dulce	----	0.45 - 0.55	1.2 - 1.65	
Naranjas	0.20 - 0.50	0.65 - 0.8	1.85 - 2.6	
Durazno	0.45 - 0.70	0.70 - 1.0	3.65 - 4.65	
Peras	0.35 - 0.45	2.2	4.40 - 6.60	
Ciruelas	0.20 - 0.35	0.45 - 0.75	1.20 - 1.40	
Frambuesas	1.95 - 2.75	3.40 - 4.25	9.05 - 11.15	
Fresas	1.35 - 1.90	1.80 - 3.40	7.80 - 10.15	
Mandarinas	1.63	2.93	----	
<b>VEGETALES</b>				
Espárragos	2.95 - 6.60	5.85 - 11.55	11.0 - 25.75	
Frijol verde o seco	----	4.60 - 5.7	16.05 - 22.05	
Frijoles	1.15 - 1.6	2.15 - 3.05	11.0 - 13.7	
Remolacha	1.35	2.05	3.60	
Brocoli	3.75	5.50 - 8.80	16.9 - 25.0	
Coles Brotando	1.65 - 4.15	3.30 - 5.50	6.60 - 13.75	
Col	0.60	0.85	2.05	
Zanahoria	1.05	1.75	4.05	
Coliflor	1.80 - 2.10	2.10 - 2.40	4.70 - 5.40	
Apio	0.80	1.20	4.10	
Maíz Dulce	3.60 - 5.65	5.30 - 6.60	19.20	
Pepino	----	----	1.65 - 3.65	
Ajo	0.33 - 1.19	0.63 - 1.08	1.18 - 3.0	
Rábano	0.89	1.19	3.59	
Colinabo	1.11	1.78	5.37	
Lechuga Bola	1.15	1.35	3.95	
Lechuga Hoja	2.25	3.20	7.20	
Hongos-Champiñones	3.10 - 4.80	7.80	----	
Aceituna	----	----	2.37 - 4.26	
Cebolla Seca	0.35 - 0.55	0.90	1.20	
Cebolla Verde	1.15 - 2.45	3.00 - 7.50	7.25 - 10.70	
Pimiento Dulce	1.35	2.35	4.25	
Papas Tiernas	----	1.30	1.45 - 3.4	
Papas Maduras	----	0.65 - 0.90	0.75 - 1.30	
Papas Dulces	----	0.85	2.15 - 3.15	
Rábano con Corona	1.59 - 1.89	2.11 - 2.30	7.67 - 8.5	
Rábano con Hojas	0.59 - 0.63	0.85 - 0.89	3.04 - 3.59	
Espinacas	2.10 - 2.45	3.95 - 5.60	18.45 - 19.0	
Calabaza Amarilla	1.3 - 1.41	1.55 - 2.04	8.23 - 9.97	
Jitomate Verde Maduro	----	0.55	3.10	
Jitomates Maduros	0.50	0.65	2.8	
Nabos	0.95	1.10	2.65	
Verduras Mixtas	2.0	4.0	----	
<b>MISCELANEOS</b>				
Caviar en Cajas	----	----	1.91	@45° 2.0
Queso Americano	----	----	2.34	
Camembert	----	----	2.46	
Limburger	----	----	2.46	
Roquefort	----	----	----	
Suizo	----	----	2.33	
Flores Cortadas			0.24 BTU/24 hrs./Pie² Area del Piso	

(Bohn, 2005)



11) Carga por cambio de aire

Cambios de aire Promedio: Con una puerta en una cámara de refrigeración abierta, habrá cierta cantidad de aire caliente del exterior que estará en constante entrada a la cámara. Este aire debe ser enfriado a la temperatura de la cámara refrigerada. En las tablas 14 y 15 se muestra los cambios de aire promedio dependiendo del rango de temperaturas. Mientras que en la Tabla 16 puede observarse el calor removido de aire por pie cúbico. (Bohn, 2005)

Tabla 15 Cambios de aire promedio en 24 hrs para cuartos de almacenamiento arriba de 32°F debido a la temperatura de puertas e infiltración.

Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	44.0	2,000	12.0	25,000	3.0
250	38.0	3,000	9.5	30,000	2.7
300	34.5	4,000	8.2	40,000	2.3
400	29.5	5,000	7.2	50,000	2.0
500	26.0	6,000	6.5	75,000	1.6
600	23.0	8,000	5.5	100,000	1.4
800	20.0	10,000	4.9	150,000	1.2
1,000	17.5	15,000	3.9	200,000	1.1
1,500	14.0	20,000	3.5	300,000	1.0

(Bohn, 2005)

Tabla 16 Cambios de aire promedio en 24 hrs para cuartos de almacenamiento debajo de 32°F debido a la temperatura de puertas e infiltración.

Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	33.5	2,000	9.3	25,000	2.3
250	29.0	3,000	7.4	30,000	2.1
300	26.2	4,000	6.3	40,000	1.8
400	22.5	5,000	5.6	50,000	1.6
500	20.0	6,000	5.0	75,000	1.3
600	18.0	8,000	4.3	100,000	1.1
800	15.3	10,000	3.8	150,000	1.0
1,000	13.5	15,000	3.0	200,000	0.9
1,500	11.0	20,000	2.6	300,000	0.85

(Bohn, 2005)

Tabla 17 Calor removido del aire de enfriamiento para cuartos de almacenamiento (BTU por  $pie^3$ ).

Temperatura del cuarto de almacenamiento		Temperatura del aire exterior											
		40°F (4.4°C)		50°F (10°C)		85°F (29.4°C)		90°F (32.2°C)		95°F (35°C)		100°F (37.8°C)	
		Humedad Relativa del Aire Exterior, %											
°F	°C	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60	50	60
55	12.8	—	—	—	—	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	10.0	—	—	—	—	1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65
45	7.2	—	—	—	—	1.50	1.73	1.80	2.06	2.12	2.42	2.47	2.85
40	4.4	—	—	—	—	1.69	1.92	2.00	2.26	2.31	2.62	2.67	3.65
35	1.7	—	—	0.36	0.41	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.85	3.24
30	-1.1	0.24	0.29	0.58	0.66	2.00	2.24	2.26	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35
25	-3.9	0.41	0.45	0.75	0.83	2.09	2.42	2.44	2.71	2.79	3.16	3.14	3.54
20	-6.7	0.56	0.61	0.91	0.99	2.27	2.61	2.62	2.90	2.97	3.35	3.33	3.73
15	-9.4	0.71	0.75	1.06	1.14	2.45	2.74	2.80	3.07	3.16	3.54	3.51	3.92
10	-12.2	0.85	0.89	1.19	1.27	2.57	2.87	2.93	3.20	3.29	3.66	3.64	4.04
5	-15.0	0.98	1.03	1.34	1.42	2.76	3.07	3.12	3.40	3.48	3.87	3.84	4.27
0	-17.8	1.12	1.17	1.48	1.56	2.92	3.23	3.28	3.56	3.64	4.03	4.01	4.43
-5	-20.6	1.23	1.28	1.59	1.67	3.04	3.36	3.41	3.69	3.78	4.18	4.15	4.57
-10	-23.3	1.35	1.41	1.73	1.81	3.19	3.49	3.56	3.85	3.93	4.33	4.31	4.74
-15	-26.1	1.50	1.53	1.85	1.92	3.29	3.60	3.67	3.96	4.05	4.46	4.42	4.86
-20	-28.9	1.63	1.68	2.01	2.00	3.49	3.72	3.88	4.18	4.27	4.69	4.66	5.10
-25	-31.7	1.77	1.80	2.12	2.21	3.61	3.84	4.00	4.30	4.39	4.80	4.78	5.21
-30	-34.4	1.90	1.95	2.29	2.38	3.86	4.05	4.21	4.51	4.56	5.00	4.90	5.44

(Bohn, 2005)

#### 11) Flujo de aire

Se debe considerar dos aspectos importantes para la selección y ubicación del evaporador los cuales son: distribución uniforme y velocidad del aire. Estos deben ser compatibles con la aplicación particular.

La dirección del aire y el tiro de aire debe ser de tal forma que haya movimiento en donde se dé una ganancia de calor, esto se aplica a las paredes de la cámara, techo y el producto. El evaporador debe contar con el arreglo para dirigir la descarga del aire a cualquier puerta o apertura. Se debe ubicar el evaporador en una posición cercana a una puerta donde esto pueda ocasionar una infiltración adicional dentro de la cámara, lo que puede ocasionar un escarchado en el ventilador y una condición conocida como escarcha. También se debe evitar la ubicación del evaporador en las corrientes de aire de otro evaporador porque pueden presentarse dificultades para el deshielo.

En el caso haya congelación dentro de la cámara, no existe un criterio para la velocidad del aire para los refrigeradores y conservadores; el total del aire suministrado es aproximadamente de 40 a 80 cambios de aire que ocurren cada hora. Estos cambios de aire se calculan de la siguiente manera:

Ecuación 13. Cambios de aire

$$CA = \frac{(cfm * totales) * 60}{volumen\ interno\ de\ la\ cámara}$$

La ecuación 7 descarta el movimiento del aire que es inducido por la descarga de aire del evaporador. Por simplicidad, el mayor volumen de la cámara es usado solo si el producto y el equipo ocupan más del 10% del volumen. (Alarcón, 1998)

Tabla 18 Cambios de aire por hora.

TIPO DE APLICACION	NUMERO DE CAMBIOS DE AIRE RECOMENDADO	
	MINIMO	MAXIMO
Conservación en Congelación	40	80
Conservación al Refrigeración	40	80
Cámaras de corte	20	30
Cámara de enfriamiento de carne	80	120
Maduración de plátano	120	200
Almacenamiento de frutas y vegetales	30	60
Túneles de congelación rápida	150	300
Salas de Proceso	20	30
Almacenamiento de carne sin empacar	30	60

(Bohn, 2005)

## 12) Altitud

Los fabricantes consideran el funcionamiento de sus equipos a las condiciones a nivel del mar. Sin embargo, un incremento en la altitud resulta en una disminución de la densidad del aire. Mientras que los ventiladores trabajan en control directo con el equipo entregando un flujo volumétrico constante de aire sin tomar en cuenta la densidad. El aire ligero afecta la capacidad de funcionamiento. Los equipos accionados por bandas pueden ser acelerados a una cierta amplitud sin exceder la sobrecarga del motor para compensar la disminución en la densidad del aire. (Bohn, 2005)

Tabla 19. Efectos de la altitud en los equipos enfriados por aire.

Altitud Sobre el Nivel de Mar (pies)	Presión Absoluta		Densidad de Aire Estándar a 70 °F lbs/pie <sup>3</sup>	Densidad de Aire Promedio	Multiplicadores de Capacidad	
	Pulg.Hg	PSIA			Ventiladores de Accionamiento Directo	
					Evaporador para Refrigeración	Unid. Conden. Enfriadas por Aire
1,000	31.02	15.27	.0778	1.04	1.03	1.005
500	30.47	14.97	.0763	1.02	1.02	1.002
0	29.92	14.70	.0749	1.00	1.00	1.00
500	29.38	14.43	.0735	0.98	0.98	0.995
1,000	28.86	14.28	.0719	0.96	0.97	0.998
2,000	27.82	13.67	.0697	0.93	0.94	0.985
3,000	26.81	13.27	.0671	0.90	0.91	0.98
4,000	25.84	12.70	.0647	0.86	0.875	0.975
5,000	24.89	12.23	.0623	0.83	0.85	0.969
6,000	23.98	11.78	.0600	0.80	0.82	0.960
7,000	23.09	11.34	.0578	0.77	0.79	0.955
8,000	22.22	10.92	.0556	0.74	0.76	0.946
9,000	21.38	10.50	.0535	0.71	0.73	0.939
10,000	20.58	10.11	.0515	0.69	0.71	0.93
12,000	19.03	9.35	.0477	0.64	0.66	0.91
14,000	17.57	8.63	.0439	0.59	0.61	0.88

(Bohn, 2005)

## e. Congelación

Cuando ya no se trata de la simple conservación de género en tiempo limitado, sino que se requiere la congelación del producto para su almacenamiento durante largos espacios de tiempo, entonces deben tenerse en cuenta los cuatro factores siguientes para el cálculo de pérdidas por carga de géneros:

- Calor específico del género sobre cero
- Calor latente de congelación
- Temperatura de congelación

Procedimiento de cálculo:

Ecuación 14. Se calculan las pérdidas por enfriamiento hasta cero grados

$$Q = kg * (T - t) * (\Delta T) * C_{sobre\ cero}$$

Ecuación 15. Se calcula después el calor latente de congelación

$$Q = kg * C_{latente\ de\ congelación}$$

Ecuación 16. Por último, se obtienen las pérdidas por congelación

$$Q = kg * C_{bajo\ cero} * \Delta T_{a\ temperatura\ de\ congelación}$$

Los tres productos se suman y se obtiene el factor total de pérdidas por carga de género en la cámara, que deberá añadirse a los de pérdidas por paredes, por uso y las demás cargas. (Alarcón, 1998)

### 1) Conservación a baja temperatura de productos congelados.

En esta clase de instalaciones, en que el género entra ya congelado, no es necesario prever pérdidas de carga por congelación, basta únicamente tener en cuenta las pérdidas que correspondan a toda posible recuperación del género por no entrar éste a la temperatura existente en la cámara.

Ecuación 17. Pérdida por entrada de género

$$Q = kg * C_{bajo\ cero} * \Delta T_{entre\ género\ y\ cámara} \text{ (Alarcón, 1998)}$$

### 2) Velocidad del aire en las instalaciones de congelación

La velocidad del aire varía de acuerdo con la clase y espesor del género, así como también según las ideas que sobre el embalaje del producto tenga el usuario, cuando se trata de paquetes congelados. Sin embargo, cuando se requiere una congelación rápida, es necesario circular un fuerte volumen de aire para obtener un aumento de temperatura lo más pequeño posible cuando el aire pasa sobre el producto.

Las velocidades de aire empleadas van desde 2.5 a 16 metros por segundo, y es difícil establecer cuál es la velocidad de más frecuente aplicación. Posiblemente, a la temperatura de -30°C, la velocidad del aire podría considerarse práctica y económica a 12 metros por segundo. (Alarcón, 1998)

f. Diseño de Tuberías

El diseño de tuberías se refiere al diseño adecuado para el flujo de refrigerante dentro del sistema de aire acondicionado. El refrigerante fluye a través de las tuberías pasando por el compresor, condensador, válvula de expansión y el evaporador para que el efecto de refrigeración requerida pueda proveerse. Para refrigerantes halo carburos, las tuberías tienden a ser de cobre. Sin embargo, de usarse amoniaco como refrigerante, las tuberías siempre deben ser de acero.

En la siguiente tabla se muestran resultados de tres diferentes tipos de tubería de cobre usados para tuberías de refrigerantes. El cobre tipo K es para trabajo pesado y los tipo "M" para trabajo liviano. Los tipo "L" es la tubería de cobre estándar más utilizada en los sistemas de refrigeración. La tubería de cobre instalada en los sistemas de refrigeración debe ser libre de polvo, incrustaciones y óxidos.

Tabla 20. Factores de corrección para succión y descarga.

$T_{suc}$ , °F	Correction factors for $T_{suc}$ other than 40°F							
	50	40	30	20	10	0	-10	-20
$F_{suc,s}$	1.20	1.00	0.84	0.70	0.58	0.47	0.38	0.30
$F_{dis,s}$	1.01	1.00	0.99	0.97	0.96	0.95	0.93	0.91
$T_{con}$ , °F	Correction factors for $T_{con}$ other than 105°F							
	80	90	100	105	110	120	130	140
$F_{suc,c}$	1.11	1.07	1.03	1.00	0.97	0.90	0.86	0.80
$F_{dis,c}$	0.79	0.88	0.95	1.00	1.04	1.10	1.18	1.26
$F_{liq,c}$	1.12	1.07	1.02	1.00	0.98	0.93	0.88	0.83

Note:  $F_{liq,s} = F_{dis,s}$

Para un diseño adecuado de una tubería de refrigeración, se deben satisfacer los siguientes requerimientos.

- Transportar la cantidad requerida de refrigerante al evaporador, compresor, condensador y dispositivos de estrangulamiento.
- Proveer una óptima caída de presión en las líneas de aire acondicionado. En la práctica, los límites máximos para la caída de presión, descarga y líneas de líquido correspondientes al cambio de temperatura saturada es como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 21. Límites máximos de líneas de succión, descarga y líquido.

	$\Delta T_{sat}$ , °F	HCFC-22 pressure drop, psi (kPa)
Suction line	2	2.91 (20) at $T_{suc} = 40^\circ\text{F}$ (4.4°C)
Discharge line	1	3.05 (21) at $T_{con} = 105^\circ\text{F}$ (40.6°C)
Liquid line	1	3.05 (21) at $T_{con} = 105^\circ\text{F}$ (40.6°C)

- Para refrigeración con refrigerantes de halocarburo, debe utilizarse aceite mezclado con el refrigerante con el fin de mantener una buena lubricación. El diseño de las tuberías debe tener en consideración el flujo tanto del refrigerante como del aceite. El aceite a pesar de estar dentro de la mezcla no debe poder mezclarse con la fase gaseosa del refrigerante.

La transportación del aceite caliente y refrigerante en fase gaseosa se logra asegurando una velocidad mínima del refrigerante mayor de 500 fpm (2.5 m/s) para tuberías horizontales y mayor a 1000 FPM (5 m/s) en tuberías verticales.

- El diseño de tuberías debe ser configurado de tal manera que debe prever que el líquido refrigerante, aceite o la combinación de ambos regrese al compresor.
- Se debe mantener el sistema de refrigeración limpio y seco.

#### 1) Diseño de tubería de cobre: carga de refrigeración y caída de presión

Al realizar un cálculo para proyectos de refrigeración, es esencial comenzar con el cálculo de carga de refrigeración, la cual se expresa en toneladas de refrigeración. A dicha carga se le denomina con la variable  $Q_{ri}$ . A partir de ellos se puede conocer el flujo másico necesario para poder entregar esa carga de refrigeración a partir de la siguiente ecuación: velocidad del refrigerante

Ecuación 18. Flujo másico del refrigerante:

$$\dot{m}_{ref} = \frac{\dot{Q}_{refrigeración}}{\Delta h}$$

Donde:

- $\dot{m}_{ref}$ : Flujo másico del refrigerante
- $\dot{Q}_{refrigeración}$ : Transmisión del calor del refrigerante
- Delta h: el cambio de entalpía

Ecuación 19: Flujo volumétrico refrigerante

$$\dot{V}_{ref} = \frac{\dot{m}_{ref}}{\rho_{ref} A_{int.tub}}$$

Donde:

- $\rho$ : densidad del refrigerante
- $A_{int}$ : área interna de la tubería

Ecuación 20. Área interna de tubería

$$A_{interna} = \frac{\pi D_{interno}^2}{4}$$

Ecuación 21. Ecuación Darcy-Weisbach

$$\Delta P = f \frac{L_{equ}}{D_{tub}} \rho \frac{v^2}{2}$$

Donde:

- $\Delta P$ : Diferencial de presión
- $f$ : Factor de fricción
- $L$ : Largo equivalente del tubo
- $D$ : Diámetro del tubo
- $\rho$ : Densidad del fluido
- $v$ : velocidad del fluido dentro de la tubería

Para obtener el diámetro de la tubería deben unirse las ecuaciones 18, 19 y 20 y despejar para el diámetro de la tubería.

Ecuación 22. Diámetro de tubería.

$$D_{tubería} = K \left( \frac{8fL_{equ}Q_{ref}^2}{\pi^2 \rho \Delta h^2 \Delta p} \right)^{1/5}$$

El manual de ingeniería BOH muestra tablas generadas por la ASHRAE para la decisión del diámetro a escoger para las tuberías. En las siguientes tablas se muestran los valores del diámetro dependiendo del largo equivalente y la carga del sistema.

Tabla 22. Diámetro de tubería, refrigerante 134 - a.

Capacidad del Sistema BTU / H	DIAMETRO DE LA TUBERIA DE SUCCION (pulg.)																	
	TEMPERATURA DE SUCCION																	
	+40° F Longitud Equivalente						+30° F Longitud Equivalente						+20° F Longitud Equivalente					
	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'
1,000	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8
3,000	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8
4,000	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8
6,000	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8
9,000	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8
12,000	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
15,000	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
18,000	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8
24,000	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
30,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8
36,000	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8
42,000	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8
48,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8
54,000	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8
60,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8
66,000	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8
72,000	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
78,000	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
78,000	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
84,000	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
90,000	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8
120,000	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8
150,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8
180,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8
210,000	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8
240,000	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8
300,000	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8
360,000	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8
480,000	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	5 1/8	5 1/8
600,000	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	3 1/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	5 1/8	5 1/8

(BOHN 2010)



Tabla 23. Continuación. Diámetro de tubería, refrigerante 134 - a.

DIAMETRO DE LA LINEA DE SUCCION ++												DIAMETRO DE LA LINEA DE LIQUIDO ++						Capacidad del Sistema BTU/H
TEMPERATURA DE SUCCION												Longitud Equivalente del Recibidor a la Válvula de Expansión						
+10° F Longitud Equivalente						0° F Longitud Equivalente												
25'	50'	75'	100'	150'	200'	25'	50'	75'	100'	150'	200'							
3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1,000
1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3,000
5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/2	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	4,000
5/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	6,000
7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	12	9,000
7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	12,000
7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	15,000
1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	18,000
1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	24,000
1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	30,000
1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	36,000
1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	42,000
1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	7/8	48,000
1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	54,000
1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	5/8	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	60,000
1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	66,000
1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	72,000
1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	78,000
1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	84,000
1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	90,000
2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	120,000
2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	150,000
2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	180,000
2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	210,000
2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	3 5/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	240,000
2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	300,000
2 5/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	2 5/8	3 1/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8	4 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	360,000
3 1/8	3 5/8	3 5/8	4 1/8	5 1/8	5 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	5 1/8	5 1/8	5 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	480,000
3 1/8	3 5/8	4 1/8	5 1/8	5 1/8	5 1/8	3 1/8	3 5/8	4 1/8	5 1/8	5 1/8	5 1/8	1 3/8	1 3/8	3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	600,000

(BOHN 2010)

## g. Almacenamiento no refrigerado o refrigerado de la carne fresca y subproductos comestibles

### 1) Almacenamiento no refrigerado

La carne fresca encoge, pierde peso y es rápidamente atacada por bacterias del aire, de las manos y de la ropa de limpieza, así como de los medios de transporte. Como la reproducción de las bacterias aumenta con la temperatura y la humedad, el peligro es mayor en los trópicos; por este motivo, cuando no se dispone de refrigeración, tradicionalmente la carne se vende al por menor en un plazo de doce horas desde la matanza, incluso con el peligro de pérdidas debidas al encogimiento, desechos y deterioro.

La carne debe conservarse, salvo cuando se va a vender localmente y se va a cocinar de inmediato. Además, la carne de vaca se debe conservar, especialmente si no se le añaden especias para cocinarla, con el fin de que envejezca y madure para que se haga más tierna y gustosa; la opinión general es que el ablandamiento de la carne se debe principalmente a la acción de enzimas. Existe, por tanto, una contradicción que se ha de resolver. Sin embargo, el método más importante de conservación, que produce escasas pérdidas de peso y valor y que mantiene más el gusto de la carne fresca, así como sus cualidades nutricionales y organolépticas, es con la utilización de un sistema de enfriamiento por circulación forzada, particularmente si va a acompañada de un control de la humedad.

### 2) Conservación y almacenamiento por refrigeración - Construcción de cámara fría

Después de determinar el número y la cantidad de los carriles para carne, los centros de los carriles, el número aproximado, el tamaño y el emplazamiento de los refrigeradores de aire, el tipo de carriles para carne que descargan por metro de recorrido y el método de apoyo, estos datos se pueden transponer en una forma y dimensión física inicial, y a continuación será posible determinar si el espacio de que se dispone resultará adecuado. (FAO, 1993)

Las instalaciones existentes suelen requerir las máximas concesiones, al no haberse dispuesto la ampliación de la cámara fría, etc. Normalmente resulta posible aumentar la capacidad de una cadena de matanza sustancialmente con un incremento mínimo de las necesidades de espacio. Por lo general no es posible aumentar la capacidad de refrigeración de una manera análoga; a menudo la capacidad de refrigeración de una planta es el factor que limita su producción. (FAO, 1993)

La altura y forma de la cámara dependerá asimismo de la extensión y, por otro lado, las producciones varían entre los bovinos y los "animales pequeños". Si, como sucede con las plantas de servicios, las reses son de diversas categorías, la dirección puede preferir que parte de sus instalaciones de refrigeración sean de doble uso para hacer frente a una afluencia anormal de las diferentes categorías de ganado. (FAO, 1993)

La desventaja de que el equipo de refrigeración sea excesivamente grande para refrigerar "animales pequeños" que se utiliza para refrigerar con eficacia canales de grandes bovinos se supera si se consigue un pequeño aumento del volumen de la cámara y un aislamiento para duplicar la capacidad de suspensión de animales pequeños en la misma superficie de suelo. (FAO, 1993)

### 3) Aislamiento

No es posible hablar en general del aislamiento y el acabado de la cámara fría; es necesario considerar cada caso por separado. El poliestireno es el material más comúnmente utilizado, aunque algunos usuarios prefieren láminas de corcho; el espesor varía de 70 mm a 100 mm, pero como los clorofluorocarbonos dañan la capa de ozono, se recomienda volver al uso del corcho. Debe aplicarse un aislamiento suficiente a las paredes, los techos y los suelos para que no se produzca

condensación en circunstancias normales en las paredes externas y que las pérdidas en el edificio no superen los 2,64 KJ/hora. Es una práctica común omitir en las instalaciones de los pisos principales el aislamiento del suelo por razones económicas en las cámaras que no se enfrían a temperaturas inferiores a 0 °C. (FAO, 1993)

Nuevas tecnologías de aislamiento se están usando en el mercado en el cual en vez de utilizar un revestimiento de poliuretano (PUR), se utiliza el poliisocianurato (PIR). La empresa Metalpanel comparte las especificaciones técnicas de sus paneles ISOTERM - 1125. El panel ISOTERM - 1125 Específicamente diseñados para obtener un aislamiento óptimo en cámaras frigoríficas, secaderos, salas blancas e incluso túneles de congelación. Ofrecen una completa estanqueidad, facilitando por tanto el control de la temperatura y la humedad. Estas características lo hacen especialmente aconsejable para cubrir las necesidades de la industria agroalimentaria. Permite una gran versatilidad de acabados, combinando prelacados de 25 micras, acabados en plastisol de 100 y 200 micras, chapa galvanizada e incluso acero inoxidable.(Metalpanel, 2018)

Tabla 24. Carga soportada por panel en  $kg/m^2$  en 2 apoyos.

Espesor panel (mm)	Distancia entre apoyos (m)							
	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00	6,00	7,00
40	210	172	124	81	58	--	--	--
60	269	215	171	133	98	--	--	--
80	350	290	264	203	155	79	--	--
100	--	342	320	231	182	120	82	--
120	--	--	365	290	233	155	102	--
150	--	--	422	386	296	195	128	--
180	--	--	--	422	357	241	175	121
200	--	--	--	--	392	278	203	145

(Metalpanel, 2018)

Tabla 25. Carga soportada por panel en  $kg/m^2$  en 2 apoyos o más.

Espesor panel (mm)	Distancia entre apoyos (m)							
	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	5,00	6,00	7,00
40	248	198	139	91	65	--	--	--
60	317	247	192	149	110	--	--	--
80	391	320	296	227	176	104	--	--
100	--	378	358	242	212	133	89	--
120	--	--	409	302	273	190	111	--
150	--	--	473	412	308	215	140	--
180	--	--	--	455	384	265	192	144
200	--	--	--	--	410	306	221	160

(Metalpanel, 2018)

Tabla 26. Especificaciones del panel ISOTERM 1125.

Panel frigorífico						
Esesor panel (mm)	80	100	120	150	180	200
Transmitancia Térmica						
Kcal/m <sup>2</sup> h°C	0,23	0,18	0,16	0,12	0,10	0,09
W/m <sup>2</sup> °C	0,26	0,20	0,18	0,14	0,11	0,10
Ancho útil (mm)						
	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125

(Metalpanel, 2018)

#### 4) Cierre del vapor

Las variaciones en las presiones y en los ritmos de la corriente de vapor a través del aislamiento durante el ciclo de enfriamiento a menudo no se tienen en cuenta. La presión del vapor en la cámara fría puede ser mayor que fuera, con lo que se invierte la corriente normal del vapor. Este fenómeno tiende a causar expansión y contracción de algunos materiales de aislamiento insuficientemente endurecidos y provoca resquebrajaduras de los acabados de cemento o yeso si están insuficientemente reforzados para los compartimentos más grandes. En general son suficientes compartimentos de 2,5 m. El agrietamiento del material tratado crea huecos para las bacterias y permite que la humedad penetre en el sistema de aislamiento durante el lavado. Los acabados de láminas de metal o plástico que utilizan juntas cerradas en las paredes y los techos proporcionan una mayor protección al sistema de aislamiento, se limpian con mayor facilidad y son menos vulnerables a los daños mecánicos. (FAO, 1993)

El cierre externo del vapor del aislamiento de la cámara fría no corresponde normalmente a las mismas normas establecidas para las cámaras frigoríficas o los refrigeradores de chorro, debido a la menor magnitud de los cambios de presión del vapor. Cuando se aplica in situ el aislamiento a las obras de ladrillo, es aconsejable revestir con arena o cemento las paredes antes de aplicar una masilla para encerrar el vapor. Es conveniente un aislamiento aplicado en dos capas conjuntas escalonadas. Este dispositivo no evita totalmente que el vapor circule en una u otra dirección. (FAO, 1993)

#### 5) Acabado del suelo

Debe ser resistente a la sangre, las grasas y los ácidos, y no ha de ser resbaladizo, se debe poder limpiar fácilmente, etc. Debe estar inclinado hacia un canal de drenaje en el cuarto o hacia las puertas de acceso con los canales de desagüe directamente fuera. Se debe prestar atención a los detalles de la junta entre el suelo y la pared para asegurarse de que se mantiene herméticamente cerrado en las condiciones más duras. (FAO, 1993)

#### 6) Puertas

Para eliminar la necesidad de mantener abierta la puerta de la cámara fría, resulta ventajoso utilizar un pequeño carril de reunión fuera de la cámara fría para almacenar los canales hasta que alcancen un número suficiente que justifique la apertura de las puertas de la cámara fría para su carga. Las puertas no se deben colocar una frente a otra para evitar las corrientes de aire.

Frecuentemente se utilizan cortinas de aire, pero situadas fuera de las corrientes que tienden a desarreglarlas. (FAO, 1993)

#### 7) Estructuras de acero de apoyo

El método de dar un apoyo a los carriles para la carne requiere una particular atención ya que las estructuras de acero primaria y secundaria pueden producir un efecto importante en la distribución del aire dentro de la cámara fría. Estas estructuras de acero de apoyo se pueden disponer encima o debajo del aislamiento del techo. Lo más común es que la estructura de acero de apoyo esté situada dentro de la cámara fría con columnas de acero independientes o con columnas incorporadas a la estructura del edificio. El acero secundario se fija a continuación con pernos a la estructura de acero primaria a ángulos rectos, bloqueando así eficazmente cualquier distribución del aire a alto nivel. En la práctica se puede disponer que los refrigeradores de aire insuflen aire entre la estructura de acero primaria. Otro método consiste en disponer la estructura de acero primaria y secundaria encima de los techos aislados. El carril para la carne se sostiene en este caso utilizando varillas de suspensión sobre el techo aislado para reducir al mínimo el efecto de la conducción de calor a lo largo de las varillas. Estas deben estar fijadas debajo del techo para reducir al mínimo el efecto de la carga de choque y del movimiento que, de lo contrario, tenderían a alterar el techo aislado y a ensanchar los agujeros en el techo. Las piezas de sujeción deben estar colocadas lo más cerca posible del lado de abajo del aislamiento. La colocación de la estructura de acero de apoyo fuera de la cámara fría deja un techo despejado para la circulación del aire. Este sistema particular es más aplicable a las cámaras frías para "animales pequeños".(FAO, 1993)

#### h. Norma Sanitaria para la autorización y control de fábricas de embutidos y productos cárnicos procesados en general. (Ministerio de Salud)

Artículo 3o. Disposiciones aplicables a las fábricas de embutidos y productos cárnicos procesados en general.

##### 1. Establecimiento: Autorización, diseño y construcción de las instalaciones

1.1 Autorización: Los establecimientos deben estar autorizados por las autoridades del Ministerio de Salud Pública correspondiente, mediante licencia sanitaria. (Ministerio de Salud, 2003)

1.2 Ubicación: El establecimiento debe estar situado en zonas libres de olores desagradables, humo, polvo y otros contaminantes y en lugares donde no se produzcan inundaciones; debe estar alejado, como mínimo, 500 m, de fábricas, bodegas o expendio. (Ministerio de Salud, 2003)

##### 1.4 Edificios e Instalaciones

1.4.1 Tipo de construcción: Los edificios e instalaciones en general deben ser de construcción sólida, contar con una ventilación adecuada, buena iluminación natural o artificial, poderse limpiar con facilidad y habrán de mantenerse en buen estado. Todos los materiales de construcción deben ser tales que no transmitan ninguna sustancia indeseable a la carne, ni a los productos cárnicos, aditivos, ingredientes y equipo. (Ministerio de Salud, 2003)

##### 1.4.2 Disposición de áreas y ambientes

El establecimiento debe:

- Disponer de espacio suficiente y adecuado para permitir la ejecución satisfactoria de todas las operaciones.

- Estar diseñado y equipado de modo que se facilite la limpieza y la inspección del equipo y las instalaciones en general.
- Estar diseñado y equipado de modo que se regule el flujo unidireccional de las materias primas desde su llegada a los edificios hasta las áreas de empaque y bodega de producto terminado.
- Proveer condiciones apropiadas de temperatura para el proceso de elaboración y para los productos terminados.
- Contar con edificios e instalaciones diseñados y construidos de manera que permitan separar las operaciones susceptibles de causar contaminación cruzada, así como impedir que ingresen o aniden insectos, pájaros, roedores u otras plagas, y la entrada de otros contaminantes ambientales como humo, polvo, y similares
- - Las áreas de estancia e higiene del personal, las áreas de almacenamiento de material de empaque y materias primas, y las áreas destinadas a la limpieza de equipo y utensilios de trabajo, deben estar separados de las áreas y ambientes de procesamiento y empaque, y no comunicarán directamente con éstas con el fin de evitar cualquier contaminación del producto terminado.
- Los edificios e instalaciones deben diseñarse y construirse de manera que permitan separar, por partición, ubicación y otros medios eficaces, las operaciones susceptibles de causar contaminación cruzada, así como impedir que ingresen o aniden insectos, pájaros, roedores u otras plagas, y la entrada de otros contaminantes ambientales como humo, polvo, y similares.
- La construcción y disposición de las cámaras y/o almacenes de refrigeración y congelación deben satisfacer los requisitos de la presente Norma. (Ministerio de Salud, 2003)

#### 1.4.3 Zonas de manipulación del producto

- Los pisos deben construirse con materiales impermeables, no absorbentes, lavables, y antideslizantes; no tendrán grietas y serán fáciles de limpiar y desinfectar. Donde aplique, se les hará un desnivel suficiente para que los líquidos escurran hacia los drenajes y/o las bocas de los desagües.
- Las paredes deben construirse y/o revestirse con materiales impermeables, no tóxicos, no absorbentes, lavables y de color claro. No deben tener grietas, y hasta una altura mínima de dos metros deben ser lisas y fáciles de limpiar y desinfectar. Los ángulos entre las paredes y los pisos deben ser redondeados, y los ángulos que forman las paredes entre sí, las paredes y los pisos y las paredes con los techos deben estar sellados para facilitar la limpieza y evitar el ingreso y anidamiento de plagas.
- Los techos deben diseñarse y construirse de manera que se impida la acumulación de suciedad y se reduzca al mínimo la condensación, la formación de mohos y el descascamiento, y deben ser fáciles de limpiar.
- Las ventanas y otras aberturas de ventilación deben construirse de manera que se evite la acumulación de suciedad, y las que se abran deben estar provistas de tela metálica contra insectos. Las telas metálicas deben poder quitarse fácilmente para su limpieza y mantenerse en buen estado. Las ménsulas o bordillos de las ventanas deben construirse con una inclinación para que no se usen como estantes.
- Las puertas deben ser de superficies lisas e inabsorbente y, cuando proceda, deben abrir hacia afuera, ser de cierre automático y bien ajustado.
- Las escaleras, fosas de elevadores, estructuras, equipo y accesorios aéreos, como plataformas, canales, escaleras de mano, tuberías de agua y aire, y otros, deben estar situados y construidos de manera que se evite la acumulación de la suciedad, no sean causa de contaminación de los productos o el equipo por condensación, goteo, descascamiento, formación de mohos u otro agente, y prestarse a una limpieza efectiva.
- Debe evitarse el uso de materiales de construcción que no puedan limpiarse y desinfectarse adecuadamente, como la madera, por ejemplo
- Cuando así proceda, las áreas de procesamiento deben estar proyectadas de manera que sea posible restringir y controlar el acceso a las mismas. (Ministerio de Salud, 2003)

#### 1.4.4 Iluminación y Ventilación

- En toda la extensión del establecimiento debe preverse una iluminación natural, artificial o mixta adecuada que no modifique los colores. La intensidad no debe ser inferior a:
  - 540 luz (50 candelas-pie) en todos los puntos de inspección.
  - 220 luz (20 candelas-pie) en las salas de trabajo.
  - 110 luz (10 candelas-pie) en las demás zonas.
- Las bombillas y lámparas colgadas en todas las áreas donde se realizan las distintas etapas de manejo, procesamiento y almacenaje de ingredientes y productos deben ser del tipo llamado de seguridad o estar protegidas de algún modo, a fin de evitar la contaminación de dichos productos en caso de rotura
- Debe proveerse una ventilación adecuada para evitar el calor excesivo, la condensación del vapor y el polvo y para eliminar el vapor o el aire contaminado
- La dirección de la corriente de aire no debe ir nunca de una zona sucia a una zona limpia, como, por ejemplo, de las áreas donde inicia el proceso hacia las áreas de etapas subsiguientes. (Ministerio de Salud, 2003)

#### 1.6.2 Diseño, construcción e instalación

- Todo el equipo y los utensilios deben estar diseñados y contruidos de modo que se eviten riesgos de contaminación e higiene y permitan una fácil y completa limpieza y desinfección
- El equipo fijo debe instalarse de tal modo que se permita el acceso, operación, mantenimiento y limpieza de manera fácil, efectiva y segura.
- Los recipientes para materias no comestibles y desechos deben ser cerrados para evitar exposición o derrame de dichas materias, estar contruidos de metal o cualquier otro material impermeable que sea de fácil limpieza o fácil eliminación y que puedan ser tapados de manera efectiva.
- El equipo para tratamientos térmicos, incluyendo equipos de cocción, cámaras frías y congeladas, debe estar provisto de un termómetro o de dispositivos de registro de la temperatura
- No deben utilizarse termómetros ni utensilios de vidrio en ninguna aplicación o ambiente en los que el vidrio pueda entrar en contacto con ingredientes, productos o equipo de proceso en caso de rotura.
- Los termómetros, registradores de temperatura e instrumentos de medición en general deberán calibrarse en relación con un instrumento de referencia en el momento de su instalación y posteriormente. Esto debe hacerse de acuerdo a un Programa debidamente establecido y documentado, a intervalos especificados para asegurar su funcionamiento efectivo. (Ministerio de Salud, 2003)

### 4. Establecimiento: Requisitos de Higiene en la Elaboración

#### 4.8 Almacenamiento de productos terminados

- La carne y los productos cárnicos terminados deben almacenarse en condiciones tales que excluyan la contaminación y/o la proliferación de microorganismos, y protejan contra la alteración del producto o los daños al recipiente.
- Debe disponerse de los medios apropiados para mantener refrigerados los productos cárnicos a temperaturas menores de 5 °C.
- Durante el almacenamiento, debe ejercerse una inspección periódica de la carne y los productos cárnicos, a fin de que sólo se expendan alimentos aptos para el consumo humano y se cumplan las especificaciones aplicables a los productos terminados cuando estos existan. Los productos deben despacharse siguiendo el sistema “primeras entradas, primeras salidas” (PEPS).
- Es esencial mantener refrigerados los productos cárnicos no estables en almacén.

- Las disposiciones siguientes se aplicarán cuando se deposite carne o productos cárnicos en cuartos refrigerados:
  - La admisión debe ser restringida al personal necesario para efectuar eficazmente las operaciones.
  - Las puertas deben contar con cortinas plásticas de flecos y no se dejarán abiertas durante períodos de tiempo prolongados. Las puertas deben ser cerradas inmediatamente después del uso.
  - No debe apilarse carne ni productos cárnicos, ni envases o recipientes que los contengan directamente en el suelo. Deben colocarse sobre plataformas o sobre tarimas retiradas de la pared 50 cm y del piso 15 cm, de manera tal que se proteja la higiene de los productos y exista una adecuada circulación de aire.
  - Los productos calientes deben enfriarse antes de colocarlos en grandes recipientes para evitar que se deteriore la parte central de los mismos.
- Ningún cuarto de refrigeración debe llenarse por encima de la capacidad límite previsto.
- Cuando el equipo refrigerado funcione sin intervención humana, se instalarán aparatos automáticos para el registro de temperatura. De no instalarse aparatos automáticos, se deben leer las temperaturas a intervalos regulares, anotando las lecturas correspondientes y tomando las acciones correctivas necesarias. (Ministerio de Salud, 2003)



## V. METODOLOGÍA

### Fase 1. Requerimientos del cuarto frío

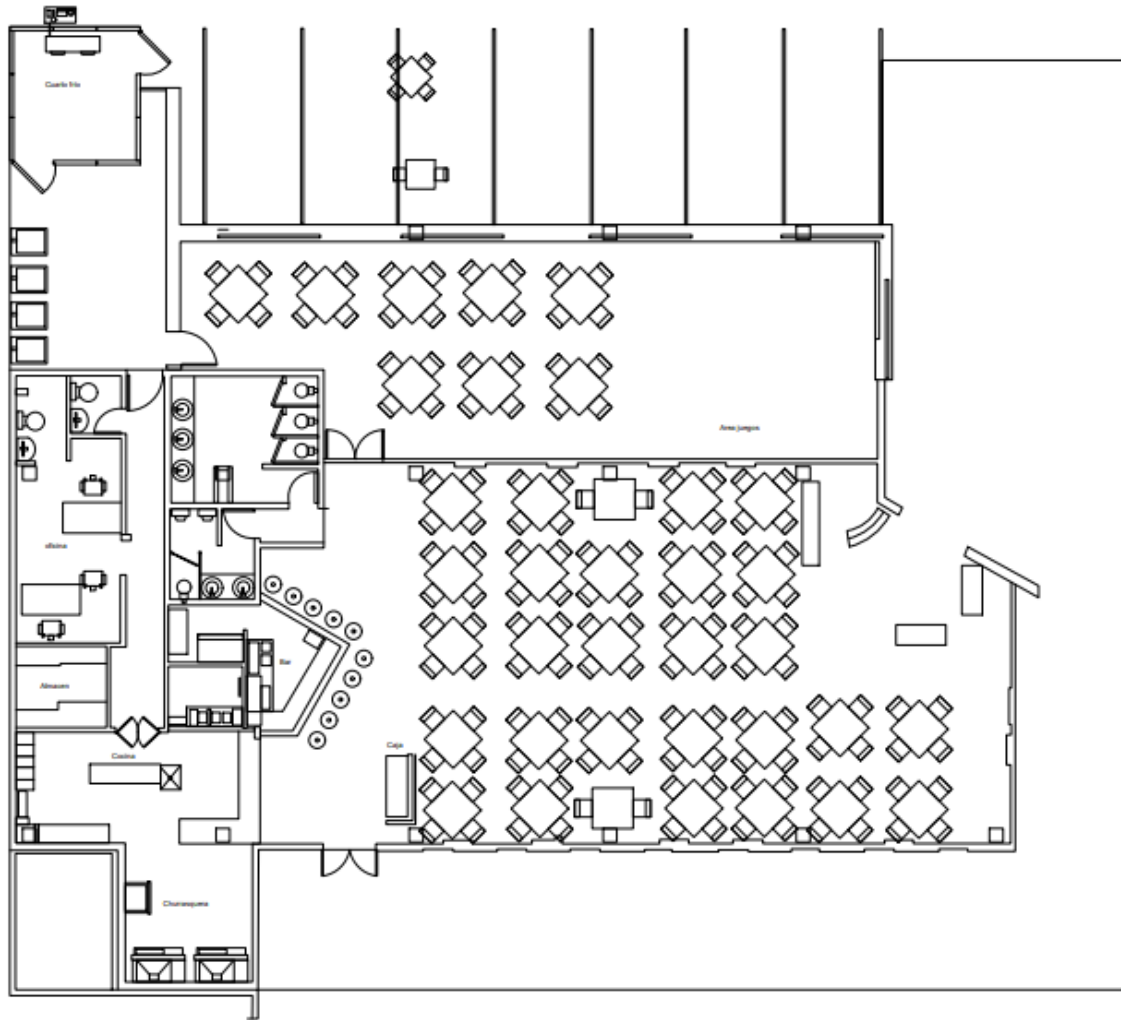
Para la primera fase, se requirió alinear ciertos lineamientos con el cliente. Dentro de estos lineamientos se acordaron los siguientes:

- Medidas del cuarto
- Tipo de puerta requerida
- Necesidad de uso de alarmas de puerta
- Producto a almacenar
- Temperatura requerida del sistema.
- Rotación del producto
- Cantidad de personal dentro del cuarto
- Datos para cálculos de infiltración
- Iluminación requerida
- Espacio destinado

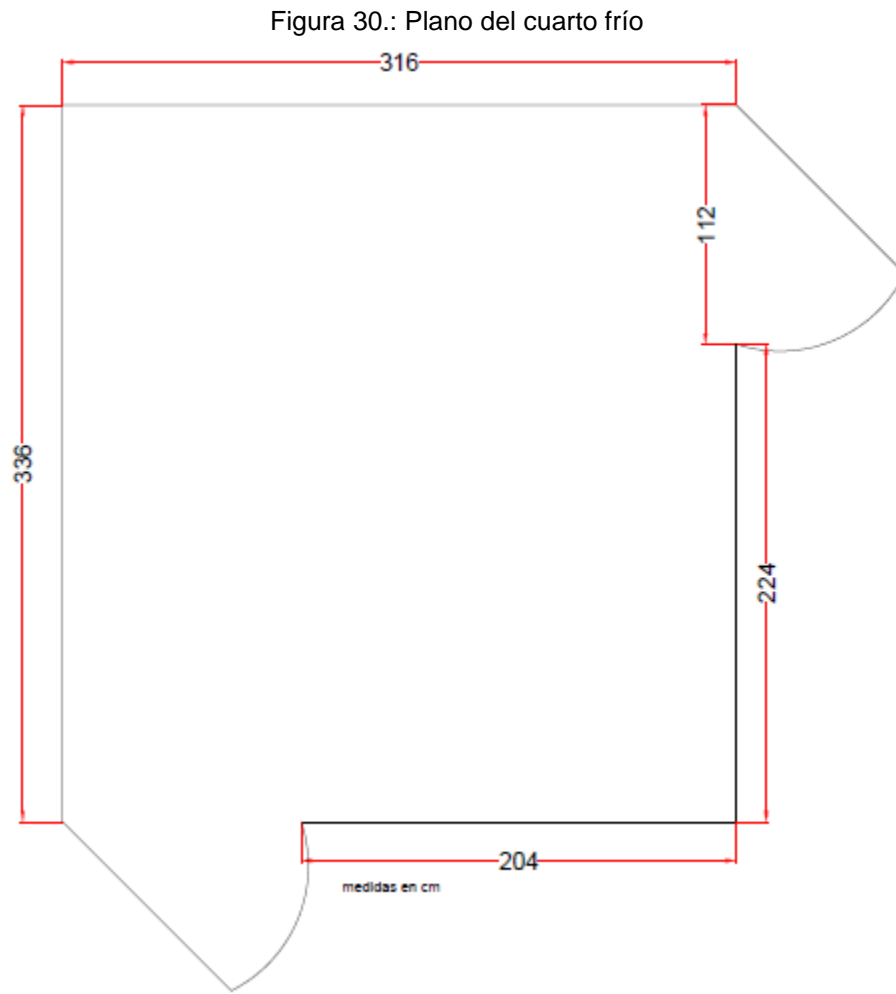
Después de una sesión con el cliente, una minuta fue escrita y firmada con las medidas, condiciones y lineamientos descritos arriba. Dentro del anexo 1, puede encontrarse la minuta firmada y sellada por el cliente.

Dentro de la reunión con el dueño de 360 Grados Grill se determinó con la revisión de los planos, la ubicación del cuarto frío se decidió hacerlo lo más cerca del restaurante, buscando tener la ventaja de poder tener la capacidad de recibir producto desde el estacionamiento. Aparte de tener la ventaja de recibo de producto, también se logró tener un acceso directo a la cocina. La forma en la que se aseguró los dos requerimientos, se decidió colocar el cuarto frío según lo que se muestra en la Figura 29. También se puede observar a groso modo la ubicación del evaporador y el condensador.

Figura 29. Planos 360 Grado Grill y posición del cuarto frío.



Las medidas del cuarto también fueron acordadas en la reunión con el cliente. El resultado de las medidas del cuarto se muestra en la siguiente figura:



Como consiguiente los requerimientos del cuarto frío se despliegan de la siguiente manera:

Tabla 27. Requerimientos de cuarto frío para producto cárnico

Temperatura	Alto de cámara (metros)	Largo de cámara (metros)	Ancho de cámara (metros)	Producto a almacenar (libras)
0°C	2.38	3.36	3.36	500

Los valores utilizados para el almacenaje óptimo de los productos cárnicos, se siguió la recomendación de la FAO, que son los siguientes:

Tabla 28. Condiciones de almacenaje

Producto	Humedad relativa	Temperatura
Carne	90%	0°C

Otro requerimiento necesario es la rotación del producto, lo cual después de reunirse con el cliente se determinó la siguiente rotación:

Tabla 29: Rotación del producto

Producto	Temperatura del cuarto frío	Temperatura del producto al recibo	Producto a almacenar (Libras)	Rotación del producto libras/semana
Carne	0°C	2-5 °C	500	225

## Fase 2. Cálculo de cargas térmicas

Para la segunda fase, después de obtener los requerimientos para el cuarto frío, se procedió a hacer el cálculo de cargas térmicas del cuarto. Para proceder con los cálculos de las cargas térmicas, se utilizó el programa de Heatcraft Proselect. Dicha herramienta es proporcionada por Heatcraft Refrigeration Products, que es una de las empresas de refrigeración que opera en más de 70 países. Los cálculos de la herramienta son ampliamente usados en la industria y eficaz para el cálculo de cargas térmicas. La herramienta también proporciona una recomendación de equipo a utilizar, sin embargo, no se usará dicha aplicación, ya que se harán cotizaciones con empresas de Guatemala para encontrar el precio al mercado.

Figura 31: Carga por transmisión en paredes para cuarto de carnes

Temperatura de cuarto (pulbo seco)		Temperatura ambiente (pulbo seco)		Horas de Operacion			
0.00 °C		32.00 °C		18.00 hr			
Dimensiones	Temp	Aislamiento	cm	K-valor	R-factor	Área de superficie	
m	°C					m <sup>2</sup>	
Piso	2.4	10	Foam-in-Place	7.62	0.12	25.00	12.25
Techo		43	Foam-in-Place	7.62	0.12	25.00	12.25
Pared # 1	3.5	32	Foam-in-Place	7.62	0.12	25.00	8.40
Pared # 2	3.5	32	Foam-in-Place	7.62	0.12	25.00	8.40
Pared # 3	3.5	32	Foam-in-Place	7.62	0.12	25.00	8.40
Pared # 4	3.5	32	Foam-in-Place	7.62	0.12	25.00	8.40

Carga por transmision/Hr 1959

Idioma: Español
Unidades: Mixed
Fecha 09/06/2019

En la Figura 31 se ingresaron los parámetros con respecto al ambiente y la forma del cuarto frío. La temperatura exterior de las paredes es la temperatura más caliente en la que ha estado durante el año en la zona en la cual se encuentra el restaurante.

También se agregó una temperatura significativamente más alta en el techo, debido a que el sol pega directamente sobre la superficie y dicha superficie es la más caliente entre todas las superficies del cuarto frío. También se colocó 18 horas de operación, ya que se ingresa producto por la mañana gracias a los proveedores y por la tarde y el resto de la noche, se opera mediante los requerimientos de servicios del restaurante. La temperatura interna del cuarto frío se ingresó como 0°C como es recomendado por la FAO.

Figura 32: Carga de infiltraciones para cuarto de carnes

**Guía**

Bulbo seco: 0.00

% Humedad relativa: 90.0

Bulbo humedo: -0.6

Metodo de cambios de aire

Metodo de velocidad de aire

Temp de cuarto: 0.00

Temperatura Ambiente: 32.00 °C

32.00 °C

80.0

29.0 °C

Tipo de puerta especial: Ninguno

Cantidad de puertas especiales: 0

Puerta especial de carga: 0 BTU/day

32	32	32	32	
50	50	50	50	Temperatura de Entrada Bulbo Carn
24	24	24	24	Humedad relativa de entrada
1	1	0	0	Temperatura de Entrada Bulbo Húmedo
2.1	2.1	2.1	2.1	Numero de puertas
1.1	1.1	0.9	0.9	Altura de puerta
6	6	2	2	Ancho de puerta
2.00	5.00	0.00	0.00	Aperturas por hora
80	80	0	0	Tiempo de apertura
				Eficiencia cortina plastica
150050	352025	0	0	BTU/day Carga de infiltracion diaria
8336	19557	0	0	BTU/H Carga/Hr debida a la velocidad del aire
Carga debida al aire				
27893 BTU/H				

Resumen

Carga por transmisión en paredes

Carga por producto

Cargas Miscelaneas

Aceptar

Idioma: Español

Unidades: Mixed

Fecha: 09/06/2019

Para los cálculos de cargas por infiltraciones, se toma en consideración que el cuarto contiene dos puertas. El movimiento del producto es altamente activo en el restaurante. Por lo tanto, cumpliendo con los requerimientos del cliente, las puertas se estarán abriendo de la siguiente manera:

- Puerta 1: aperturas por hora 2.
- Puerta 2: aperturas por hora 6.

También se decidió agregar cortina a ambas puertas con un 80% de eficiencia, esto ayuda a que las pérdidas por infiltraciones se reduzcan y la carga no sea tan elevada. Cabe mencionar que la humedad relativa ingresada fue de 90% ya que es la recomendada por la FAO al igual que los 0°C de bulbo seco.

Figura 33: Carga por producto para cuarto de carnes

Categoría General	CARNE	Alimentos congelados		
Categoría de Productos	CARNE DE VACUNO			
Libras de producto	500	0	0	lbs
Temperatura de Entrada	5	3	3	°C
Tiempo real de carga	5	24	24	hr
Tiempo de enfriamiento	8	24	24	hr
Temperatura final	0	0	0	°C
Punto de Congelacion	-2	-3	-18	°C
Calor especifico arriba	0.77	0.79	0.00	BTU/lb./°F
Calor especifico abajo	0.41	0.42	0.00	BTU/lb./°F
Calor Latente de Fusion	100	106	0	BTU/lb.
Carga de respiracion	0	0	0	lbs
Calor de respiracion	0.00	0.00	0.00	BTU/lb.
Subtotal de Producto	635	0	0	BTU/H


← Carga por transmisión en paredes    Carga por Aire    Cargas Miscelaneas    →

Resumen    Idioma: Español    Unidades: Mixed    Fecha 09/06/2019    Aceptar


Para el cálculo de carga por producto. Dentro de la conversación con el cliente, se comentó que la temperatura a la cual recibe la carne ronda entre 2 a 5°C. La temperatura de ingreso de la carne se tomó de 5°C para tomar el peor escenario y poder cubrir cualquier variación de temperatura de la carne dentro del rango mencionado.

Figura 34: Carga miscelánea para cuarto de carnes

Motores	Caballos de potencia	Min/Hora utilizado	uso dentro o fuera del cuarto				
Motor # 1	0.00 x	0	+ 60 x	<input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	=	0.00000 HP equivalente	
Motor # 2	0.00 x	0	+ 60 x	<input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	=	0.00000 HP equivalente	
Motor # 3	0.00 x	0	+ 60 x	<input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	=	0.00000 HP equivalente	
Motor # 4	0.00 x	0	+ 60 x	<input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	=	0.00000 HP equivalente	
Motor # 5	0.00 x	0	+ 60 x	<input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior	=	0.00000 HP equivalente	
Dato de Placa HP total					<input type="text" value="0.00"/>	0 BTU/H	
Iluminacion	<input type="text" value="16.33"/> Watts/m <sup>2</sup>	o	<input type="text" value="2"/> lamparas @	<input type="text" value="100"/> Watts / lampara		910 BTU/H	
Personas	<input type="text" value="0.03"/>	OR	<input type="text" value="1.00"/> X total	<input type="text" value="2"/> min/hr		41 BTU/H	
Montacargas	<input type="text" value="0.00"/>	OR	<input type="text" value="0"/> X total	<input type="text" value="0"/> min/hr		0 BTU/H	
Misc Watts	<input type="text" value="0"/> watts x		<input type="text" value="0"/> min/hr			0 BTU/H	
Misc Kilowatts	<input type="text" value="0.00"/> kilowatts x		<input type="text" value="0"/> min/hr			0 BTU/H	
Misc. BTU/H	<input type="text" value="0"/> BTU/H					0 BTU/H	
Carga sin factor					951	x factor de seguridad 1.1 =	1046 BTU/H



Resumen



Aceptar

Idioma Español
Unidades: Mixed
Fecha 09/06/2019

Para las cargas misceláneas no se consideró motor alguno, ya que la operación dentro del cuarto frío será a cabo solamente por personas. Solamente habrá dos lámparas de 100 Watts las cuales iluminarán el cuarto y la cantidad de personas que estarán dentro del mismo será solamente de una persona, ya que para el ingreso y egreso del producto solamente se requiere una persona para movilizar.



Figura 35: Carga total para cuarto de carnes

**Condiciones del cuarto**

Temperatura de la cámara  °C      Temperatura ambiente  °C

Países       Local

**Tamaño del cuarto**

Largo  m      Ancho  m      Alto  m

Volumen de la cámara  m<sup>3</sup>      Forma de la cámara

**Resumen de carga**

<input type="button" value="valores automático"/>	Carga por paredes <input type="text" value="1959"/> BTU/H	6 %	<input type="button" value="Editor de Carga por paredes"/>
	Carga de aire <input type="text" value="27893"/> BTU/H	88 %	<input type="button" value="Editor de Carga de aire"/>
	Carga de producto <input type="text" value="635"/> BTU/H	2 %	<input type="button" value="Editor de carga de producto"/>
	Carga miscelánea <input type="text" value="1046"/> BTU/H	3 %	<input type="button" value="Editor de carga miscelánea"/>
	Carga de sistema <input type="text" value="31533"/> BTU/H		
			Tiempo de operación <input type="text" value="18"/> hr

Idioma

Unidades de Energía	Unidades de Longitud	Unidades de Temperatura	Unidades de Peso
<input checked="" type="radio"/> Estandar	<input type="radio"/> Estandar	<input type="radio"/> Estandar	<input checked="" type="radio"/> Estandar
<input type="radio"/> Metrico	<input checked="" type="radio"/> Metrico	<input checked="" type="radio"/> Metrico	<input type="radio"/> Metrico

Tabla 30: Resumen carga térmica cuarto carnes

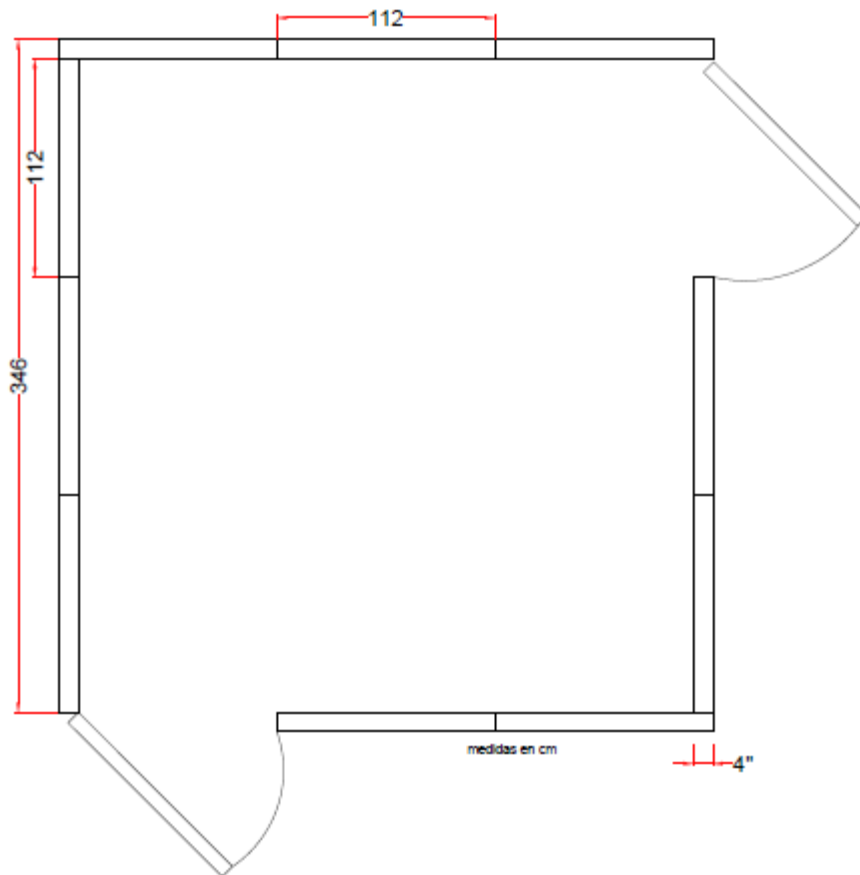
<b>RESULTADOS DEL CALCULO</b>			
CARGA POR TRANSMISION:	1959 BTUH	6.21%	
CARGA POR AIRE:	27893 BTUH	88.46%	‡CARGA TOTAL: 31533 BTUH
CARGA POR PRODUCTO:	635 BTUH	2.01%	HORAS DE OPERACION: 18Horas
CARGA MISCELANEA:	1046 BTUH	3.32%	

### Fase 3. Materiales y costo del cuarto frío

En la fase dos del proyecto se hicieron los planos y los cálculos de los materiales requeridos para la construcción del cuarto frío para 360 Grados Grill. Anteriormente se había acordado la posición del cuarto frío. A continuación, se muestra el despiece de este.

Se tomó en cuenta que la medida original de los paneles es de 1.12 metro de ancho y 11.9 metros de largo. Con el fin de optimizar al máximo las medidas del cuarto, se escogió utilizar múltiplos de 2.38 de largo de panel para el muro y utilizar los paneles de manera vertical. En la siguiente figura se muestran la modulación desde una visión de base en cuanto al muro corrido tomando en cuenta los paneles y el dintel requerido.

Figura 36: Modulación de panel corrido y dintel



Como parte del diseño del cuarto, se hicieron dos propuestas de techo. En la Figura 37 se decidió hacer un modelado utilizando una forma de cuadros con 1.12 metros de ancho y largo. Para la segunda opción, puede observarse en la Figura 38 la decisión de tomar tres paneles de 1.12 de ancho por 3.36 de largo.

Figura 37: Modulaci3n de techo opci3n 1

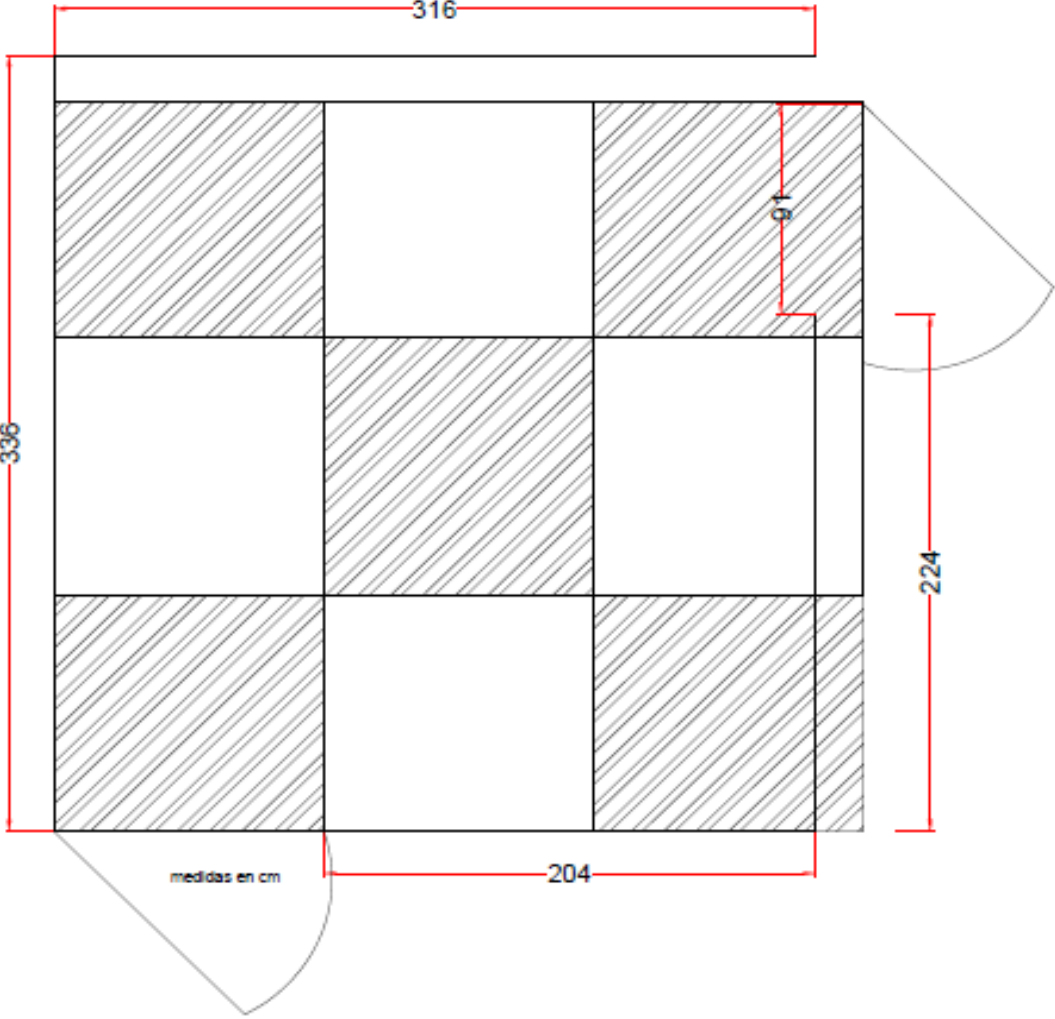
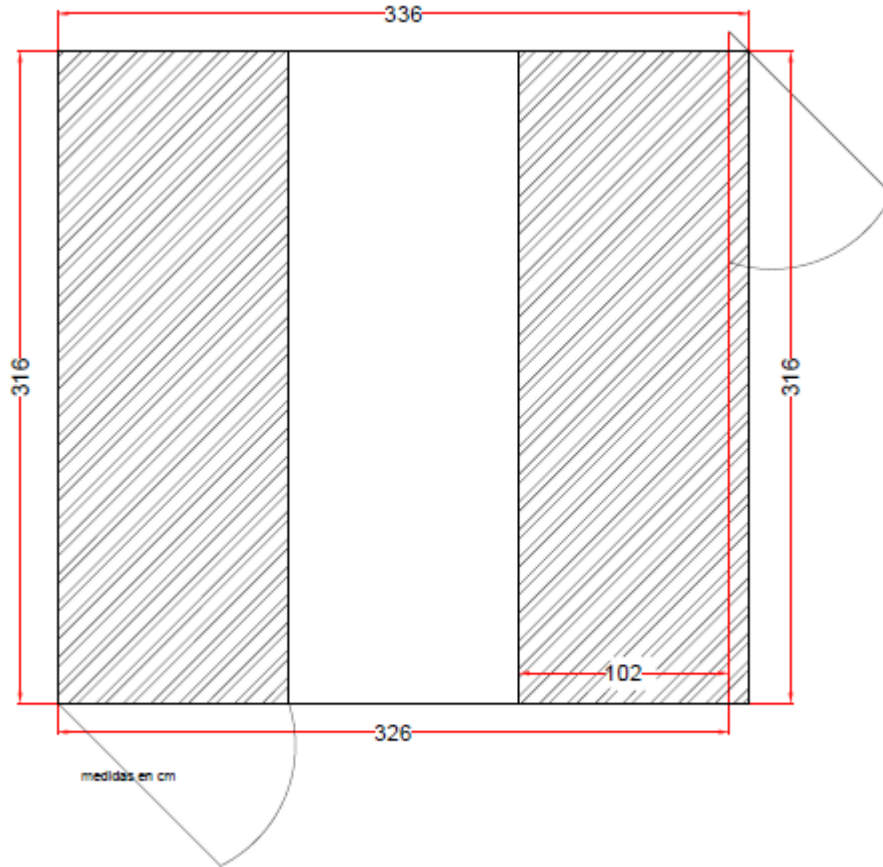


Figura 38: Modulaci3n de techo opci3n 2



Para obtener los paneles necesarios para la construcci3n del cuarto fr3o, se utiliz3 un optimizador de corte lineal. Dicho optimizador permite que se ingrese los datos tanto de ancho, como de largo del panel al igual que el ancho de la sierra, para poder calcular la cantidad de paneles necesarios. En las tablas 31 y 32 se muestra la eficiencia del uso de la plancha y el total de planchas necesarias para poder construir el cuarto fr3o.

Tabla 31: Rendimiento de panel. Opci3n de techo 1 con muro y dintel.

Tipo	Largo	Ancho	Cantidad	N3mero total de panel	% Eficiencia de corte de panel	% Desperdicio de panel
Muro	2.38	1.12	12	4	81.17%	18.83%
Techo	3.36	1.12	2			
Dintel	0.38	1.12	2			

Tabla 32: Rendimiento de panel. Opción de techo 2 con muro y dintel.

Tipo	Largo	Ancho	Cantidad	Número total de panel	% Eficiencia de corte de panel	% Desperdicio de panel
Muro	2.38	1.12	12	4	99.11%	0.89%
Techo	3.36	1.12	2			
Dintel	0.38	1.12	2			

Tomando la comparación entre porcentaje de eficiencia de uso de panel, la opción 2 claramente presenta un uso mucho más eficiente de los paneles. Por lo consiguientes se prosiguió con los cálculos de materiales, tomando en cuenta solamente la opción 2 de techo.

Tabla 33: Materiales para fijación de panel

Tipo	Largo	Ancho	Cantidad	Sika	Butilo	Tornillo
Muro	2.38	1.12	12	8	13	36
Techo	3.36	1.12	2	2	3	2
Dintel	0.38	1.12	2	1	1	2

Tabla 34: Perfiles usados y materiales para fijación

Perfil	metraje a cubrir	cantidad	sika	butilo	tornillo	Tipo de Tornillo
Perfil C	13.44	3.36	3.36	3	87.36	hitmetal
Perfil interno	36.9	16	10	31	260	3/4" cruz
Perfil externo	16.24	7	9	0	114	3/4" cruz

Después del cálculo de materiales, como siguiente paso, se realizó un presupuesto de los materiales, tomando en cuenta los precios de estos en el mercado guatemalteco.

Tabla 35: Totales de materiales de construcción y presupuesto

Descripcion	Cantidad	Precio	Subtotal
Canaleta PVC	4	Q 235.31	Q 941.25
Sika	35	Q 67.46	Q 2,361.21
Butilo	53	Q 55.74	Q 2,954.06
Tornillo 3/4	430	Q 0.12	Q 52.03
Tornillo hitmetal	88	Q 2.20	Q 193.60
Cenefa	17	Q 62.29	Q 1,058.98
perfil interior	7	Q 38.84	Q 271.89
Panel m^2	54	Q 429.91	Q 23,215.30
Puerta Nacional Abatible 0.9X2 m	2	Q 6,600.00	Q 13,200.00
Cortina plastica	2	Q 677.55	Q 1,355.09
Mano de obra	1	Q 8,318.00	Q 8,318.00
<b>TOTAL</b>			<b>Q 53,921.40</b>

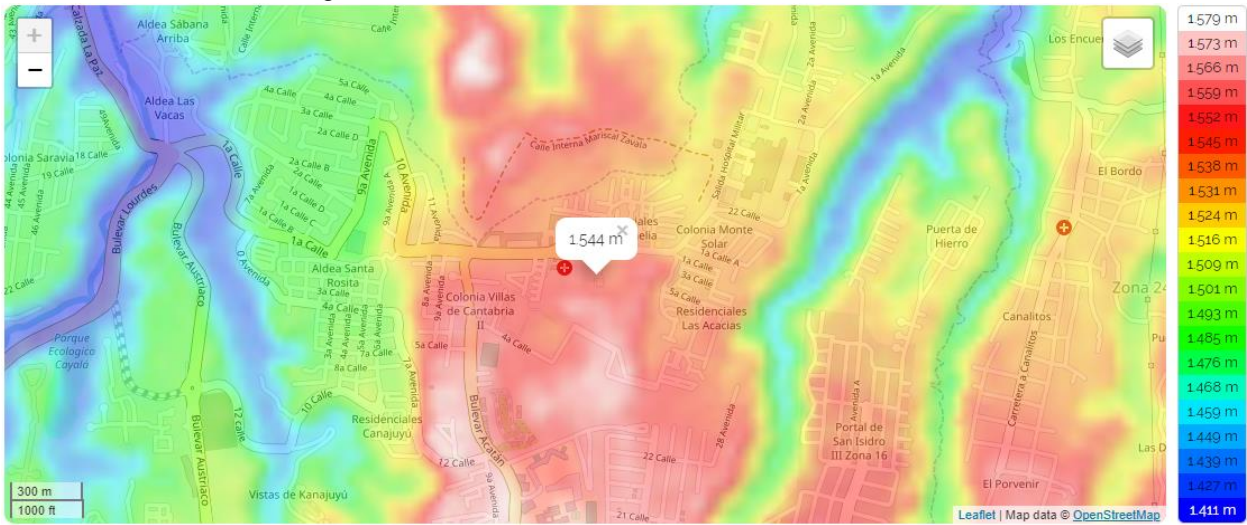
Tomando en cuenta la tabla 35, el total para la construcción del cuarto frío tomando en cuenta mano de obra y materiales, y sin contar los equipos de refrigeración es de **~Q53,921**.

Después de la cotización del cuarto frío, solamente queda la cotización de los equipos y el costo de mano de obra de la instalación de estos. Para dicha cotización, se contactó a varias empresas situadas en Guatemala. Dichas empresas son las siguientes:

- Unirefri,
- Distribuidora
- Granada,
- Serprore,
- Solref,

A las empresas se les proporcionó la información en cuanto a la carga a utilizar, las dimensiones del cuarto, el producto a refrigerar y la altura a la cual se encuentra el cuarto frío. De todos los datos anteriores, solamente la altura del cuarto no se ha proporcionado durante la metodología. Por lo tanto, en la Figura 39 se muestra la altura a la cual se encuentra la zona en la que se ubica 360 Grados Grill. Dicha información fue obtenida de Google Maps.

Figura 39. Altura del restaurante 360 Grados Grill



[https://docs.google.com/document/d/1LQaArtPov4tgsFUELnKv7yrdzN9AWbGERhEv\\_pLcY6g/edit](https://docs.google.com/document/d/1LQaArtPov4tgsFUELnKv7yrdzN9AWbGERhEv_pLcY6g/edit)

Tabla 36: Cotización de equipo a empresas guatemaltecas

Proveedor	Evaporador	Condensador	Total
Unirefri	GTQ 8,850.00	GTQ 17,200.00	GTQ 26,050.00
Serprore	GTQ 29,139.75	GTQ 15,127.50	GTQ 44,267.25
Distribuidora Granad	GTQ 18,994.88	GTQ 16,163.75	GTQ 35,158.63
Refring. S.A	GTQ 11,947.50	GTQ 23,220.00	GTQ 35,167.50

En los anexos “C” a la “F” se pueden encontrar las cotizaciones compartidas de los diferentes distribuidores y los precios. Los equipos recomendados, estarán utilizando el refrigerante R134-a. Comparando las cuatro empresas de refrigeración, se opta por la utilización de Unirefri, quien muestra el precio más accesible.

Por lo tanto, el precio total de cuarto frío sería la suma entre el costo de la construcción del cuarto frío y la del equipo de refrigeración. En la siguiente tabla se muestran los totales.

Tabla 37. Costo total de cuarto frío.

Rubros	Costo
Equipos	GTQ 26,050.00
Cuarto frío	GTQ 53,921.00
Total	GTQ 79,971.00

Dimensionamiento de tubería de refrigeración:

Diámetros de tubería recomendados

Para el diámetro de la tubería a utilizar, se debe calcular el largo equivalente. Para dicho cálculo del largo equivalente se puede observar en la figura 40 que muestra el despliegue de la tubería del evaporador al condensador. Habrá solamente necesidad de instalar 4 codos, que se tomará en cuenta para el cálculo del largo equivalente, utilizando los datos de la tabla 38.

Figura 40. Plano de tubería de refrigerante

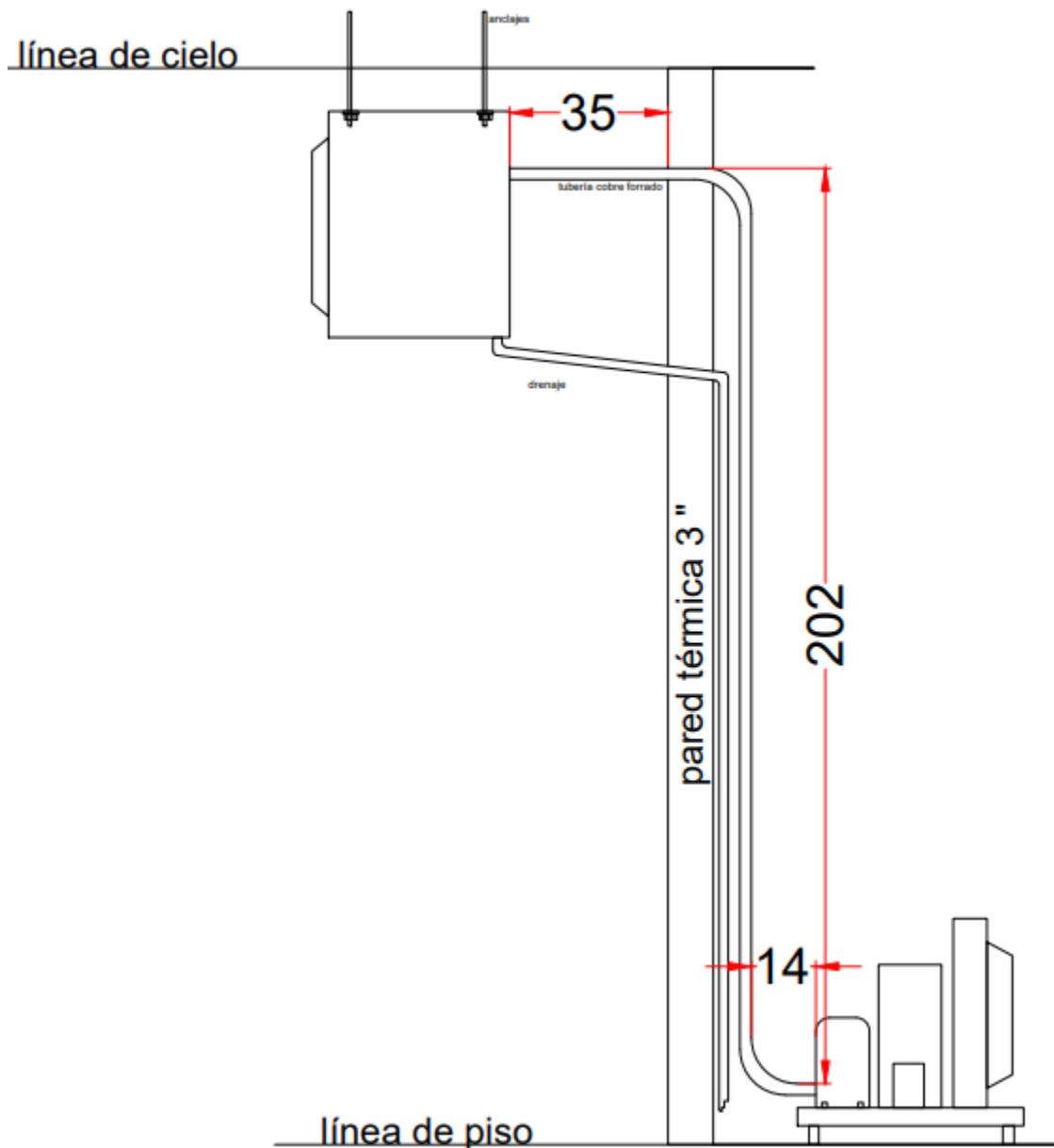




Tabla 38. Longitud equivalente accesorios de tubería.

Nominal pipe or tube size, in.	Smooth bend elbows						Smooth bend tees			
	90° Std*	90° Long-radius†	90° Street*	45° Std*	45° Street*	180° Std*	Flow-through branch	Straight-through flow		
								No reduction	Reduced ¼	Reduced ½
3/8	1.4	0.9	2.3	0.7	1.1	2.3	2.7	0.9	1.2	1.4
1/2	1.6	1.0	2.5	0.8	1.3	2.5	3.0	1.0	1.4	1.6
3/4	2.0	1.4	3.2	0.9	1.6	3.2	4.0	1.4	1.9	2.0
1	2.6	1.7	4.1	1.3	2.1	4.1	5.0	1.7	2.2	2.6
1 1/4	3.3	2.3	5.6	1.7	3.0	5.6	7.0	2.3	3.1	3.3
1 1/2	4.0	2.6	6.3	2.1	3.4	6.3	8.0	2.6	3.7	4.0
2	5.0	3.3	8.2	2.6	4.5	8.2	10.0	3.3	4.7	5.0
2 1/2	6.0	4.1	10.0	3.2	5.2	10.0	12.0	4.1	5.6	6.0
3	7.5	5.0	12.0	4.0	6.4	12.0	15.0	5.0	7.0	7.5
3 1/2	9.0	5.9	15.0	4.7	7.3	15.0	18.0	5.9	8.0	9.0
4	10.0	6.7	17.0	5.2	8.5	17.0	21.0	6.7	9.0	10.0
5	13.0	8.2	21.0	6.5	11.0	21.0	25.0	8.2	12.0	13.0
6	16.0	10.0	25.0	7.9	13.0	25.0	30.0	10.0	14.0	16.0
8	20.0	13.0	—	10.0	—	33.0	40.0	13.0	18.0	20.0
10	25.0	16.0	—	13.0	—	42.0	50.0	16.0	23.0	25.0
12	30.0	19.0	—	16.0	—	50.0	60.0	19.0	26.0	30.0
14	34.0	23.0	—	18.0	—	55.0	68.0	23.0	30.0	34.0
16	38.0	26.0	—	20.0	—	62.0	78.0	26.0	35.0	38.0
18	42.0	29.0	—	23.0	—	70.0	85.0	29.0	40.0	42.0
20	50.0	33.0	—	26.0	—	81.0	100.0	33.0	44.0	50.0
24	60.0	40.0	—	30.0	—	94.0	115.0	40.0	50.0	60.0

El largo equivalente de la tubería es la siguiente:

Tabla 39. Largo equivalente de tubería

Largo horizontal (metros)	Largo vertical (metros)	Largo accesorios (metros)	Largo total (metros)
0.5	2.02	0.1	2.62

Para la obtención del diámetro de la tubería, se utilizaron los datos de las tablas 22 y 23 las cuales basan su resultado teniendo en cuenta el largo equivalente, la temperatura y la carga del cuarto frío.

Tabla 40. Selección de diámetro de tubería

Largo total (metros)	Temperatura (Celcius)	Carga térmica BTU	Diámetro de tubería (plg)
2.62	0	3,100,000	2.58

## VI. CONCLUSIONES

- Se diseñó la ubicación del cuarto frío según las necesidades del cliente, tomando en cuenta la accesibilidad de los proveedores de carne como la del personal hacia el cuarto. También se determinaron las medidas del cuarto, tomando en cuenta la mejor optimización de los paneles a comprar.
- Se obtuvo, en conjunto con el cliente, los requerimientos necesarios para la construcción del cuarto frío, teniendo en cuenta las necesidades del negocio proporcionadas.
- Se estableció la posición de los equipos, permitiendo así un diseño de tubería óptimo para el cuarto frío.
- Se determinaron las cargas térmicas, tomando en cuenta todos los requerimientos del cuarto frío.
- Se determinó de la cantidad de materiales necesarios a utilizar para la construcción del cuarto frío.
- El costo de los materiales utilizados para la construcción y la obra civil del cuarto frío dio un total de Q53,921.
- Se cotizó el costo del equipo, siendo el monto de Q 26,050. Esto fue basado después de comparar los costos de cuatro empresas de refrigeración.
- El costo total del cuarto frío es de Q 79, 971.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda colocar un protector físico o barrera física que cubra el condensador, para evitar cualquier riesgo de que el equipo sea dañado por vehículos.
- Sabiendo que la mayor carga térmica es debido a la carga miscelánea, se recomienda acortar el tiempo de uso del cuarto refrigerado.
- Se recomienda evaluar las opciones de empresas a elegir. La selección del Unirefri fue con base en el precio; sin embargo, se recomienda igualmente reevaluar bajo otros posibles parámetros la selección de la empresa.
- Se recomienda utilizar un material aislante en la tubería.
- Se recomienda fuertemente seguir las normas del Ministerio de Salud, en cuanto al uso y manejo del cuarto frío.
- Se recomienda generar un manual de uso para el cliente, el cual pueda utilizar para cumplir con las normativas de la FAO y del Ministerio de Salud.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón Creus, José. (2000). *Tratado Práctico de Refrigeración Automática*. 12th ed. Marcombo Boixareu Editores. 459 págs.
- Çengel, Y. and Ghajar, A. (2015). *Transferencia de calor y masa*. 6th ed. México, D.F.: McGraw-Hill. 1012 págs.
- Dossat, Roy J. (1991). *Principios de Refrigeración*. Compañía Editorial Continental. 567 págs.
- Espuglas, Santiago, et all. (2005). *Fundamentos de transmisión de calor*. Edicions Universitat Barcelona. 159 págs.
- Frederick Veal. (2003) *Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 1654 págs.
- Frigus Bohn. 2005. *Manual de Ingeniería. México*. Grupo Frigus Therme. 39 págs.
- Kreith, Frank; Raj, Manglik; Mark, Bohn. 2012. *Principios de Transferencia de Calor*. 7ª edición. México, D.F.: Cengage Learning. 250 págs.
- Metalpanel. (2018). *Catálogo, Paneles de construcción y frigoríficos*. España. 102 págs.
- Nayyar, M. (2000). *Piping handbook (7th ed.)*. 7th ed. United States of America: McGraw-Hill. 2528 págs.
- Rolle, Curt C. (2006). *Termodinámica*. Pearson Education. 611 págs.
- Wang, Shan K. (2001). *Handbook of air conditioning and refrigeration*. 2th ed. United States of America: McGraw-Hill. 1424 págs.
- Wang, S. (2010). *Handbook of air conditioning and refrigeration*. 10th ed. Boston: McGraw-Hill. 1456 págs.
- Whitman, W. and Johnson, W. (2000). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado Tomo I*. 1st ed. Madrid: Paraninfo. 357 págs.
- Whitman, W. and Johnson, W. (2000). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado Tomo II*. 1st ed. Madrid: Paraninfo. 235 págs.
- Whitman, W. and Johnson, W. (2000). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado Tomo III*. 1st ed. Madrid: Paraninfo. 347 págs.
- Whitman, W. and Johnson, W. (2000). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado Tomo IV*. 1st ed. Madrid: Paraninfo. 254 págs.

## IX. ANEXOS

### Anexo A. Hoja de resultados de Heatcraft Proselect. Parte 1



Guatemala,  
Ph:  
Fax:  
Email:

#### Carga Estimada de Enfriamiento de la Cámara

COTIZACIÓN / PROPUESTA: 20190609140841;0 No de Artículo: 1 ELABORADO POR:

FECHA: 6/11/2019

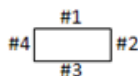
CLIENTE: PROYECTO/TRABAJO

**DATOS DEL CUARTO:** 1959 BTUH

Temp de Cuarto: 0°C DB @ 90% RH

Temperatura Ambiente: 32°C DB

Dimensiones: 3.5 m Largo X 3.5 m Ancho X 2.4 m Alto



	Temperatura:	Aislamiento:	Espesor:	Valor K:	Valor R:	Area:
Techo:	43°C	Foam-in-Place ES	7.62 cm	0.12	25.00	12.25 m <sup>2</sup>
Suelo:	10°C	Foam-in-Place ES	7.62 cm	0.12	25.00	12.25 m <sup>2</sup>
PARED: 1:	32°C	Foam-in-Place ES	7.62 cm	0.12	25.00	8.4 m <sup>2</sup>
PARED: 2:	32°C	Foam-in-Place ES	7.62 cm	0.12	25.00	8.4 m <sup>2</sup>
PARED: 3:	32°C	Foam-in-Place ES	7.62 cm	0.12	25.00	8.4 m <sup>2</sup>
PARED: 4:	32°C	Foam-in-Place ES	7.62 cm	0.12	25.00	8.4 m <sup>2</sup>

**DATOS DE INFILTRACION:** 27893 BTUH

	Cant.:	Tamaño/Ti po:	Entrada de Aire:	Apertura:	Tiempo:	Factor de Cortina:
Puerta1:	1	2.1 m x 1.1 m	32°C @ 50.00% RH	6	2.00	80
Puerta2:	1	2.1 m x 1.1 m	32°C @ 50.00% RH	6	5.00	80

**ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO:** 635 BTUH

Tipo:	CARNE DE VACUNO	Punto de Congelamiento:	-2°C
Carga Maxima:	500 lbs	Tiempo de Carga:	5 Horas
Temp Final:	0°C	Cp arriba de Cong:	0.77 BTUH/lb/°F
		Cp Debajo Cong:	0.41 BTUH/lb/°F

Page 1 of 2

Anexo B Hoja de resultados de Heatcraft Proselect. Parte 2



Guatemala,  
Ph:  
Fax:  
Email:

---

Temp Inicial:	5°C	Tiempo de Enfriado:	8 Horas	Calor Latente de Fusion	100 BTUH/lb
Inventario:	0 lbs			Calor de respiracion:	0 BTUH/lb
<b>ESPECIFICACIONES MISCELANEAS:</b>					<b>1046 BTUH</b>

Motores:	0.0 HP Equiv	Montacarga:	0
Alumbrado:	16.33 Watts/m <sup>2</sup>	Otros:	0 BTUH
Numero de Habitantes	0.03Personas	Otros:	

---

**RESULTADOS DEL CALCULO**

CARGA POR TRANSMISION:	1959 BTUH	6.21%		
CARGA POR AIRE:	27893 BTUH	88.46%	‡CARGA TOTAL:	31533 BTUH
CARGA POR PRODUCTO:	635 BTUH	2.01%	HORAS DE OPERACION:	18Horas
CARGA MISCELANEA:	1046 BTUH	3.32%		

† Carga calculada es basada en datos de pulldown proporcionado por el usuario, es responsabilidad del usuario el apropiado almacenaje del producto que permita la distribución de temperatura y las condiciones de flujo de aires en este periodo de tiempo.

‡ La Carga Total incluye un factor de seguridad del 10% que cubre la posibilidad de una carga imprevista en altas condiciones de carga, excesivas temperaturas ambiente imprevistas, incrementos imprevistos de negocio, o cambios de empaques de productos.

Anexo C. Cotización Serprore



SERPRORE, S. A.  
3ra. Av. 13-06 Col. El Rosario Zona 3 de Mixco, Guatemala  
Tel. (502) 2437-2445 \* 2431-4201 \* 2434-1509

SERPRORE EL SALVADOR, S. A. DE C. V.  
13 Calle Poniente entre 85 y 87 Av. Col. Escalón No. 4425, San Salvador  
Tel. (503) 2528-0360 Telefax (503) 2264-6157

[www.gruposerprore.com](http://www.gruposerprore.com)

**COTIZACIÓN**

EMPRESA: FROZTEC  
DIRECCIÓN: CIUDAD DE GUATEMALA  
ATENCIÓN: JOSE PABLO ORTIZ

11/06/2019  
**C-567-06-19 RF**

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO	
		UNITARIO	TOTAL
<b>EQUIPO PARA 0° Centigrados</b>			
1	Por venta de unidad condensadora de 7 Hp para media temperatura Marca Bohn Modelo FFAP-071Z-TFC-230, Voltaje 208-230/3/60 Refrigerante R-404a	Q 29,193.75	Q 29,193.75
1	Evaporador para media temperatura perfil bajo para 31,000 btu Voltaje 208-230/1/60	Q 15,127.50	Q 15,127.50
INCLUYE:		puesta en nuestra bodega	
TIEMPO DE ENTREGA:		2 dias habiles	
CONDICIONES DE PAGO		DEPOSITO EN CUENTA BANCO INDUSTRIAL CUENTA MONETARIA 007-009431-3 A NOMBRE DE SERPRORE, S.A.	
<b>TOTAL MONTO DE LA COTIZACION</b>			<b>Q 44,321.25</b>
<b>"SOMOS PROFESIONALES EN REFRIGERACION"</b>			

## Anexo D. Cotización Unirefri

### UNIREFRI

7 AVE. 20-23 ZONA 1

Telefono: 2220-6434

### COTIZACIÓN

Para: JOSE PABLO ORTIZ

Nit: CF

Dirección:

No. de Cotización: 1013421

Fecha: 11/06/2019

Asesor: TU01-Jose Choj

E-mail: jchoj@unirefri.com

Celular: 5523-9076

#	Código	U/M	Descripción	Cant.	Precio c/IVA	Total c/IVA
1	03.0086	UNIDAD	U/COND A/MBT 4HP 208-230/3 R404 FFAP-040Z-TFC-072 COPE	1	QTZ 17,200.00	QTZ 17,200.00
2	03.0019	UNIDAD	EVAPORADOR D/BAJO PERFIL (4) 208-230/1 LET160BK BOHN (MADE IN USA)	1	QTZ 8,850.00	QTZ 8,850.00
3	08.0094	UNIDAD	CONTROL D/TEMP ELEC A421ABC-02C -30/212F 120/240V JOHN/PENN	1	QTZ 565.00	QTZ 565.00
4	08.0037	UNIDAD	TIMER DE DESHIELO 208-240V TIEMPO/TEMP/PRESION 8145-20EX PARAGON	1	QTZ 592.00	QTZ 592.00
5	12.0012	UNIDAD	REFRIGERANTE R-404A CILINDRO 10.9KGS (24LBS) GENETRON	1	QTZ 990.00	QTZ 990.00
6	09.0193	UNIDAD	VALV DE EXP ROSC RSE-2-C R-404A MEDIA 3/8" X 1/2" SPORLAN	1	QTZ 425.00	QTZ 425.00
<b>Total:</b>						<b>QTZ 28,622.00</b>

**Validez de la Oferta:** 10 días, sujeta a disponibilidad de existencias

**Forma de Pago:** Contado

**Observaciones:**

\* Una vez recibida la mercadería a conformidad, NO se aceptan cambios ni devoluciones.

\* En productos electricos NO hay garantía.

\* Nuestros equipos cuentan con doce meses de garantía POR DESPERFECTOS DE FABRICACION. NO aplica por mal uso, mal diseño, mala instalación, falta de mantenimiento, fallas en el suministro eléctrico, entre otras.

\* Los modelos y especificaciones están sujetos a cambios sin previo aviso debido a mejoras en los productos.



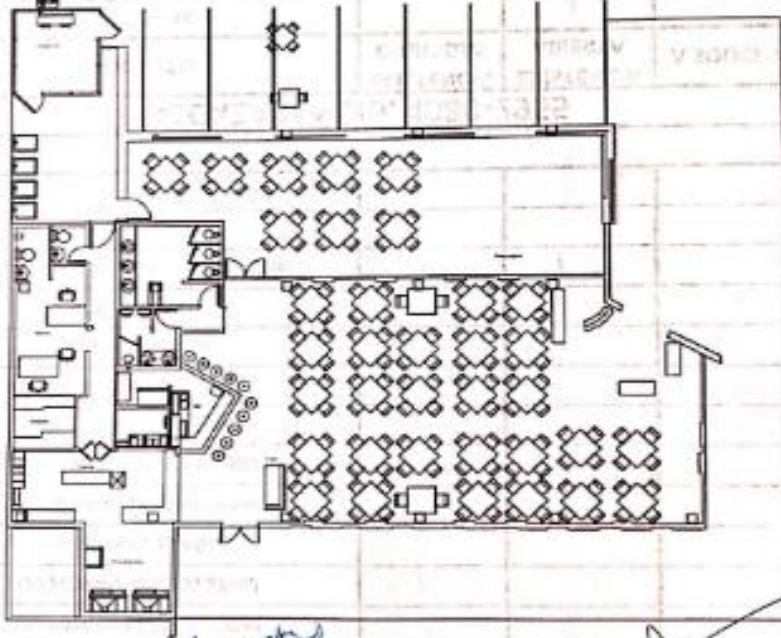
## Anexo F. Minuta firmada por 360 Grados Grill

Buenos días Carlos,

Como hablamos en nuestra reunión, los requerimientos del cuarto serían los siguientes:

Producto a almacenar: Carne vacuna, tanto magra como grasa.  
Cantidad de producto a almacenar: 500 Libras  
La rotación del producto: 250 Libras a la semana  
La temperatura deseada de la carne: 0 grados Celsius.  
El tamaño del cuarto será de: 3.36X3.36X2.30 metros

La ubicación del cuarto frío sería como se muestra en la siguiente imagen:



**360° Grill**  
STEAK HOUSE  
Boulevard Centro Médico Militar  
34 calle 14-08 Zona 16, Plaza San Fernando  
Tel. 2261-0406  
360gradosgrill@gmail.com  
www.360grinsteakhouse.com  
360gr07