



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA UNIDAD
AZCAPOTZALCO**

Cámara Frigorífica

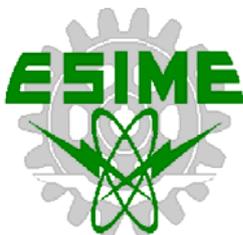
Tesis
Para Obtener El Título De
Ingeniero Mecánico

Presenta

Adrián Nicasio Rivera
Pedro Suárez Arteaga
José Carlos González Becerra

Asesor

Ing. Felipe de Jesús García Monroy



México, D.F.

2009



INDICE

	Pagina
Introducción.....	7
Marco Histórico.....	8
Control de calidad.....	9
Concepto de calidad.....	9
Motivación para la calidad.....	10
Actividades relacionadas con el flujo de materiales y el producto	10
Mercadeo y filosofía de la calidad.....	12
Calidad con participación.....	12
Compromiso con la filosofía de gestión.....	14

CAPITULO I GENERALIDADES

1	Ciclo De Carnot en un sistema de refrigeración.....	18
1.1.1	Análisis del ciclo básico de la refrigeración.....	18
1.1.2	Ciclo básico de la refrigeración (con sobre calentamiento y subenfriamiento)	20
1.2	Funciones específicas de los sistemas de compresión simple.....	21
1.2.1	Sistemas de refrigeración por compresión.....	23
1.2.2	Efecto refrigerante.....	25
1.2.3	Flujo másico de refrigerante.....	26
1.2.4	Calor de compresión y trabajo de compresión.....	26
1.2.5	Potencia teórica requerida por el compresor.....	27
1.2.6	Desplazamiento teórico requerido por el compresor.....	27
1.2.7	Calor de rechazo en el condensador.....	28
1.3	Descripción del proyecto.....	30
1.3.1	Ubicación y orientación.....	30
1.3.2	Condiciones climatológicas.....	30
1.3.3	Dimensiones de embalaje.....	31
1.3.4	Estantería.....	31
1.3.5	Cantidad de almacenaje de producto.....	32
1.3.6	Flujo de recepción de producto.....	32
1.3.7	Temperatura de diseño.....	32
1.3.8	Tiempo de almacenaje.....	32
1.3.9	Temperatura de entrada del producto.....	32
1.3.10	Dimensiones de la cámara.....	32



CAPITULO II BALANCE TERMICO

2	Balance térmico.....	35
2.1	Calculo de la carga térmica generada por el concepto de Transmisión de calor a través de paredes.....	35
2.1.2	Conductancia de la capa (película) superficial del aire.....	36
2.1.3	Calculo de la carga térmica generada por el producto.....	37
2.1.4	Calculo de la carga térmica generada por alumbrado.....	39
2.1.5	Calculo de la carga térmica generada por equipos.....	39
2.1.6	Calculo de la carga térmica generada por infiltración.....	40
2.1.7	Calculo de la carga térmica generada por ocupantes.....	41
2.1.8	Calculo de la carga térmica generada por el efecto solar.....	41
2.1.9	Memoria de calculo.....	41

CAPITULO III SELECCIÓN DEL EQUIPO

3.	Selección de equipos.....	50
3.1	Características para la selección	50
3.1.2	Selección del refrigerante.....	50
3.1.3	Consideraciones para la selección del refrigerante.....	51
3.1.4	Refrigerante seleccionado.....	53
3.2	Calculo del ciclo con el refrigerante seleccionado.....	54
3.2.1	Diagrama de Mollier para el refrigerante seleccionado.....	55
3.2.2	Relación de compresión.....	56
3.2.3	Efecto refrigeración.....	57
3.2.4	Potencia del compresor.....	57
3.2.5	Coeficiente de rendimiento.....	58
3.2.6	Temperatura en la descarga del compresor.....	58
3.2.7	Desplazamiento del compresor.....	59
3.2.8	Desprendimiento de calor en el compresor.....	59
3.3.1	Selección de la unidad condensadora.....	60
3.3.2	Selección del evaporador.....	62
3.3.3	Selección de la válvula de expansión.....	67
3.3.4	Selección de accesorios.....	69
3.3.4.1	Selección de filtro deshidratador.....	69
3.3.4.2	selección del indicador de liquido y humedad.....	69
3.3.4.3	Aceite lubricante.....	70
3.3.4.4	Selección de válvula solenoide.....	71
3.3.4.5	Selección de válvula de paso.....	72



CAPITULO IV INSTALACION

4	Instalación.....	74
4.1	Instalación de equipos.....	74
4.1.1	Ubicación del cuarto de maquinas.....	75
4.1.2	Instalación de la unidad condensadora.....	75
4.1.2.1	Montaje y sujeción de la unidad condensadora.....	76
4.1.2.2	Instalación de evaporadores.....	77
4.2	Tubería.....	78
4.2.1	Soporte de la tubería de refrigeración.....	79
4.2.2	Tubería de succión.....	79
4.2.3	Tubería de liquido.....	80
4.3	Soldadura.....	80
4.4	Instalación de la válvula de expansión termostática.....	80
4.4.1	Instalación de accesorios.....	82
4.5	Instrumentos de control.....	87
4.6	Instalación eléctrica.....	88

CAPITULO V PUESTA EN MARCHA

5.	Puesta en marcha.....	90
5.1	Procedimientos recomendados para identificar fugas.....	90
5.1.2	Fugas de refrigerante.....	90
5.1.3	Evacuación.....	91
5.1.4	Carga de refrigerante a un sistema.....	92
5.1.4.1	Carga de fase liquida.....	92
5.1.4.2	Carga en fase de vapor.....	94
5.2	Extracción del refrigerante de un sistema.....	95
5.3	Uso de una unidad condensadora para transferencia.....	95
5.3.1	Migración de la carga.....	96
5.4	verificación final y arranque.....	96
5.5	verificación final de la operación del sistema.....	97

Anexo de tablas 99 – 105

Glosario y bibliografía..... 106 - 111



AGRADECIMIENTOS

Al INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL, le damos las gracias por hacer de nuestra formación profesional personas de éxito, desarrollando mayores conocimientos para aplicarlos en la vida diaria en este gran país que es MEXICO.



A LA ESIME, porque además de que en sus instalaciones recibimos grandes conocimientos y ahí pasamos una de las mejores etapas de nuestras vidas



INTRODUCCION

La presente tesis tiene como objetivo el cálculo y selección del equipo para una cámara frigorífica para conservación de alimentos perecederos y contiene los capítulos de generalidades, cálculo del balance térmico, selección del equipo, instalación, arranque y puesta en marcha.

El almacenamiento refrigerado de alimentos perecederos es necesario para su conservación por ejemplo: carnes, vegetales, lácteos, etc., y esto se conoce como almacenamiento en frío el cual se lleva a cabo en cámaras frigoríficas. La refrigeración evita el crecimiento de bacterias e impide algunas reacciones químicas no deseadas que pueden tener lugar a temperatura ambiente.

En la actualidad se buscan cámaras que usen refrigerantes ecológicos [Ref.BB.01], y que sean menores en sus dimensiones pero que tengan la misma eficiencia que las cámaras fabricadas con anterioridad, esto se ha logrado gracias a los paneles prefabricados y a la innovación de los aislantes térmicos.

El presente proyecto tendrá como finalidad el diseño de una cámara frigorífica con capacidad de 4.5 toneladas de producto y utilizará un refrigerante ecológico.

En la refrigeración mecánica se obtiene un enfriamiento constante mediante la circulación de un refrigerante en un ciclo cerrado, donde se evapora y se vuelve a condensar. Si no existen pérdidas, el refrigerante sirve para toda la vida útil del sistema. Todo lo que se necesita para mantener el enfriamiento es un suministro continuo de energía y un medio para disipar el calor absorbido en el interior de la cámara frigorífica.

En este presente proyecto el diseño de la cámara frigorífica está basado en la teoría del ciclo inverso de Carnot que se explicará en el capítulo de Generalidades.

Para el cálculo del espesor del aislante térmico para las paredes de la cámara frigorífica se utilizará un método empírico.

Para la selección de las válvulas que se instalarán en la cámara frigorífica se utilizará un programa de software (Elite, Blazer).

Para la selección del compresor, evaporador, condensador y accesorios se utilizarán catálogos de FRIGUS BOHN.



MARCO HISTORICO

- En 1530 el Doctor Zimara en su libro “PROBLEMATA” explicó el enfriamiento de agua con la adición de nitrato de potasio.
- En los inicios del siglo XVII Francis Bacon dio distintas fórmulas para mezclas de refrigerantes.
- En 1662 Robert Boyle estableció la ley que relaciona la presión y el volumen de un gas a una temperatura constante. Mas tarde fue verificado en 1676 por Mariotte.
- En 1793 Lowaitz obtuvo 50 °C bajo cero mediante una mezcla de nieve y cloruro de calcio.
- En 1803 Dalton anunció su Ley de las “Presiones Parciales”, primera caja de hielo doméstico de Thomas Moore de USA.
- En 1821 Jaques Bérard (Francia) realiza experimentos sobre almacenaje con diversas mezclas de gases.
- En 1850-1853 A. C. Twining construyó un sistema de refrigeración por compresor de éter.
- En 1876 hibernación de huevos de gusanos de seda, usando refrigeración artificial (en Susoni de Alviate, cerca de Milán, Italia).
- En 1880 empiezan mediciones de conductividad térmica en aislamiento.
- En 1886 Italia hace la primera utilización de la refrigeración en una fábrica de cerveza.
- En 1894 en altos hornos Jemes Gayley seca el aire por refrigeración. La primera instalación se realizó en Pittsburg USA. También comienza la utilización de tablas de corcho granulado comprimido como un aislante térmico.
- En 1908 Alexis Carrel injerta segmentos de arterias o venas preservados en estado de congelado.
- En 1921 enfrían por medio de rocío de agua salada llamado proceso Z (M. T. Zaratschenzeff).
- En 1924 en Japón fue hecho el primer refrigerador doméstico.
- En 1947 en Alemania surgen las primeras máquinas de refrigeración por absorción funcionando como bombas calientes.
- A partir del año de 1995, la preocupación por la conservación del medio ambiente fue plasmada en el protocolo de Montreal en el cual queda prohibido usar refrigerantes que por su composición química destruya la capa de ozono. En nuestro caso el refrigerante R-12 daña la capa de ozono [Ref.BB.02], tomando esto en cuenta el refrigerante R-12 será sustituido por un refrigerante ecológico [Ref.B.B 01].



CONTROL DE CALIDAD

CONCEPTO DE CALIDAD:

Aunque no existe una definición concisa de “calidad”, por lo general se esta de acuerdo en que caracteriza el grado en que los productos satisfacen los deseos y esperanzas de los consumidores. Una de sus definiciones típicas es la de European Organization for Quality Control (EOQC): “la totalidad de los aspectos y características de un producto o servicio en cuanto a su capacidad para satisfacer una necesidad dada”.

PREPARATIVOS PARA EL CONTROL.

Esta función comprende tres actividades principales;

- **Ejecutar las especificaciones de calidad.**
- **Planear la inspección**
- **Determinar las técnicas y el equipo de medición**

La determinación de las especificaciones de la calidad es la base para tener la seguridad de la misma en la manufactura. Una parte de la actividad es clasificar y establecer niveles de calidad para las diversas propiedades del producto.

Esta clasificación incluye una evaluación de la importancia y riesgo de los defectos causados por los materiales en las diferentes etapas, desde las materias primas hasta los productos terminados.

Especificar y planear la inspección, junto con las especificaciones de calidad, forman la base total para las actividades de inspección. La evaluación de las especificaciones de calidad y los planes y especificaciones para la inspección constituyen una evaluación continua.

La buena seguridad de la calidad depende en gran medida de las cuantificaciones de las características del producto y del proceso.



MOTIVACION PARA LA CALIDAD

Una condición esencial para obtener los beneficios pretendidos al asegurar la calidad es el compromiso y motivación de todos los individuos que trabajan en la empresa, relacionados con los aspectos de la calidad.

Frederick Herzberg hace una diferencia entre los factores que producen satisfacción por el trabajo y aquellos que producen insatisfacción. Los que motivan son la causa esencial de la satisfacción, y los factores de la higiene la causa esencial de la insatisfacción en el trabajo.

Entre los factores que motivan esta el logro, el reconocimiento, la responsabilidad y el trabajo mismo. Entre los higiénicos esta la supervisión ya que nuestros productos a refrigerar depende mucho de la buena calidad.

ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL FLUJO DE MATERIALES Y EL PRODUCTO

Todas estas actividades pertenecen a la parte del control o evaluación de la función de la seguridad en la calidad.

1. Estudios sobre la calidad del vendedor y control de calidad por inspección de insumos.

Abarca el propósito de predecir la capacidad del vendedor para cumplir con los requisitos de calidad. La evaluación se refiere al sistema de control de calidad del vendedor, procedimientos, instalaciones y equipo.

El control de insumos materiales es la inspección común de los materiales y componentes adquiridos. El propósito es evaluar si los artículos se reciben conforme a las especificaciones o si se deben rechazar. La actividad puede incluir una función de control indirecto de la calidad mediante el registro y evaluación del nivel de calidad de cada proveedor.

2. El control de calidad durante la producción.

Esta actividad comprende la aprobación de disposiciones, que son el montaje de maquinas, herramientas, instrumentos y material. El arreglo se debe de ajustar de tal modo que el producto se conforme a las especificaciones. La aprobación se puede basar en la inspección de la primera pieza.

Inspección del proceso, inspección común de los procesos de producción, el propósito es asegurar que todo este “bajo control”, a fin de evitar defectos de manufactura. Se utilizan medios estadísticos (gráficos de control), Los resultados constituyen una base



importante para la evaluación de las especificaciones del producto y los métodos de producción.

Inspección de lotes, de productos en proceso que se desplazan de un área o departamento de producción a otro. Se puede revisar por muestreo. Además de las actividades comunes de inspección, el control de la calidad durante la producción abarca diversas formas de análisis.

Localización de fallas, es decir, los análisis con el propósito de corregir el funcionamiento de un proceso que se ha salido de control.

Análisis de capacidad del proceso, son importantes para seleccionar el equipo apropiado de manufactura, la renovación de partes en el equipo de fabricación, la determinación de las especificaciones de calidad real (tolerancias), el uso de graficas de control estadístico en la inspección del proceso, etc.

3. El control de calidad de los productos terminados.

La inspección cotidiana de los productos terminados es la última oportunidad que se tiene para localizar defectos antes de lanzarlos al mercado o entregarlos. Después del ensamble final, se puede medir u observar primero ciertas propiedades funcionales del producto.

4. El control de calidad en relación con el mercado / servicio.

Incluye la vigilancia de la presencia de defectos de productos en el lugar de su venta. También comprende la observación general de las reacciones del cliente. Las fuentes de información sobre la ocurrencia de los defectos a nivel de mercado pueden ser sobre las quejas de los usuarios, informes de servicio e informes de vendedores y análisis de mercado.

Actividades generales:

- a) Formulación de metas y políticas de calidad. Estos forman la base del programa que asegure la calidad en una empresa.
- b) Control de costos de calidad / insumos de calidad
- c) Instrucción y entrenamiento en relación con la calidad y el control de calidad.



MERCADEO Y FILOSOFÍA DE CALIDAD

Es lógico que el concepto de "calidad" es totalmente compatible con todas las áreas de las empresas. A continuación un repaso de principios sencillos acerca de la filosofía de calidad (no técnicos) que pueden ser recordados por todos los actores que hacen parte del mercadeo en la empresa.

ALGUNOS PRINCIPIOS DE CALIDAD:

La calidad es lo primero: Es vital construir la filosofía de calidad en todas las etapas del proceso de mercadeo de la empresa. Desde el diseño de campañas publicitarias e introducción de productos hasta tácticas de salida del mercado.

Orientar la calidad hacia los clientes: Los clientes son los jueces últimos de la calidad. Por los clientes viven las empresas y en consecuencia la filosofía de calidad se debe enfocar en ellos.

Los pasos en los procesos productivos de creación de valor son clientes: Relacionado con el punto anterior. Cada etapa debe terminar con un cliente satisfecho. La cadena de valor se fortalece en cada eslabón cuando cada paso es cliente y al mismo tiempo proveedor de la etapa siguiente.

Ejemplo: La calidad en el transporte de insumos para la empresa como proceso genera un cliente, que al mismo tiempo es proveedor de fábrica. Si las dos empresas fortalecen su calidad, el conjunto de la cadena de valor se fortalece.

El éxito se encuentra en la agregación de valor para el cliente. La mejor calidad es una forma clara de agregar dicho valor.

Concentrarse en lo importante: Enfocarse en los procesos que mayor relación e importancia le generan al cliente.

Trabajar con cifras reales: Es importante empezar a trabajar con base en cifras y proyecciones sólidas, más que con el instinto y el olfato de negocios.

El riesgo se disminuye cuando se trabaja a partir de datos fiables y las estrategias se diseñan mejor cuando se parte de bases sólidas.

Controlar al máximo los procesos: Los departamentos de mercadeo deben controlar al máximo las variables que afectan su actividad. La vulnerabilidad externa genera ineficiencias que no pueden ser controladas.



Ejemplo: Cuando una empresa depende exclusivamente de una empresa de publicidad y por algún motivo esta es incumplida, el departamento de mercadeo de la empresa se hace ineficiente por incumplimiento externo.

Cultura de Trabajo: La calidad parte de las personas. Es clave valorar e incentivar el trabajo de calidad en la búsqueda de generación de una verdadera cultura de trabajo.

Algunos recursos sobre Calidad que posee la comunidad son:

CALIDAD CON PARTICIPACIÓN

LOS CÍRCULOS DE CALIDAD

- ¿Quién fue y que hizo Juran?
- Quién es PHILIP CROSBY - CERO DEFECTOS
- APROXIMACIÓN A LA CALIDAD

LA VERDADERA PARTICIPACIÓN

Para terminar algunos elementos sobre calidad de producto se pueden dividir en:

1. Características físicas o tangibles:

- Desempeño: Rendimiento de la pieza y características de operación del producto.
- Rasgos Distintivos: Características que generan valor agregado.
- Confiabilidad: Nivel de fallas.
- Conformidad: Grado de satisfacción de las especificaciones técnicas y de diseño.
- Durabilidad: Vida útil y capacidad de reutilización (cantidad de valor productivo rentable).

La limpieza, pulcritud, eficiencia herramental, calidad de diseño, formas de trabajo, organización de la producción son también elementos claves en el desarrollo de productos de calidad.

2. Características profesionales o intangibles:



- Estética: Belleza, diseño y comodidad del producto.
- Empatía o calidad moral: Grado de satisfacción moral, humana o sentimental del cliente.

Ejemplo: Un anillo de matrimonio. Evidentemente tiene un gran valor agregado sentimental.

- Profesionalismo: Calidad del trato con el usuario y calidad del servicio especialmente para actividades terciarias.

Ejemplo: La importancia de tener un buen médico.

"Nunca olvidar la importancia de la calidad en todo lo que realizamos"

COMPROMISO Y FILOSOFÍA DE GESTIÓN

"La especie superior y más fuerte devorará a la pequeña e indefensa en el curso de la evolución." Y ocurre que la especie más fuerte en el mercado de hoy, suele ser la que tiene un certificado ISO, pero por encima de esto, la que produce para llenar las necesidades de los clientes, teniendo en cuenta todos los requerimientos que estos tengan.

La calidad es cuestión de supervivencia, alcanzarla se convierte en una estrategia de vitalidad a largo plazo. Se trata de calidad de vida, de trabajo, de las personas, de la institución, de sus objetivos, de sus procesos y en general de todos los componentes de la empresa. La calidad se aprecia desde la atención que los celadores prestan a la entrada del establecimiento, hasta la efectividad de las señales preventivas.

Nada debe escapar al proceso, con miras al logro de la excelencia. La calidad es rentabilidad, productividad, participación en el mercado; es una serie de elementos que se conjugan de manera coordinada y que en conjunto significan el éxito empresarial.

Alcanzar la calidad total ya no es una meta, es un requerimiento mínimo de la existencia, una empresa que no encamine sus objetivos a la búsqueda y consecución de ella, es una empresa que irremediablemente se rezagará y saldrá del mercado, ya que, actualmente no hay cabida para los productores "dinosaurios". Sólo con operaciones eficientes, conocimiento y posicionamiento de mercados, llegando a la médula de las necesidades del cliente y con absoluta coordinación, se podrá continuar coexistiendo en igualdad de oportunidades en el mercado.

Temas como la apertura de mercados, competencia mundial, alta tecnología, eficiencia en procesos, sólo pueden ser abordados por organizaciones que tengan sentido de lo que significa la calidad, ya que las normas de competencia del mercado y las exigencias



de los consumidores, obligan a los productores a que su producto sea de alta calidad certificada.

La calidad se debe entender como una responsabilidad de todos los que intervienen en el proceso, pero en especial de la gerencia.

La tarea de esta consiste entonces en liderar el proceso, teniendo en cuenta que la calidad no es simplemente eliminar los posibles defectos del producto, es más que eso, es entrar al sistema de la organización, no limitarse al simple proceso de producción, sino adentrarse a todo el esquema corporativo de la empresa, teniendo como base que quien mejor conoce las posibles deficiencias es quien participa directamente en cada proceso, y detectar si hay cosas que se están haciendo de manera equivocada (si existe falta de coordinación entre departamentos, si los empleados se encuentran a gusto desempeñando su labor, si se está llegando al cliente que conocemos o no, etc.) y no quedarse ahí, en la supervisión, para luego corregir; sino, emprender acciones que conlleven a la prevención de este tipo de errores.

Hacia este punto se debe mover la gerencia, hacia el mejoramiento del sistema en conjunto, no sólo a la optimización de aspectos aislados, que pueden contribuir en parte a mejoras, pero que no constituyen la solución adecuada a los problemas generales.

Para alcanzar realmente la calidad, es necesario, sumamente necesario, escuchar al cliente, tener en cuenta sus quejas, sus reclamos, las devoluciones, las sugerencias, etc., que tenga en cuanto al producto y su calidad se refiere, entendida ésta como lo que él buscaba al consumir y usar el producto, si no se tiene en cuenta este aspecto, no se va para ningún lado, la frase trillada y repasada por todo el mundo “el cliente siempre tiene la razón”, cobra más importancia que nunca si se quiere realmente consolidar la excelencia en la organización.

Por esta razón es que vemos en la actualidad que la mayoría de empresas cuentan con buzones de sugerencias, con líneas de atención al cliente, con departamentos exclusivos para atender las quejas y reclamos, así como las devoluciones. ¿Porqué? porque se dieron cuenta de la importancia que tiene lo que el cliente piensa del producto, al fin y al cabo se produce para él, para su satisfacción, y si no se cumple con llenar sus necesidades, entonces qué es lo que se está haciendo, producir por que sí, porque mi empresa es la “primera” y el cliente tiene que comprar mis productos porque YO se los ofrezco, porque YO se lo que ÉL necesita, porque yo tengo lo que ÉL busca; sin saber a ciencia cierta si en realidad esto es verdad, sin consultarle nunca si está satisfecho con el producto, haciendo caso omiso de todo lo que ocurre a mi alrededor, desconociendo la creciente amenaza de la competencia internacional (que con la apertura se ha hecho más y más peligrosa para este tipo de empresas. Esto le ha ocurrido a muchas empresas nacionales que han corrido con diferente suerte, algunas han sucumbido ante la competencia, pero otras se dieron cuenta a tiempo (para no zozobrar) de lo equivocados que estaban al dejar al cliente de lado. Un ejemplo que vale traer a



colación, tocando este tema, es el de las instituciones financieras; éstas se encontraban en un mercado en el que todas se “hacían pasito”, todas se movían por inercia con la corriente, sin preocuparse mayormente del cliente, hasta que llegó la competencia, con el Banco Bilbao Vizcaya (comprando la mayoría del Banco Ganadero) y con el Banco Santander (que se hizo a Bancoquía), ambos españoles, y otros como el City Bank, los cuales entraron irrumpiendo en el mercado con nuevos servicios, sorteos, rifas, motivando a los clientes, teniéndolos en cuenta. Esto obligó a las instituciones a moverse rápidamente para poder seguir el ritmo de estos bancos multinacionales, ¿qué han tenido que hacer? han tenido que fusionarse, aliarse estratégicamente, adaptarse y ofrecer similares servicios y beneficios a los de los nuevos entrantes; si no se hubieran movido de esta manera y se hubieran quedado sentados en sus laureles confiando en que ellos conocían las necesidades y expectativas de los ahorradores, ya estarían condenados a desaparecer o serían apenas un recuerdo. Este ejemplo ilustra un poco lo sucedido a otras industrias nacionales, aunque por ser este un sector fuerte, no se presentaron mayores decesos, de haber sido en otro sector más débil, las pérdidas habrían sido muchas.

El problema de la calidad no es de corto plazo ni de soluciones inmediatas, es decir, no podemos decir que obteniendo un sello de calidad o una certificación ISO ya se está exenta del problema. Alcanzar el éxito en cuanto a la calidad se refiere, es un compromiso que se desarrolla todos los días, la excelencia sólo se logra mediante el compromiso, valga la redundancia, que implica darle cada vez más de lo mejor al cliente.

La calidad es más que certificados y cumplimiento de requisitos, es una filosofía que se vive día a día y que envuelve a todos los elementos de la organización, enrutándolos a la consecución de un mismo objetivo o ideal que no es más que la satisfacción plena del cliente con el producto. Cuando esto sucede y lo podemos identificar plenamente podemos decir que *la reconoceremos cuando ellos (los clientes) la vean.*



GENERALIDADES

1. Ciclo de Carnot en un sistema de refrigeración

El ciclo de refrigeración es conocido también como el ciclo inverso de Carnot, en el cual el calor se transfiere desde un nivel de baja temperatura hasta otro a una temperatura superior, lo cual considerando la segunda ley de la termodinámica no es posible, a menos que se emplee energía externa.

La máquina térmica ideal, que opera según el ciclo de Carnot, consiste en dos procesos isotérmicos, en los que el calor Q_E se absorbe a la temperatura inferior T_2 y el calor Q_C se rechaza a una temperatura superior T_1 , complementando el ciclo con dos procesos adiabáticos. El ciclo requiere de la adición de trabajo W al sistema, entonces tenemos:

$$W = Q_C - Q_E \dots (1)$$

Donde: W = trabajo suministrado por el compresor.

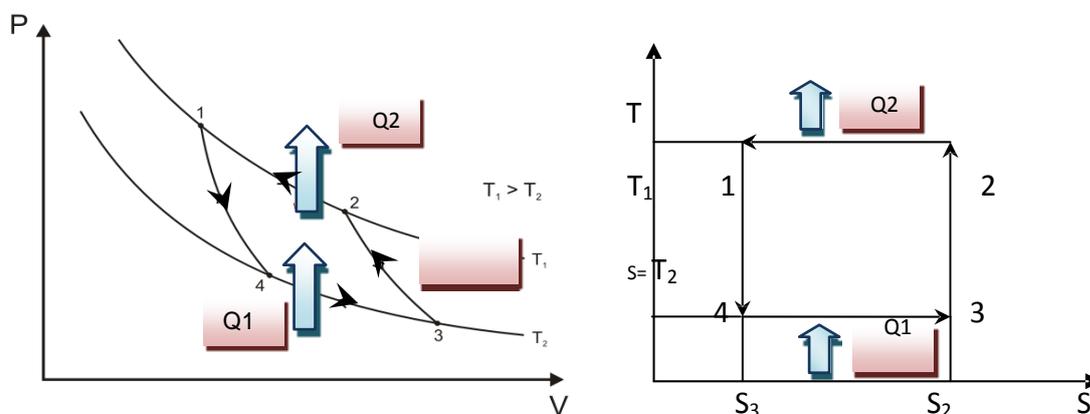
Q_C = calor cedido en el condensador al refrigerante.

Q_E = calor absorbido en el evaporador por el refrigerante.

Para un sistema de refrigeración tenemos:

$$\text{Efecto Refrigerante} = (Q_1/W_2) \dots 2$$

El ciclo de Carnot puede emplearse como un ciclo ideal o ciclo de comparación para sistemas de refrigeración, (ver Gráfica 1). En los sistemas de refrigeración se absorbe calor del espacio a enfriar y hay elevación de temperatura en el medio de trabajo exterior.



Gráfica 1.- Ciclo de Carnot para un sistema de refrigeración.

1.1.1. Análisis del ciclo básico de la refrigeración

Proceso 1-2: Compresión adiabática succionando los vapores en el compresor en la condición de vapor saturado.

Proceso 2-3: Condensación a presión constante, con eliminación de calor sensible, en la zona de vapor sobrecalentado o recalentado del punto 2 hasta el cruce con la curva de vapor saturado y a partir de este punto hasta el 3, eliminación de calor latente a presión y temperatura constante.

Proceso 3-4: Expansión isoentálpica del líquido. Mediante la válvula de expansión se forma un rocío del mismo refrigerante.

Proceso 4-1: Evaporación a presión y temperatura constante, es la zona de más baja temperatura del ciclo, es en donde realmente producimos frío. En este caso no se considera ningún sobrecalentamiento en la succión. (ver Figura 1 y Gráfica 2).

- a.- Compresor de una etapa
- b.- Separador de aceite
- c.- Condensador
- d.- Válvula de expansión para alimentación al evaporador
- e.- Evaporador

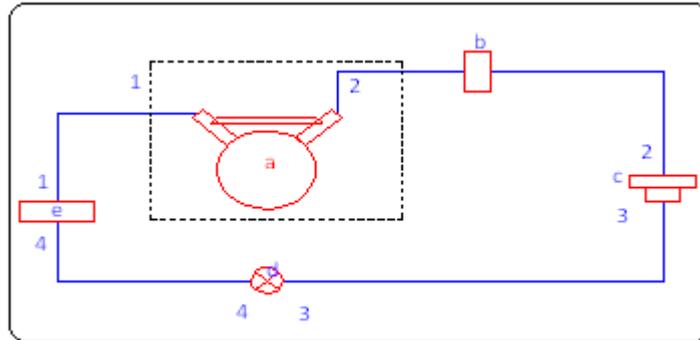
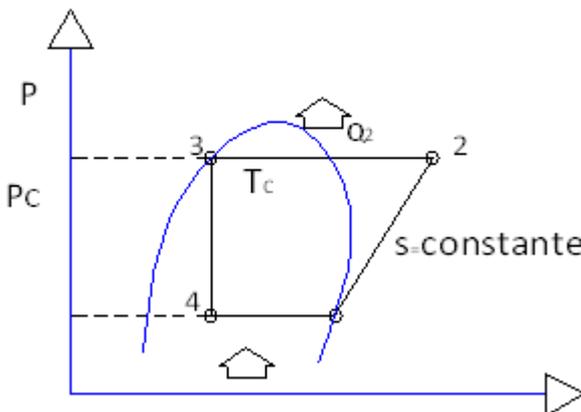


Figura 1.- Ciclo básico de la refrigeración



- Donde:
- T_c .- Temperatura de condensación
 - T_e .- Temperatura de evaporación
 - P_c .- Presión de condensación
 - P_e .- Presión de evaporación

Gráfica 2.- Diagrama Presión-entalpía del ciclo básico de refrigeración

1.1.2. Ciclo básico de la refrigeración (Con sobrecalentamiento y subenfriamiento)

Se ilustra el ciclo básico de la refrigeración, considerando un sobrecalentamiento y un sub-enfriamiento del refrigerante simultáneamente, utilizando un intercambiador de calor (comúnmente conocido como trampa de líquido).

Proceso 1-1': Sobrecalentamiento del refrigerante, se puede lograr en el mismo evaporador así como también en la tubería de succión o en ambos, como ya se indicó anteriormente.

Proceso 1'-2: Compresión adiabática.

Proceso 2-3: Condensación.

Proceso 3-3': Sub-enfriamiento del líquido saturado en la zona de líquido comprimido, cediendo calor al refrigerante gaseoso antes de ser comprimido.

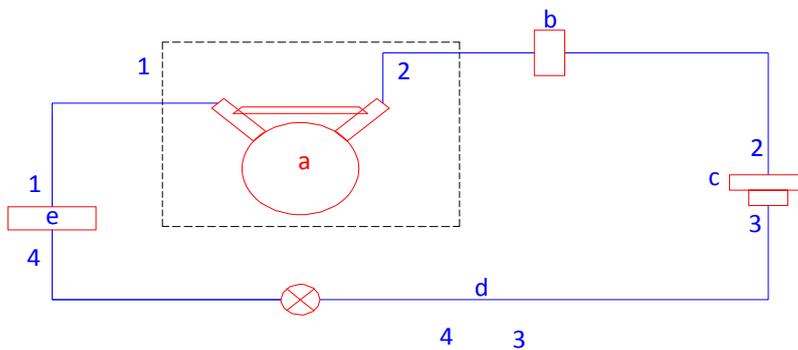
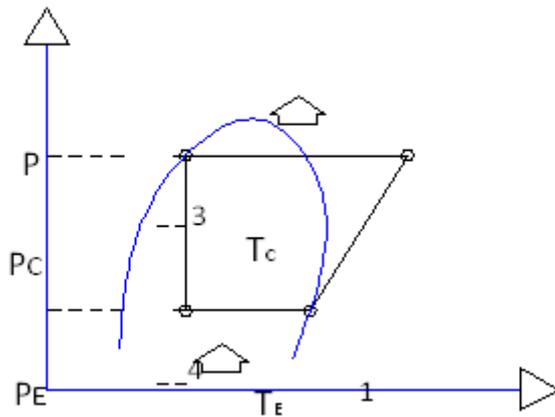


Figura 1.- Ciclo básico de la refrigeración

- a.- Compresor de una etapa
- b.- Separador de aceite
- c.- Condensador
- d.- Válvula de expansión para alimentación al evaporador
- e.- Evaporador



Gráfica 2.- Diagrama Presión-entalpía del ciclo básico de refrigeración

Donde:

T_c .- Temperatura de condensación

T_e .- Temperatura de evaporación

P_c .- Presión de condensación

P_e .- Presión de evaporación

1.2. Funciones específicas de los componentes del sistema de compresión simple

Evaporador

Es un intercambiador de calor, localizado en el medio a enfriar, en donde se lleva a cabo la evaporación del refrigerante, dependiendo de la presión de evaporación tendremos la temperatura correspondiente del refrigerante líquido el cual adsorberá calor del medio a enfriar, es decir el calor latente de evaporación, una característica del refrigerante es que se encuentra a baja presión y baja temperatura en el evaporador.

Compresor

Su función es doble, por una parte crea y mantiene la baja presión del evaporador que permite la evaporación a baja temperatura del refrigerante. Por otra parte crea y mantiene la alta presión del condensador que permite la nueva utilización del refrigerante en estado líquido, el compresor se encuentra localizado generalmente en un cuarto de máquinas. Al comprimir el compresor los vapores del refrigerante, estos se calientan por la energía suministrada durante el trabajo de compresión, es decir el trabajo de compresión se emplea para aumentar la energía interna de los vapores.



Por lo tanto, los vapores succionados por el compresor, cargados con calor latente de evaporación (que absorbieron en el evaporador) al ser comprimidos aumentan su contenido de calor, es decir su entalpia, a causa del calor sensible originado por el trabajo de compresión. El refrigerante en el compresor, se encuentra a baja presión y temperatura durante la succión y a alta presión y temperatura en la descarga.

Condensador

En este intercambiador de calor tiene lugar la condensación del refrigerante, dependiendo de la presión existente en el condensador, será la temperatura de condensación para cada refrigerante utilizado.

Al realizarse la condensación es necesario que los vapores cedan calor. Este calor, calor latente de condensación lo toma el medio de condensación, a menos temperatura, junto con el calor sensible de recalentamiento de los vapores comprimidos. El refrigerante en el condensador se encuentra a alta presión y temperatura. El condensador se puede localizar en el cuarto de máquinas o en la mayor parte de las veces a la intemperie.

Válvula de expansión

Su función es doble, por una parte regula la cantidad de líquido que entra en el evaporador para que, la cantidad de vapores aspirados por el compresor, pueda mantenerse constante la presión en el evaporador.

Por otra parte, el paso por la válvula, tiene lugar la reducción de presión desde la alta que existe en el condensador hasta la baja del evaporador.

El líquido procedente del condensador, a alta presión y temperatura, al atravesar la válvula y encontrarse a una presión más baja, se evapora en parte tomando el calor necesario del propio líquido que se enfría hasta la baja temperatura correspondiente a esa baja presión. Esta reducción de presión que sufre el líquido al atravesar una reducción de área, sin realizar trabajo exterior alguno y sin intercambiar calor con el exterior, recibe el nombre de expansión. La expansión es un proceso isoentrópico. En estas condiciones se obtiene el refrigerante en estado líquido, a baja presión y temperatura (más algo de vapor, en las mismas condiciones, formado durante la expansión) en condiciones para evaporarse e iniciar un nuevo ciclo en el evaporador.



1.2.1. Sistema de refrigeración por compresión

El término refrigeración implica mantener la temperatura del sistema por debajo de la de los alrededores, para lo cual se requiere una continua absorción de calor a un nivel de baja temperatura, usualmente acompañada por la evaporación de un líquido en un proceso de flujo en estado estable.

Un medio para absorber calor a temperatura constante está dado por la evaporación de un líquido a presión constante; de igual manera, la condensación del vapor, después de la compresión hasta una presión superior, sirve para rechazar calor a temperatura constante.

Los sistemas de compresión emplean cuatro elementos en el ciclo de refrigeración: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador.

En el evaporador, el refrigerante se evapora y absorbe calor del espacio que está enfriando y de su contenido. A continuación, el vapor pasa a un compresor movido por un motor que incrementa su presión, lo que aumenta su temperatura. El gas sobrecalentado a alta presión se transforma posteriormente en líquido en un condensador refrigerado por aire o agua. Después del condensador, el líquido pasa por una válvula de expansión, donde su presión y temperatura se reducen hasta alcanzar las condiciones que existen en el evaporador.

En la Tabla 1. P-h, que se muestra a continuación, se presenta el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor: el ciclo consiste de cuatro procesos, identificados como A-B, B-C, C-D y D-A, Estos procesos son como sigue:

LINEA	PROCESO TERMODINAMICO	EQUIPO DONDE OCURRE
A - B	Entalpía constante	Dispositivo de control de flujo (de expansión)
B - C	Presión Constante	Evaporador
C - D	Entropía Constante	Compresor
D - A	Presión Constante	Condensador

Tabla 1. Presión - Entalpía.

A-B. Proceso en el dispositivo de control de flujo (A Entalpía Constante)



El punto A representa la condición del refrigerante que sale del condensador y entra al dispositivo del control de flujo, puesto que se supone que no tienen cambios en la tubería. El refrigerante sale del condensador y entra al dispositivo de control de flujo como un líquido saturado a la temperatura de condensación.

Cuando el refrigerante fluye a través de la restricción en el dispositivo de control de flujo, su presión cae súbitamente hasta la presión de lado de baja, en B. Este proceso se le llama a veces estrangulación o expansión.

El proceso del ciclo ideal a través de éste dispositivo es un proceso a entalpía constante.

La línea A-B del proceso es, por lo tanto una línea vertical (sin cambio de entalpía) que baja hasta la presión de evaporación (presión del lado de baja), correspondiente a la temperatura de evaporación.

El refrigerante que entra al dispositivo de control de flujo es un líquido saturado a una temperatura relativamente alta. A la salida del dispositivo del control de flujo se halla a una baja temperatura y es una mezcla de líquido y vapor (punto B).

Se observará entonces que la ubicación del punto B confirma que parte del refrigerante se ha evaporado en el proceso de expansión. Este vapor se conoce como el gas de vaporización súbita. El porcentaje de masa del gas de vaporización súbita se conoce como la calidad de la mezcla

B-C. Proceso en el evaporador (A Presión Constante)

La condición en el punto B a la salida del dispositivo de control de flujo, se supone que es la condición a la entrada del evaporador. Se supone, así mismo, que no hay caída de presión a través del evaporador.

La carga que se debe enfriar está a una temperatura más elevada que la del refrigerante en el evaporador; por consiguiente, el calor fluye a través de las paredes de los tubos del evaporador, de la carga al refrigerante. Como el refrigerante líquido en el evaporador ya se encuentra en un estado saturado, el calor adquirido hace que se evapore cuando fluye por el evaporador.

La línea del proceso B-C en el evaporador es, una línea horizontal (a presión constante), y dirigida hacia la derecha, puesto que el refrigerante gana calor y aumenta su entalpía. El refrigerante sale del evaporador como un vapor saturado (punto C) en el ciclo ideal

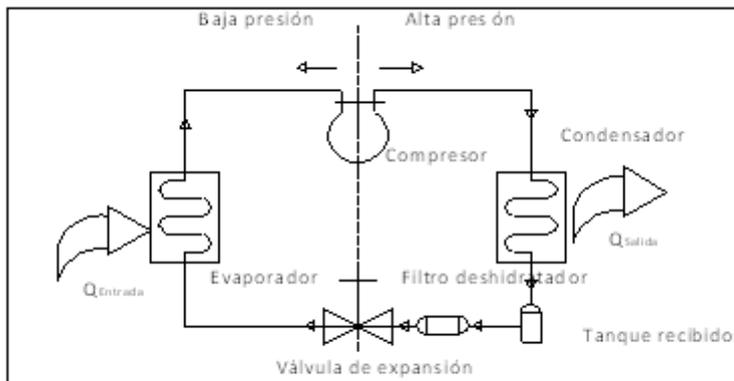


Figura 3.- Sistema de refrigeración por compresión

1.2.2 Efecto refrigerante

El aumento de la entalpía del refrigerante en el evaporador se conoce como el Efecto refrigerante (E.R.) y se expresa en Btu/lb o kJ/kg.

Se le llama efecto refrigerante debido a que representa así mismo la cantidad de calor removido del medio que se debe enfriar por cada libra o kilogramo de refrigerante que fluye. Esto se deduce de la ecuación de la energía. Esto es:

$$E.R. = h_c - h_b \quad \dots\dots 3$$

En donde:

E.R. es el efecto de refrigeración en Btu/lb.

h_1 es entalpía de refrigerante a la salida del evaporador en Btu/lb.

h_4 es entalpía del refrigerante a la entrada del evaporador en Btu/lb.



1.2.3. Flujo másico del refrigerante

El flujo másico que circula a través de un sistema con el fin de producir una capacidad dada de refrigeración se puede hallar como se indica a continuación:

$$m = \frac{Q}{ER} \dots\dots\dots 4$$

En donde:

m = flujo másico en lb/min.

Q = capacidad de refrigeración del sistema en Btu/min.

E.R. = efecto de refrigeración en Btu/lb.

C-D. Proceso en el compresor (entropía constante)

La condición C del refrigerante a la salida del evaporador es así mismo, la condición a la entrada del compresor. En el proceso ideal de compresión no existe intercambio de calor entre el refrigerante y el medio circundante (llamado un proceso adiabático) además, no existe fricción. En un proceso adiabático sin fricción, no hay cambio en la entropía del gas, cuando éste se comprime. Un proceso a entropía constante, se conoce también como un proceso isentrópico.

En el diagrama se traza una línea de entropía constante desde el punto C, que corresponde a la condición de entrada del compresor. La presión de descarga, a la salida del compresor, es la presión de condensación. Por lo tanto, el punto D, que corresponde a la condición de salida del compresor, se localiza en la intersección de las líneas de entropía constante y de presión de condensación.

1.2.4. Calor de compresión y trabajo de compresión

Cuando se comprime el refrigerante, aumenta su presión, temperatura y entalpía. El calor de compresión (C.C.) se define como el aumento de la entalpía del refrigerante como resultado de la compresión.

$$C.C. = h_d - h_c \text{ en Btu/lb} \dots\dots 5$$

El trabajo de compresión es igual al calor de compresión, expresado en las mismas unidades:

$$W = C.C. = h_d - h_c \text{ en Btu/lb} \dots\dots 6$$



En donde:

W = trabajo de compresión en Btu/lb

$h_d - h_c$ = aumento de la entalpía del refrigerante en el compresor en Btu/lb

1.2.5. Potencia teórica requerida por el compresor

Generalmente conviene más determinar la cantidad de potencia necesaria para accionar el compresor, que determina el trabajo requerido. Esta potencia se puede hallar a partir del trabajo de compresión y del flujo másico, utilizada en la siguiente ecuación:

$$P = W m \dots\dots\dots 7$$

En donde:

P = potencia teórica requerida por el compresor en Btu/min.

W = trabajo (calor) de compresión en Btu/lb.

m = flujo másico en lb/min.

1.2.6. Desplazamiento teórico requerido por el compresor

Una vez que se ha determinado el flujo másico del refrigerante, se puede calcular el flujo volumétrico, que se calcula por lo general en la entrada de succión del compresor.

Al volumen de gas que el compresor debe ser capaz de manejar en ciclo ideal, se llama desplazamiento teórico del compresor.

Este se determina mediante la siguiente ecuación:

$$V_t = v m \dots\dots\dots 8$$

En donde:

V_t = desplazamiento teórico del compresor en pie³/min.

v = volumen específico del refrigerante en la succión del compresor, en pie³/min.

m = flujo másico del refrigerante, en lb/min.

D - A. Proceso en el condensador (presión constante).

Se supone que en el ciclo ideal no hay caída de presión o intercambio de calor en las líneas de descarga del gas caliente. Por consiguiente, la condición D del refrigerante, a la salida del compresor, es también la condición a la entrada del condensador. Se supone, así mismo, que no hay caída de presión a través del condensador. El proceso que ocurre a través del condensador es un proceso a presión constante. Se remueve calor del vapor refrigerante sobrecalentado que entra al condensador, para primero reducir su temperatura al punto de saturación, y luego condensarlo.



Se provee con este fin, un fluido de enfriamiento a una temperatura más baja que la temperatura de saturación.

El refrigerante sale del condensador como un líquido saturado, punto A. En muchos sistemas, el refrigerante se enfría todavía más, por debajo de la temperatura de saturación.

La línea del proceso D-A en el condensador es, una línea horizontal en el diagrama P-h, dirigida de derecha a izquierda (remoción de calor), a la presión de lado de alta (de condensación).

El refrigerante ha completado un ciclo y se halla en las mismas condiciones que cuando se inició el análisis.

1.2.7. Calor de rechazo en el condensador

El calor de rechazo (C.R.) se define como la cantidad de calor removido por libra de refrigerante, en el condensador; como se observa en la Fig. 4, esto equivale a la disminución de la entalpía del refrigerante:

$$\text{C.C.} = h_d - h_a \dots\dots\dots 9$$

La cantidad total de calor de rechazo del condensador (Q) en Btu/min se obtiene mediante la ecuación:

$$Q = m (h_d - h_a) \dots\dots\dots 10$$

Resulta evidente en el diagrama que el calor de rechazo equivale a la suma del efecto de refrigeración E.R. y del calor de compresión C.C.:

$$\text{C.R.} = \text{E.R.} + \text{C.C.} \dots\dots\dots 11$$

DIAGRAMA DE PRESIÓN-ENTALPÍA

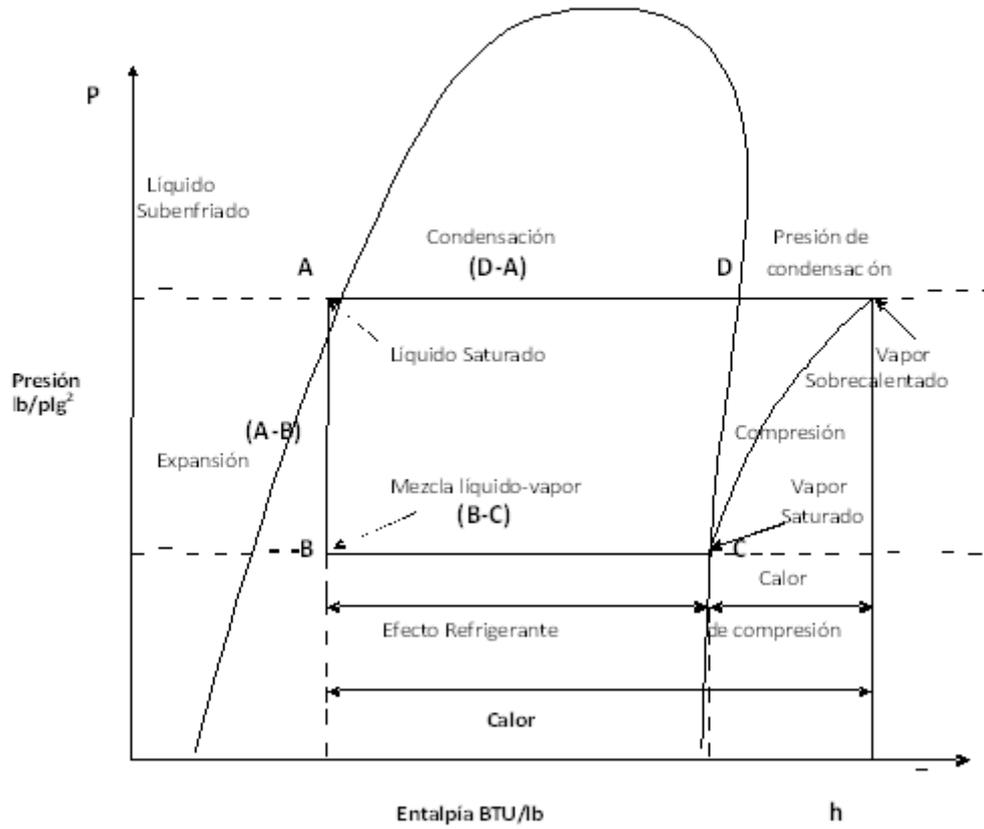


Figura 4.- Diagrama de presión entalpía.

1.3 Descripción del proyecto

1.3.1 Ubicación y orientación

Se realizará el diseño de una cámara frigorífica para el almacenamiento de alimentos perecederos, que se ubicará en el Estado de México con el fin de mantenerlo en buenas condiciones, y conservar sus propiedades físicas y químicas, facilitando así su comercialización para cubrir las necesidades requeridas por el usuario.

1.3.2. Condiciones Climatológicas

Las condiciones en las que se basará este diseño son:

De acuerdo al manual de ASHRAE, para esta ubicación tenemos las siguientes condiciones:

Temperatura de bulbo seco: T_{BS} : 32° C (90 °F)

Temperatura de bulbo húmedo: T_{BH} : 19 ° C (66 °F)

Humedad relativa 50%

Los alimentos perecederos deben estar conservados a una temperatura de 0 °C (32 °F) con una humedad relativa del 85-90 % durante un periodo de almacenaje de tres a cuatro semanas de acuerdo al manual de ASHRAE.

Al conservar estos alimentos bajo estas condiciones se puede asegurar que el producto conservará sus propiedades físicas y nutricionales.

Dimensiones:

Largo : 200 mm.

Ancho: 180 mm.

Altura : 150 mm.

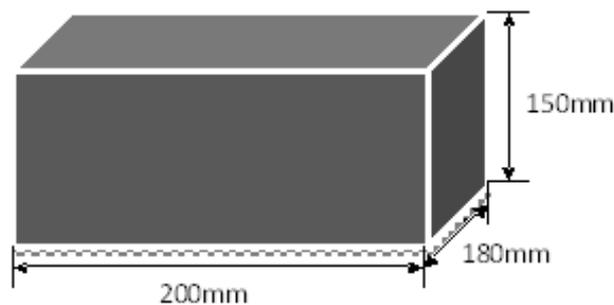


Figura 6.- Producto y dimensiones.

1.3.3 Dimensiones de embalaje

El producto se almacenará en cajas de fibra y entrará a la cámara frigorífica a una temperatura de 4 °C (39.2 °F).

Las dimensiones de las cajas son:

- ? Largo : 600 mm.
- ? Ancho: 400 mm.
- ? Altura : 350 mm.

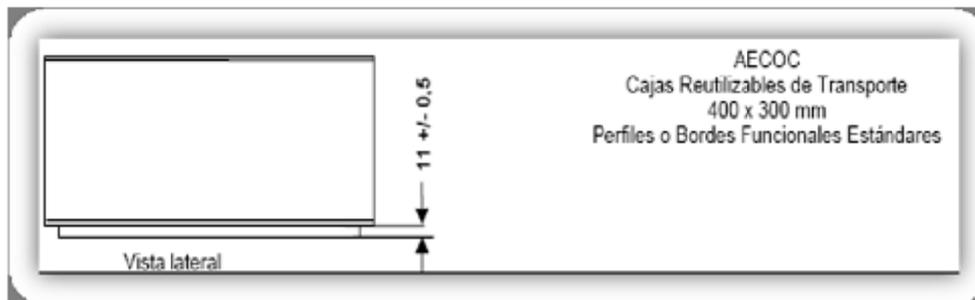
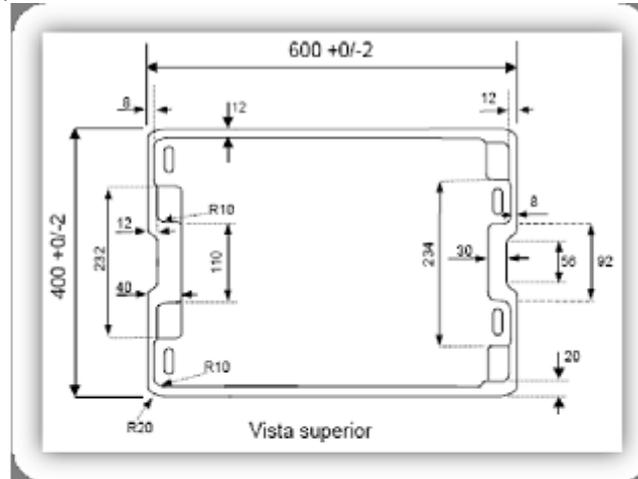
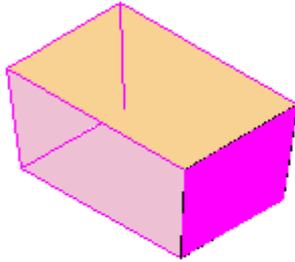


Figura 7.- Vistas superior, lateral e isométrico de la caja.

1.3.4 Estantería

La estantería se realizará por medio de racks fijos como se indica en la siguiente figura con las medidas correspondientes.

La estantería se realizará por medio de racks fijos como se indica en la siguiente figura con las medidas correspondientes.

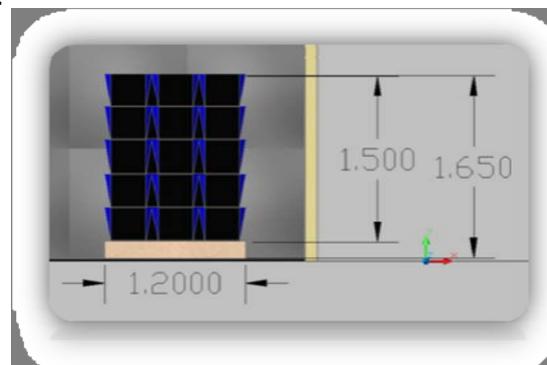
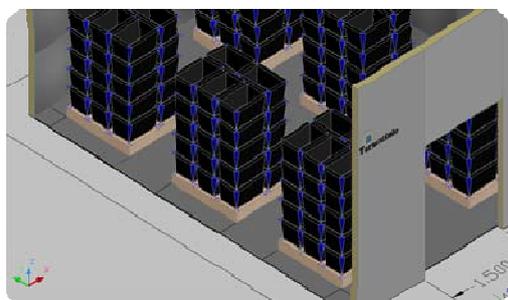


Figura 8.- Estantería (Acot: m)



1.3.5. Cantidad de almacenaje de producto

La cantidad de producto a almacenar es de 4.5 T.M., esto depende de las dimensiones de la cámara.

1.3.6. Flujo de recepción de producto

La cantidad de flujo de recepción será de 0.8 T.M. /Día

1.3.7. Temperatura de diseño

El régimen de temperatura de almacenamiento es de acuerdo al manual de ASHRAE es de:

0 °C (32 °F) con una humedad relativa del 85-90 %

1.3.8. Tiempo de almacenaje

De acuerdo al manual de ASHRAE para este producto que es perecedero se tiene un periodo de 3 a 4 semanas.

1.3.9. Temperatura de entrada del producto

La temperatura de entrada del producto será de 4 °C, debido a que es el requisito que pide la tienda para que acepten los productos de éste tipo.

1.3.10. Dimensiones de la cámara

En los siguientes planos se muestran las dimensiones con y las vistas necesarias. La cámara frigorífica va ser construida por medio de paneles prefabricados.

Las vistas mostradas son:

Vista superior.

Vista lateral derecha: Vista posterior.

Las dimensiones de la cámara frigorífica son:

Largo : 6.5 m.

Ancho: 4.5 m.

Altura : 3.5m.

En esta figura se puede apreciar la forma de colocar los 6 racks fijos que se utilizarán para almacenamiento.

A continuación se muestran las vistas posterior y lateral derecha con sus respectivas acotaciones.

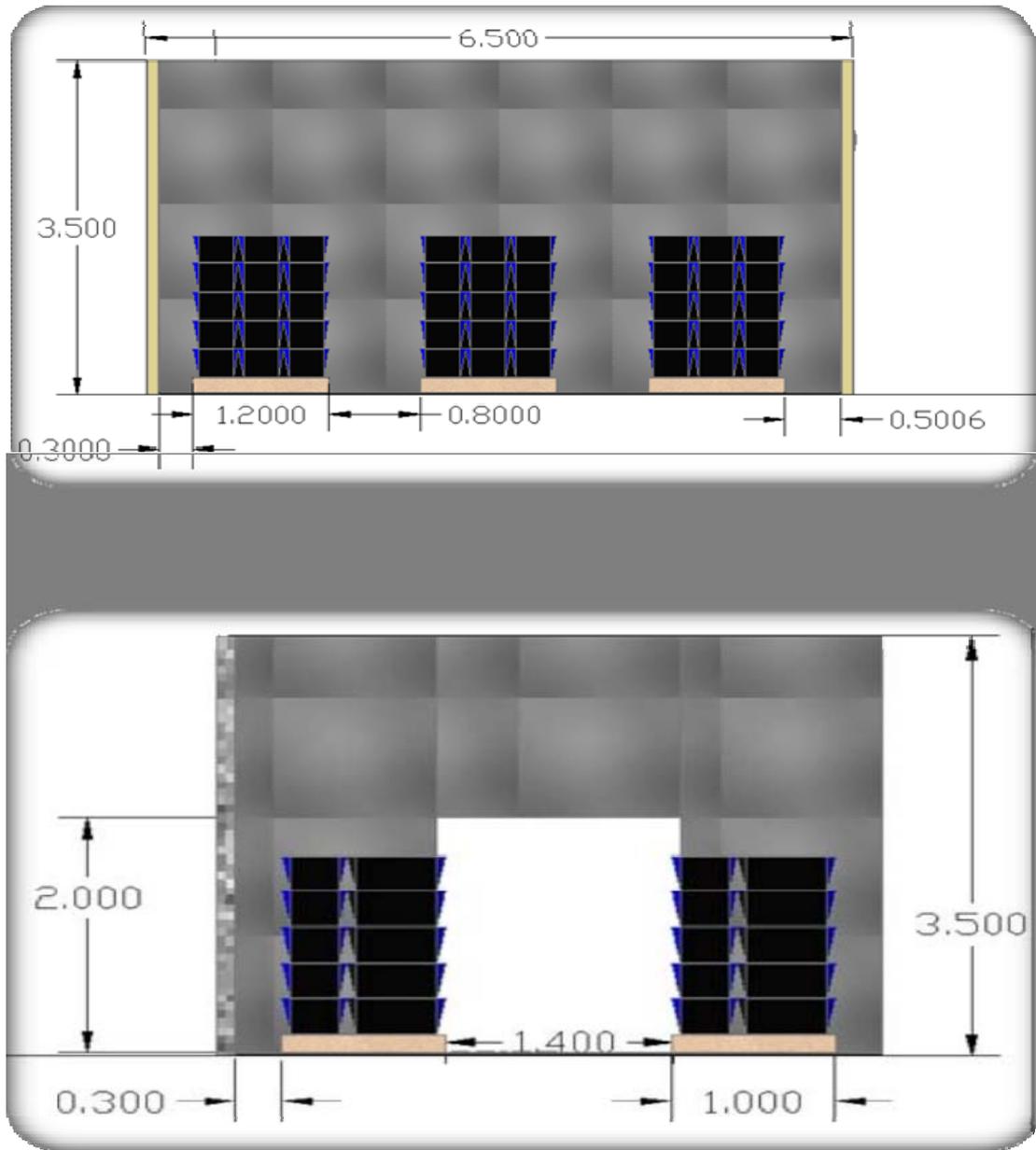


Figura 11.- Vistas posterior (Acot: m)



CAPITULO II BALANCE TERMICO

2. Balance Térmico

Para poder determinar la capacidad del equipo que se necesita, se debe realizar un balance térmico que se refiere al desarrollo de cálculos con el objetivo de conocer la cantidad de calor que debe ser absorbido o transferido en el evaporador, para que un producto, sustancia, descienda su temperatura a ciertas condiciones requeridas.

El objetivo del balance térmico es identificar ésta cantidad de energía térmica.

En general se puede decir que el sistema gana calor por las siguientes cargas térmicas:

- 1.- Carga térmica generada por transmisión a través de paredes.
- 2.- Carga térmica generada por producto.
- 3.- Carga térmica generada por alumbrado y equipo.
- 4.- Carga térmica generada por infiltración.
- 5.- Carga térmica generada por ocupantes.
- 6.- Carga térmica generada por efecto solar.

2.1. Cálculo de la carga térmica generada por el concepto de transmisión de calor a través de paredes.

Este concepto se calcula por la expresión general:

$$Q = AU(\Delta T) = \frac{BTU}{hr} \dots\dots\dots 12$$

En el caso particular de la refrigeración, las paredes deben llevar una capa de aislante térmico el cual puede ser de corcho, paja de vidrio, poliuretano, poli-estireno, frigolit, entre otros, los cuales son de muy bajo coeficiente de conductividad térmica.

Todo elemento que separa a las masas de fluidos a diferentes temperaturas está sujeto a un paso de calor que va desde el más caliente hacia el más frío y si el medio que los separa es de material homogéneo, la temperatura va descendiendo en el interior de dicho elemento parecido a una recta como se muestra a continuación.

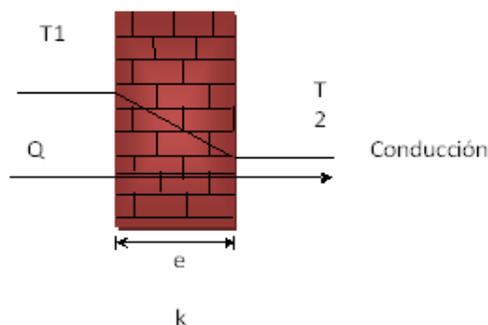


Figura 12.- Transmisión de calor a través de paredes.



La cantidad de calor que fluye a través de una pared de espesor “e” se calcula de la siguiente manera:

$$Q = AU (T_1 - T_2) \quad [\text{BTU /hr}] \dots\dots\dots 13$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_0} + \frac{x_i}{k_i} + \frac{1}{f_1}} = \frac{\text{BTU}}{\text{hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}} \dots\dots\dots 14$$

Donde:

- Q= Cantidad de calor transmitido en BTU/hr
- U= coeficiente de conductividad térmica total
- A= Área de transmisor en ft²
- K= Coeficiente específico de conductividad térmica BTU- plg / hr-°F -
- ft e= Espesor de la pared en plg
- T₁ -T₂ = Diferencia de temperatura entre el lado exterior y el lado interior del espacio a refrigerar.

2.1.1. Conductancia de la capa (película) superficial de aire

La transferencia de calor a través de cualquier material está relacionado con la resistencia superficial, la velocidad del aire, al flujo de calor y ésta se determina según el tipo de superficie, rugosa o lisa; su posición, vertical u horizontal y la intensidad de flujo del aire sobre la superficie.

La conductancia de la capa superficial del aire se designa normalmente con la letra f₂ para las superficies interiores, f₁ para superficies exteriores.

Resulta bastante aproximado para la mayoría de los cálculos tomar el valor de 1.6 para f₂ en paredes interiores casi sin movimiento de aire, f₁ = 6 en paredes expuestas a vientos hasta 24 kilómetros/hora.

Para los valores del coeficiente de conductividad térmica, para diferentes materiales de construcción, se han llevado a cabo extensos ensayos por muchos laboratorios para determinar con exactitud los valores de transferencia de calor a través de todos los materiales de construcción.

Ciertos materiales poseen una elevada resistencia al flujo de calor (una baja conductividad térmica) y se emplean, por consiguiente, como aislantes. Existen tipos de aislantes, tales como fibra de vidrio, corcho y los nuevos materiales de espuma.

La mayoría de los materiales aislantes que se consideran buenos poseen una



conductividad térmica de 0.25 ó menor, y los aislantes rígidos de espuma han llegado a factores de conductividad térmica de 0.22 a 0.11.

Para poder determinar el espesor del aislante térmico se utilizan las siguientes ecuaciones:

Poliuretano
$$e = \frac{1}{5}(\Delta T) \dots \dots \dots 15$$

Poliestireno expandido
$$e = \frac{1}{3}(\Delta T) \dots \dots \dots 16$$

Se utilizan estos materiales ya que tienen una baja conductividad térmica.

2.1.2. Cálculo de la carga térmica generada por el producto

Las carnes, las frutas y vegetales o cualquier producto desprenden determinadas cantidades de calor durante su vida, este desprendimiento de calor se encuentra en las tablas anexas a éste trabajo. Al introducirlas a un espacio refrigerado se debe tomar en cuenta que éstas se encuentran a una temperatura ambiente o un poco más alto o bajo que éste, lo cual da como resultado realizar el abatimiento de su temperatura, hasta llegar a un rango de temperatura para su conservación.

Al producto es al que se le debe retirar calor principalmente, para que una determinada sustancia se mantenga dentro de ciertas condiciones de temperatura y humedad.

El producto no es solamente la sustancia que hay que conservar, si no también algunos otros materiales que complementen la función de contener o manejar el producto.

Para poder calcular la cantidad de calor es necesario conocer la temperatura a la que se requiere mantener el producto o espacio y el proceso o la condición de trabajo que se usará.



Para determinar la carga del producto se considera lo siguiente:

- Tipo de proceso a realizar (enfriamiento, refrigeración, congelación, criogénica)
- Tipo de calor a eliminar (éste puede ser sensible, latente ó su combinación)

Calor sensible

Es la cantidad de calor que hay que eliminar para bajar la temperatura de un producto sin modificar sus propiedades físicas:

Este parámetro se puede determinar de la siguiente manera.

$$q_A = m C_{p_A} \Delta T \dots\dots\dots 17$$

$$q_B = m C_{p_B} \Delta T \dots\dots\dots 18$$

En donde:

q_A = Es la cantidad de calor sensible que hay que eliminar del producto arriba del punto de congelación (BTU)

q_B = Es la cantidad de calor sensible que hay que eliminar del producto bajo del punto de congelación (BTU)

m = Cantidad de masa del producto (Lb)

C_{p_A} = Calor específico arriba del punto de congelación (BTU / Lb ° F) C_{p_B} = Calor específico abajo del punto de congelación (BTU / Lb ° F)

ΔT = Diferencia de temperaturas entre la temperatura inicial del producto hasta la temperatura final (°F)

Calor latente

Es la cantidad de calor que se necesita eliminar para que el producto pase a su punto de congelación, por ejemplo, en los líquidos existe un cambio de estado físico cuando pasa a su estado sólido.

La ecuación que define al calor latente es:

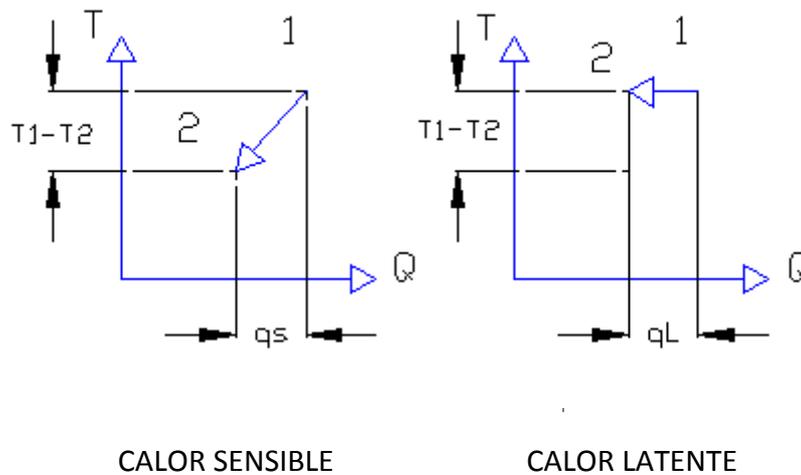
$$q_L = m H_L \dots\dots\dots 19$$

Donde:

q_L = calor latente de fusión o cambio de estado (BTU)

m = cantidad de masa del producto para el cambio de estado (Lb)

h_L = calor latente de fusión del producto (BTU/Lb)



Gráfica 4.- Calor sensible y calor latente.

2.1.4. Cálculo de la carga térmica generada por alumbrado

En los sistemas de refrigeración existen equipos eléctricos de alumbrado que ceden energía calorífica al medio enfriado en el momento de su operación. La cantidad de calor que es cedido por esta acción se obtiene directamente de la potencia eléctrica con la potencia térmica, esto es:

$$1 \text{ watt} = 3.415 \text{ BTU/hr} \dots \dots \dots 21$$

Todos los sistemas de iluminación ya sean incandescentes o fluorescentes básicamente transforman la energía eléctrica que reciben para su operación en calor, el cual desprende en su totalidad y se disipa en el interior del espacio que sea refrigerar, por lo tanto, el siguiente modelo matemático nos permite calcular la ganancia de calor generado por alumbrado.

$$Q_{\text{alumbrado}} = \text{No. De lámparas (watts de cada lámpara)} (3.415) \text{ BTU/hr} \dots \dots \dots 22$$

2.1.4. Cálculo de la carga térmica generada por equipo

Todas las máquinas son accionadas por motores eléctricos que emplean parte de su energía consumida en vencer rozamientos que a su vez se transforma en la energía calorífica.

El calor cedido al espacio por los motores y sus máquinas afectan a dicho medio a enfriar de tres maneras:



- 1.- Si el motor y la máquina se encuentran en el interior del espacio enfriado.
- 2.- Si el motor está fuera del espacio y la máquina en el interior del espacio.
- 3.- Si el motor está dentro del espacio y la máquina fuera.

El siguiente modelo matemático nos permite calcular la ganancia de calor generado por motores eléctricos:

Potencia del motor (Hp) X número de horas de trabajo X factor de corrección BTU/hr que localiza directamente en la Tabla No. 6 anexa a este trabajo.

2.1.5. Cálculo de la carga térmica generada por infiltración

El concepto de infiltración representa una cedencia o transmisión de calor originado por la entrada de aire exterior (a la temperatura del medio ambiente) al interior del espacio refrigerado. Esta carga térmica es ocasionada en el momento de apertura de las puertas, ventanas u otro medio que influya en la comunicación con el exterior.

El procedimiento de cálculo para este punto se basa en considerar de que el aire interior del espacio se cambiará un determinado número de veces por hora, a esto se le llama número de cambios de aire (CA) y se maneja en un intervalo de 1 hr. El número de cambios está en función directa del volumen total del espacio refrigerado.

Si se tienen instalaciones de uso pesado se debe multiplicar el valor de los cambios de aire por 2. Para el caso del almacenamiento con uso prolongado el valor de cambio de aire se multiplicara por 0.6. *Para este cálculo se debe utilizar la Tabla No. 8 del anexo.*

$$Q_{\text{infiltración}} = (V_{\text{instalación}}) (\text{CA/hr}) (\text{USO}) \dots \dots \dots 23$$

2.1.6. Cálculo de la carga térmica generada por ocupantes

El cuerpo humano al desarrollar cualquier actividad está desprendiendo calor, aún cuando no realice actividad física, el simple hecho de que su organismo trabaje para mantenerlo vivo es suficiente para que libere calor. La energía calorífica cedida por los ocupantes está en función directa de la actividad que desarrolle en el interior del



espacio. La Tabla No. 7 proporciona los datos para una condición de trabajo equivalente a trabajo rudo desarrollado en el interior del espacio, esto equivale a caminar a 2 millas/hr.

Los valores que se muestran como equivalentes de calor por persona ECPP es la suma de calor sensible más su correspondiente calor latente.

Para calcular la carga térmica cedida por los ocupantes basta con identificar el equivalente de calor por persona en la tabla correspondiente de acuerdo con la temperatura interior del espacio y a este valor multiplicado por el número de ocupantes esto es:

$$Q_{\text{ocupantes}} = \text{NO. Ocupantes} \times \text{ECPP (BTU/hr)} \dots\dots\dots 24$$

2.1.8. Cálculo de la carga térmica generada por el efecto solar

Este cálculo se debe a la incidencia de los rayos solares y se calcula exclusivamente para las paredes o superficies afectadas en la hora crítica. Los rayos solares al incidir sobre los muros, techos, etc. De un espacio determinado origina el calentamiento de éstos, lo cual implica el paso de calor al interior del espacio. El efecto solar está en función de las siguientes características.

- 1) Rugosidad en la superficie en la que incide.
- 2) El Angulo de incidencia e intensidad de los rayos solares.
- 3) La constante proporcional del calor de la superficie.

Las características anteriores afectan la refracción de la radiación solar, lo cual puede ocasionar un aumento en la ganancia de calor en el interior del espacio por este concepto.

Por tal motivo al realizar el cálculo de la carga generada por transmisión de calor a través de paredes, éste se debe corregir por efecto solar de acuerdo a *la Tabla No.4*

2.2 Memoria de cálculo

Datos generales para el cálculo del balance térmico.

Determinación de la carga térmica en T. R. de una cámara frigorífica para almacenar alimentos en base a las siguientes consideraciones:

1. Ubicación: Ecatepec estado de México
2. Producto: Alimentos
3. Periodo de almacenaje: 1 a 3 semanas



4. Temperatura de entrada del producto: 4° C (39° F)

5. Calor específico arriba del punto de congelación (*Tabla No. 2 del Anexo*)

$$C_p = 1.04 \frac{BTU}{lb \text{ } ^\circ F} \dots \dots \dots 25$$

6. Flujo de recepción: 0.8 T.M. /Día

7. Capacidad máxima: 4.5 T.M.

25 cajas x 30 kg/cajas - racks fijo = 750 kg/racks-fijo = 0.75 T. M. se almacenarán en cada racks fijo.

En total serán 6 racks fijos:

750 kg/racks fijos x 6 racks fijos = 4500 kg = 4.5 T.M.

8. Temperatura de almacenaje de acuerdo al manual de ASHRAE (2004) (*Tabla No. 2*) y la NOM-087-SSA1 (1994): 0° C (32° F)

9. Condiciones de diseño datos obtenidos de la *Tabla No. 3* para las diferentes ubicaciones:

Temperatura de bulbo seco: T_{BS}: 32 °C (90 °F) Temperatura de bulbo húmedo: T_{BH}: 19 °C (66 °F)

Humedad relativa: H.R.: 50%

10. Aislamiento térmico: Poliestireno expandido (unicel).

$$e = \frac{1}{3} (\Delta T) = 0.333(32 - 0) = 10.66cm \text{ } 4.199 \text{ pulg}$$

Por lo tanto se considera un espesor de 4 pulgadas

11. Coeficiente de convección exterior e interior:

$$h_i = 1.6 \frac{BTU}{ft \text{ } hr \text{ } ^\circ F} \dots \dots \dots 26$$



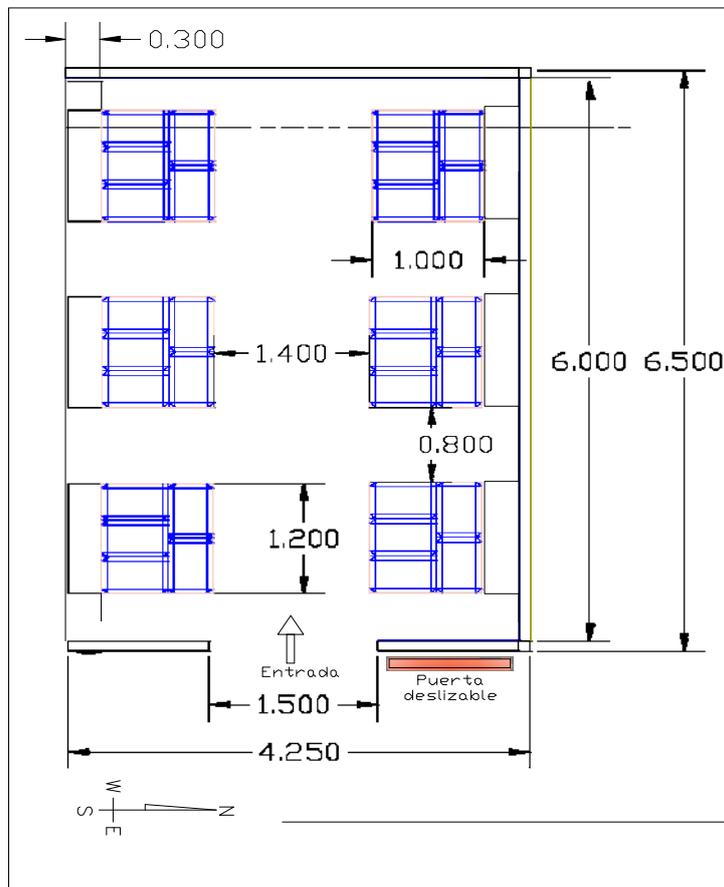
$$h_l = 6 \frac{BTU}{ft \text{ hr } ^\circ F} \dots \dots \dots 27$$

12. Infiltración: uso normal

13. Carga personal: 1 persona

14. Dimensiones de la cámara

	Interior	Exterior
Largo	6 m	6.50 m
Ancho	4 m	4.50 m
Altura	3 m	3.50 m





Espesor de aislamiento 4 pulgadas y Espesor de tarima 15 cm

Figura 14.- Elevación de la cámara frigorífica.

15. Corrección por efecto solar.

Los valores para lo corrección por efecto solar que especifica la *Tabla No. 4* se utilizan cuando los muros están expuestos al exterior y como la cámara estará dentro de una nave no se consideran estos valores. Por lo tanto se toma el valor de 0 °F para los muros Norte, Sur, Este y Oeste. Para el techo se toma el valor que especifica la siguiente tabla.

Corrección por efecto solar

Pared	0 °F
Pared Sur	0 °F
Pared Éste	0 °F
Pared Oeste	0 °F
Techo Plano	15 °F

16. Carga de motores:

Considerar 15 motores de 1/40 HP para los evaporadores en el interior.

17. Alumbrado: 1 Watt/ft²

18. Carga térmica a abatir en: 20 hrs.

Transmisión de calor a través de muros y techo.

Áreas de muros:

$$largo = 6.5 \times 3.5 = 22.75m^2 \frac{10.76 ft^2}{1 m^2} = 244.878 ft^2$$

$$corto = 4.5 \times 3.5 = 15.75m^2 \frac{10.76 ft^2}{1 m^2} = 169.532 ft^2$$



$$\text{piso y techo} = 6.5 \times 4.5 = 29.25 \text{m}^2 \frac{10.76 \text{ft}^2}{1 \text{m}^2} = 314.844 \text{ft}^2$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_0} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{1}{f_1}} = \frac{BTU}{hr \text{ft}^2 \text{ } ^\circ F}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{1.6} + \frac{4}{0.25} + \frac{1}{6}} = 0.059 \frac{BTU}{hr \text{ft}^2 \text{ } ^\circ F}$$

$$Q_{\text{muros}} = AU (T_1 - T_2) \quad [\text{BTU /hr}]$$

$$Q_{\text{muro norte}} = (244.878 \text{ft}^2) \left(0.059 \frac{BTU}{hr \text{ft}^2 \text{ } ^\circ F} \right) (90 \text{ } ^\circ F - 32 \text{ } ^\circ F) = 837.972 \quad [\text{BTU /hr}]$$

$$Q_{\text{muro sur}} = (244.878 \text{ft}^2) \left(0.059 \frac{BTU}{hr \text{ft}^2 \text{ } ^\circ F} \right) (90 \text{ } ^\circ F - 32 \text{ } ^\circ F) = 837.972 \quad [\text{BTU /hr}]$$

$$Q_{\text{muro oeste}} = (169.531 \text{ft}^2) \left(0.059 \frac{BTU}{hr \text{ft}^2 \text{ } ^\circ F} \right) (90 \text{ } ^\circ F - 32 \text{ } ^\circ F) = 837.972 \quad [\text{BTU /hr}]$$

$$Q_{\text{muro este}} = (169.531 \text{ft}^2) \left(0.059 \frac{BTU}{hr \text{ft}^2 \text{ } ^\circ F} \right) (90 \text{ } ^\circ F - 32 \text{ } ^\circ F) = 837.972 \quad [\text{BTU /hr}]$$

$$Q_{\text{techo}} = (314.844 \text{ft}^2) \left(0.059 \frac{BTU}{hr \text{ft}^2 \text{ } ^\circ F} \right) [(90 \text{ } ^\circ F + 15 \text{ } ^\circ F) - 32 \text{ } ^\circ F] = 1356.033 [\text{BTU /hr}]$$

$$Q_{\text{suelo}} = (314.844 \text{ft}^2) \left(0.059 \frac{BTU}{hr \text{ft}^2 \text{ } ^\circ F} \right) [(90 \text{ } ^\circ F - 20 \text{ } ^\circ F) - 32 \text{ } ^\circ F] = 705.88 [\text{BTU /hr}]$$



$$Q_{\text{subtotal}} = 4898.127 \text{ [BTU /hr]}$$

Ganancia de calor por producto

Producto:

$$m = 0.8 \text{ TM} = \frac{2200 \text{ lb}}{1 \text{ TM}} = 1760 \text{ lb} \left(\frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ hr}} \right) = 73.333 \text{ [lb /hr]}$$

$$Q_{\text{producto}} = \left(73.333 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \right) \left(1.04 \frac{\text{BTU}}{\text{lb } ^\circ\text{F}} (39 ^\circ\text{F} - 32 ^\circ\text{F}) \right) = 533.866 \text{ [BTU /hr]}$$

$$Q_{\text{subtotal}} = 533.866 \text{ [BTU /hr]}$$

Infiltración

Infiltración: uso normal

$$\text{Volumen interior} = [(4\text{m}) (6\text{m}) (3.1 \text{ m})] = 74.4 \text{ m}^3 \left(35.31 \frac{\text{ft}^3}{\text{m}^3} \right) = 2627.064 \text{ ft}^3$$

A	B	C
2000	2,627.411	3000
D	X	E
12	¿?	9.5

De la *Tabla No. 5* se obtiene el valor para el número de cambios de aire por día (C.A.)

$$X = D + \frac{(E - D)(B - A)}{C - A}$$

$$X = 12 + \frac{(9.5 - 12)(2627.411 - 2000)}{3000 - 2000} = 10.43 \text{ cambios de aire por día}$$



Calor removido:

Temperatura de la cámara 32 °F	Temperatura del exterior 90 °F
	$1.84 \frac{BTU}{ft^3}$

$$Q = (2627.064 ft^3)(10.43 \text{ cambios cada 24 horas}) + \left(1.824 \frac{BTU}{ft^3}\right) \left(\frac{1}{24 \text{ horas}}\right) = 2082.421 \frac{BTU}{hr}$$

Alumbrado:

$$Q_{\text{alumbrado}} = (314.844 ft^2) \left(1 \frac{Watt}{ft^2}\right) + \left(\frac{3.41 BTU}{hr-Watt}\right) = 1073.618 \frac{BTU}{hr}$$

Motores Eléctricos:

De la tabla No. 6 se obtienen los siguientes valores:

$$Q_{\text{motores}} = \left(\frac{1}{40} \text{ HP}\right) (15) \left(4250 \frac{BTU}{HP-hr}\right) = 1593.75 \frac{BTU}{hr}$$

Calor disipado por persona en el espacio refrigerado de la tabla No. 7 se obtiene:

$$Q_{\text{persona}} = \left(928 \frac{BTU}{hr}\right) (1 \text{ persona}) = 928 \frac{BTU}{hr}$$



2.2.1 Resumen de Carga Térmica

Transmisión	4898.127 BTU/hr
Producto	533.866 BTU/hr
Infiltración	2082.421 BTU/hr
Alumbrado	1073.618 BTU/hr
Motores	1593.75 BTU/hr
Personal	928 BTU/hr
Sub total	11109.782 BTU/hr

Agregando un factor de seguridad del 10 % se obtiene:

$$10 \% \text{ F.S.} = 11109.782 (1.1) = \mathbf{12220.76 \text{ BTU/hr}}$$

Considerando 20 horas de trabajo diarias para el compresor se obtiene:

$$\left(12220.76 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} \right) \left(\frac{24 \text{ hr}}{20 \text{ hr}} \right) = \mathbf{14664.912 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}}$$

Convirtiendo unidades:

$$\left(14664.912 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}} \right) \left(\frac{1 \text{ TR}}{12000 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}} \right) = \mathbf{1.22 \text{ TR}}$$

$$\left(1.22 \text{ TR} \right) \left(3.51 \frac{\text{kW}}{\text{TR}} \right) = \mathbf{4.28 \text{ kW}}$$



SELECCION DE EQUIPO



3. Selección de Equipo

3.1. Características para la selección

Para poder iniciar el cálculo del ciclo completo de refrigeración es necesario primero establecer la forma en que se determinarán correctamente las temperaturas de trabajo:

- a) Para poder determinar la temperatura de succión o temperatura de evaporación, se fija la temperatura requerida del espacio, producto o sustancia a refrigerar. Considerando que el refrigerante debe estar a menor temperatura, a efecto de que exista transmisión de calor, por lo tanto se tiene que:

$$T_{\text{Succión}} = T_{\text{requerida}} - 5^{\circ}\text{C}$$

- b) Para nuestro cálculo tomaremos la temperatura crítica, teniendo

$$\text{entonces: } T_s = 0^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} = -5^{\circ}\text{C}$$

- c) En nuestro caso la condensación se efectuará por medio de condensadores enfriados por aire:

$$T_c = T_{\text{BS Medio ambiente exterior}} + 8^{\circ}\text{C} \quad T_c = 32^{\circ}\text{C} + 8^{\circ}\text{C} = 40^{\circ}\text{C}$$

3.1.2. Selección del refrigerante

Concepto de refrigerante.

Es cualquier sustancia capaz de absorber calor de otra, para nuestro estudio trataremos, aquellas que se pueden adaptar a la refrigeración mecánica.

Sabemos que el refrigerante sufre transformaciones de líquido a gas y de gas a líquido. Por lo tanto se requiere que estas transformaciones se realicen a la temperatura adecuada para los diferentes servicios y a la presión conveniente y apropiada a la economía, diseño, construcción y operación de los equipos; además también se deben tomar en cuenta factores como:

- Propiedades termodinámicas.
- Propiedades químicas.
- De seguridad.
- Económicas.

Un refrigerante es aquel que tiene la capacidad de absorber calor de un medio o sustancia y también transmitirlo a otro.



El refrigerante debe tener ciertas propiedades químicas, físicas y termodinámicas que lo hagan seguro, económico y funcional.

Las principales características deseables son:

- 1) Que tenga bajo punto de ebullición (que un refrigerante este bajo condiciones normales de presión y temperatura).
- 2) Que no sea inflamable, explosivo, o tóxico.
- 3) Que no reaccione con la humedad.
- 4) Que no contamine el medio ambiente ni a los alimentos en caso de fuga.
- 5) Que no reaccione con el aceite lubricante ni con cualquier elemento de construcción del equipo de refrigeración.

Sin embargo, no existe ningún refrigerante ideal, pues todos los conocidos tienen cierto grado de toxicidad, inflamabilidad, daño al medio ambiente o cualquier otra característica no deseada. Entre los refrigerantes más comunes y prácticos, podemos encontrar el refrigerante R12, el refrigerante R22 y el refrigerante R707 (amoníaco), así como los ecológicos que son R-134a entre otros.

3.1.3. Consideraciones para la selección del refrigerante.

La siguiente tabla muestra las características de la presión de condensación de unos de los principales refrigerantes, con la cual se puede determinar las conclusiones que presentamos abajo.

Refrigerante	Punto de ebullición P_{atm}	Presión de evaporación a 23° F (psia)	Presión de condensación a 90° F (psia)	Relación de compresión
R-12	-21.6	37.85	113.84	3.008
R-22	-41.4	61.10	182.02	2.97
R-134a	-28.5	35.30	118.24	3.34

Tabla 2.- Comparación de refrigerantes.

Refrigerante R-12.

Este refrigerante tiene un punto de ebullición de -21.6 °F a la presión atmosférica. Si se desea condensar a 90° F se necesitaría una presión absoluta de 113.84 lb/pulg² absoluta y si se requiere que la ebullición sea a 23 °F, la presión absoluta sería de 37.85 lb/pulg².

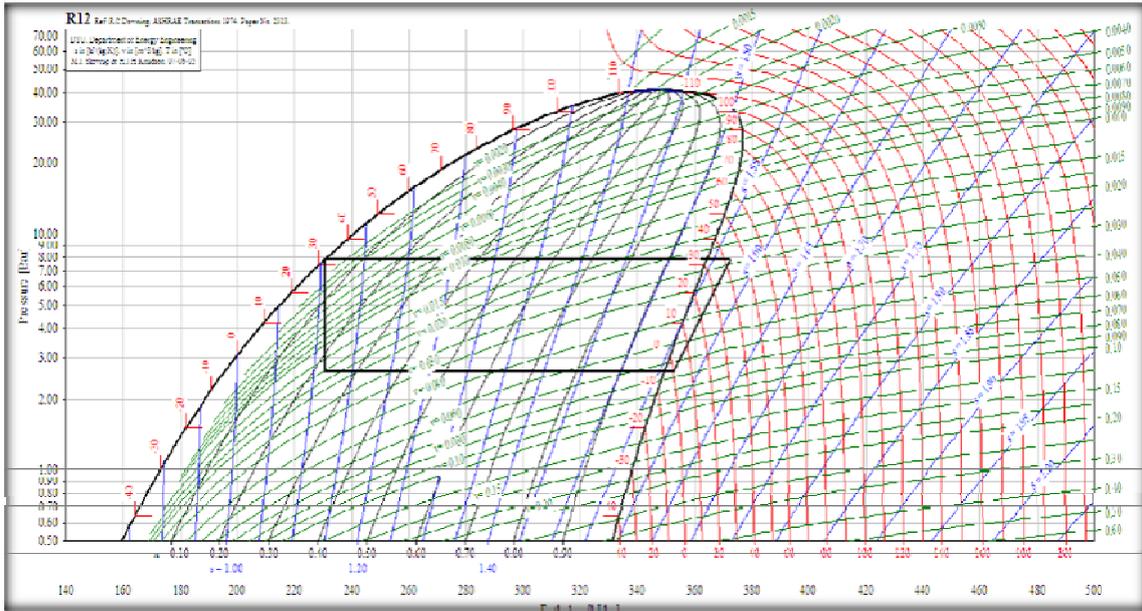


Figura 15.- Diagrama de Mollier para R-12

Refrigerante R-22.

Este refrigerante tiene un punto de ebullición de $-41\text{ }^{\circ}\text{F}$ a la presión atmosférica. Si se desea condensar a $90\text{ }^{\circ}\text{F}$ se necesitaría una presión absoluta de 182.02 lb/pulg^2 absoluta y si se requiere que la ebullición sea a $23\text{ }^{\circ}\text{F}$, la presión necesaria sería de 61.10 lb/pulg^2 absoluta.

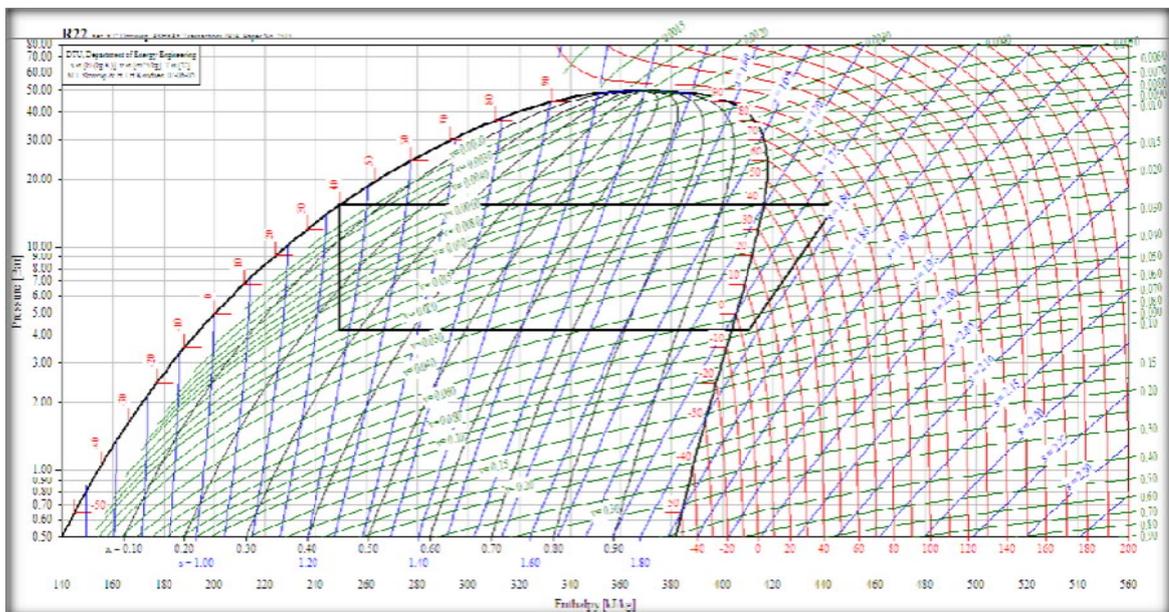


Figura 16.- Diagrama de Mollier para R-22

Refrigerante R-134a

Este refrigerante tiene un punto de ebullición de $-28.5\text{ }^{\circ}\text{F}$ a la presión atmosférica. Si se desea condensar a $90\text{ }^{\circ}\text{F}$ se necesitaría una presión de 118.24 lb/pulg^2 absoluta y si se requiere que la ebullición sea a $23\text{ }^{\circ}\text{F}$, la presión necesaria sería de 35.30 lb/pulg^2 absoluta.

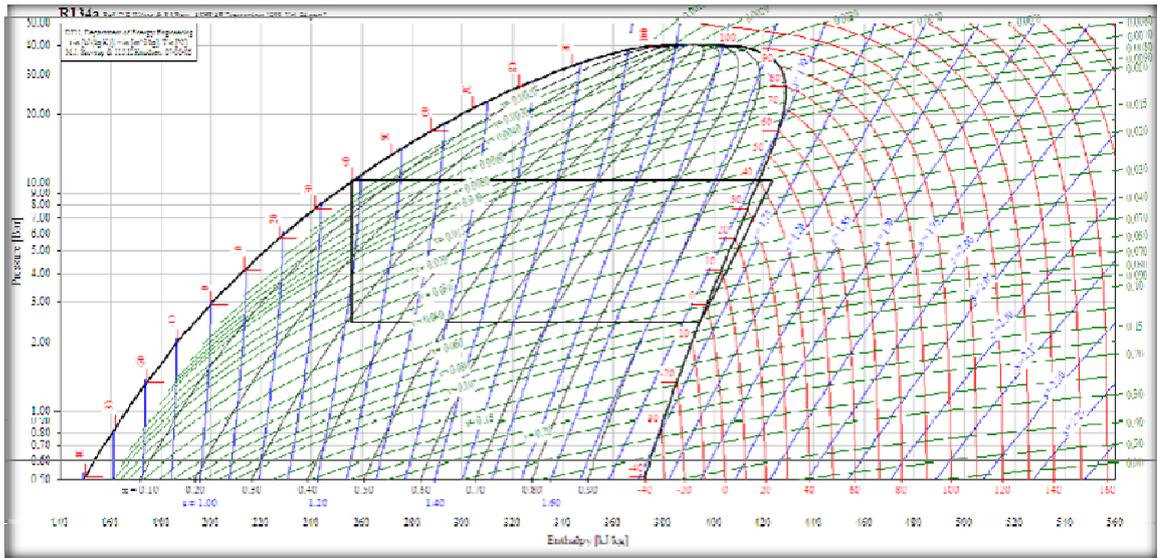


Figura 17.- Diagrama de Mollier para R-134a

Los refrigerantes admiten una división en cuanto a su temperatura o punto de ebullición, las cuales son:

- 1) Temperaturas ultra bajas ($-65\text{ }^{\circ}\text{F}$ ó más bajas).
- 2) Temperaturas bajas (-65 a $-20\text{ }^{\circ}\text{F}$).
- 3) Temperaturas intermedias (-20 a $20\text{ }^{\circ}\text{F}$).
- 4) Temperaturas altas ($20\text{ }^{\circ}\text{F}$ ó más)

3.1.4. Refrigerante seleccionado

Conclusión.

La presión de condensación depende del refrigerante usado y para temperaturas similares, a veces la presión de condensación tiene variaciones muy grandes, esto es muy importante ya que es esencial para la selección del refrigerante. Si comparamos a 3 refrigerantes como son: Amoniaco, R-22 y R-134a, sus presiones de condensación a $90\text{ }^{\circ}\text{F}$ son:



Refrigerante	Presión de condensación a 90 °F (PSI)
NH ₃	179.54
R-22	182.02
R-134a	118.24

Tabla 3.- Comparación de refrigerantes.

Como podemos observar la presión del R-22 para una condensación a 90 °F resulta ser una de las más idóneas para nuestro equipo. Si no encontramos en el mercado equipo que maneje éste refrigerante podemos usar como alternativa el R-134a y como última opción amoniaco.

3.2. Cálculo del ciclo con el refrigerante seleccionado

En lo referente a los niveles de presión del ciclo teórico, al realizar la selección de nuestro principal equipo. El compresor, está diseñado para trabajar bajo condiciones de presión diferentes (Diagrama Niveles de presión), así que por recomendación de nuestro proveedor se realizará el cálculo del sistema bajo los niveles de presión recomendados además de considerar un subenfriamiento de 41 °F (5 °C) en el líquido refrigerante, así como un sobrecalentamiento de 23 ° F (- 5 °C) en la succión del compresor, realizando entonces una modificación en lo que se refiere al trazo del ciclo en el diagrama de Mollier.

3.2.1. Diagrama de Mollier para el refrigerante seleccionado

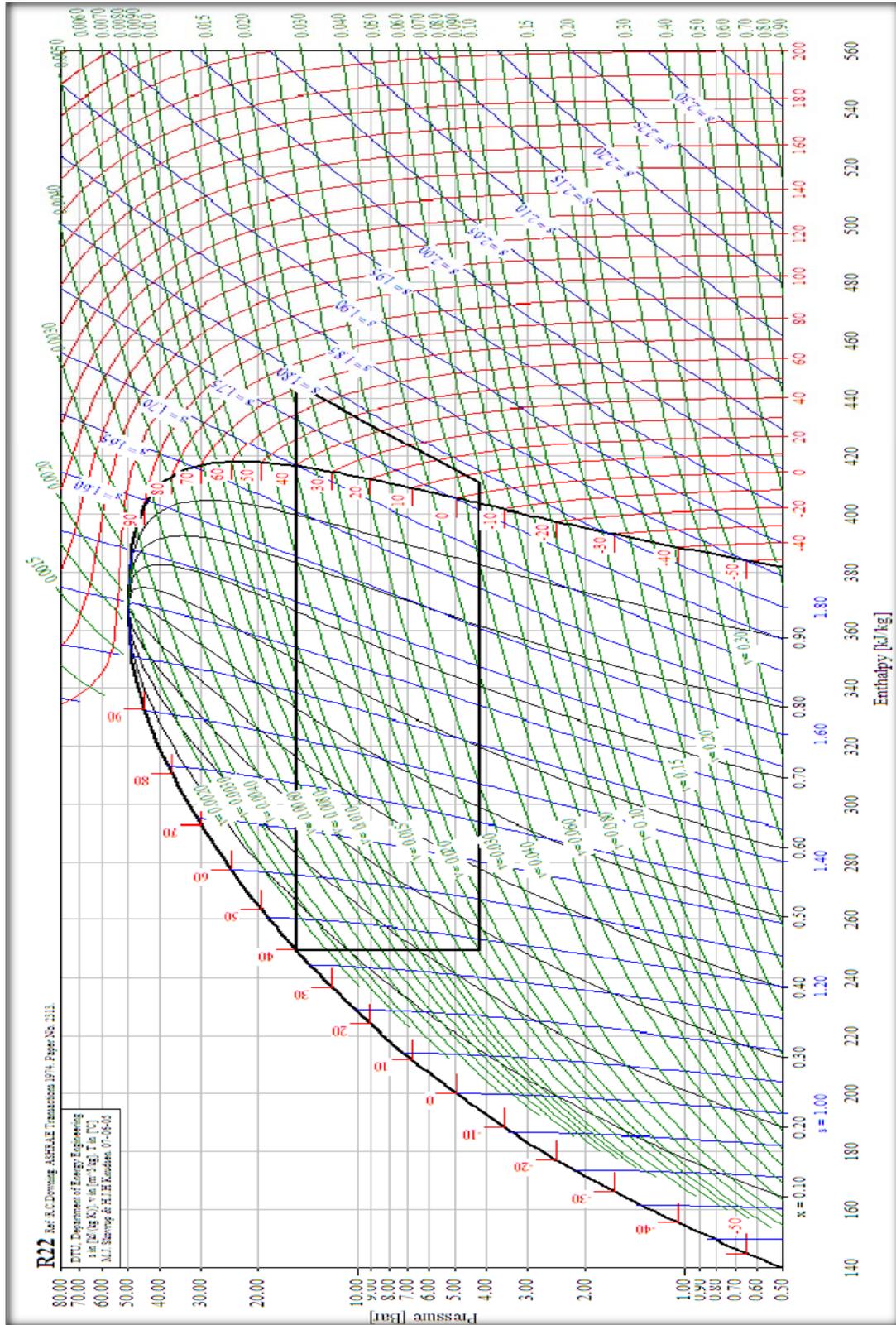
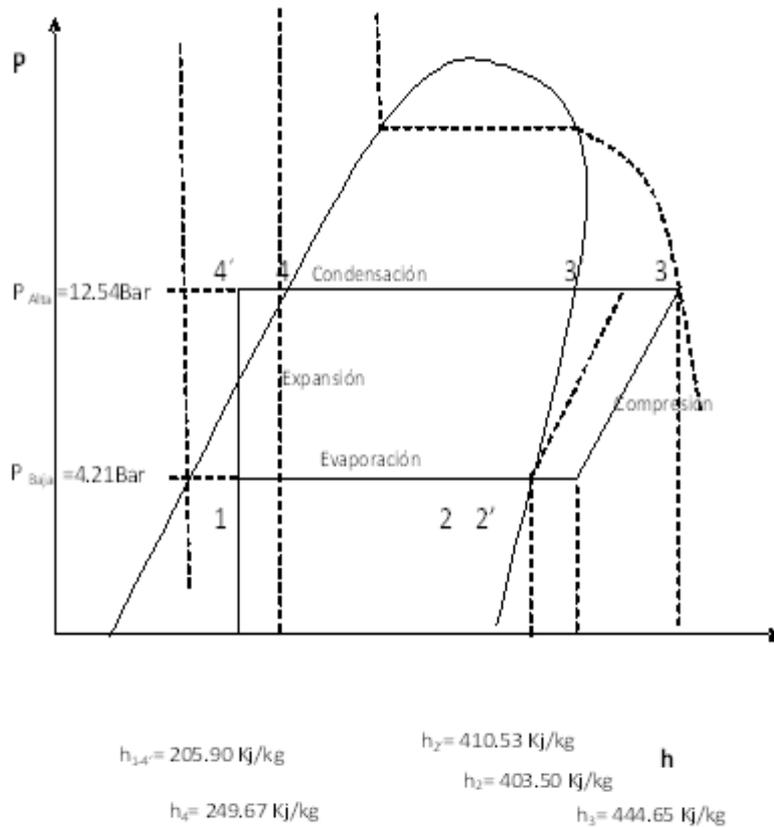


Figura 18.- Diagrama de Mollier para R-22



$P_{descarga} = 12.54 \text{ Bar} = 182.02 \text{ psi}$
 $P_{succión} = 4.21 \text{ Bar} = 61.1 \text{ psi}$

Figura 19.- Diagrama de Mollier P-H. Para R-22

3.2.2. Relación de compresión

Este parámetro se obtiene dividiendo la presión absoluta de condensación (lado de alta) entre la presión absoluta de evaporación (lado de baja), quedando entonces de la siguiente manera:

$$R_c = \frac{P_{condensacion}}{P_{evaporacion}} = \frac{182.02 \text{ psi}}{61.1 \text{ psi}} = 2.979$$

Tomando como dato la relación de compresión, obtenemos que el rendimiento volumétrico de acuerdo con la tabla es:

$$\text{Como } R_c = 2.97 = n_v = 80.2\%$$



3.2.3 Efecto de refrigeración

Es la capacidad que tiene una libra de refrigerante para absorber calor bajo ciertas condiciones específicas de presión y temperatura.

La línea de vaporización trazada en el diagrama de Mollier representa la fracción del ciclo que es útil para la refrigeración. El cambio de entalpía a lo largo de esta línea, representa la cantidad de enfriamiento por cada libra de refrigerante.

Para nuestro cálculo tenemos que la entalpía aumentada de 205.9 KJ/kg al comenzar la evaporación hasta 403.5 KJ/kg al final, sin considerar el cambio que se da debido al sobrecalentamiento ya que este se da fuera del evaporador. Por lo tanto para el R- 22 tenemos que el efecto neto de será igual a:

$$E.R.=h_2 - h_1$$

$$ER = 403.5 - 205.9 = 197.6 \frac{kJ}{kg} = 84.95 \frac{BTU}{lb}$$

Siendo entonces esta la cantidad de calor que absorbe cada libra de refrigerante en este ciclo real

3.2.4. Potencia del compresor

La energía ganada por el refrigerante durante la compresión está representada por el cambio de entalpía durante el proceso.

$$h_c = h_3 - h_2$$

$$h_c = 444.65 - 410.53 = 34.12 \frac{kJ}{kg} = 14.68 \frac{BTU}{lb}$$

A medida que se comprime el refrigerante la entalpía se incrementa de 410.53 KJ/kg a 444.65 KJ/kg generando una ganancia de 34.12 KJ/kg

La potencia entonces estará dada por el incremento de entalpía del refrigerante multiplicado por la velocidad de flujo del mismo.

$$P_c = h_c W K$$

$$P_c = (14.68) (2.87) (0.02357) = 0.993 \text{ HP}$$

La potencia del compresor se considera de 1 HP

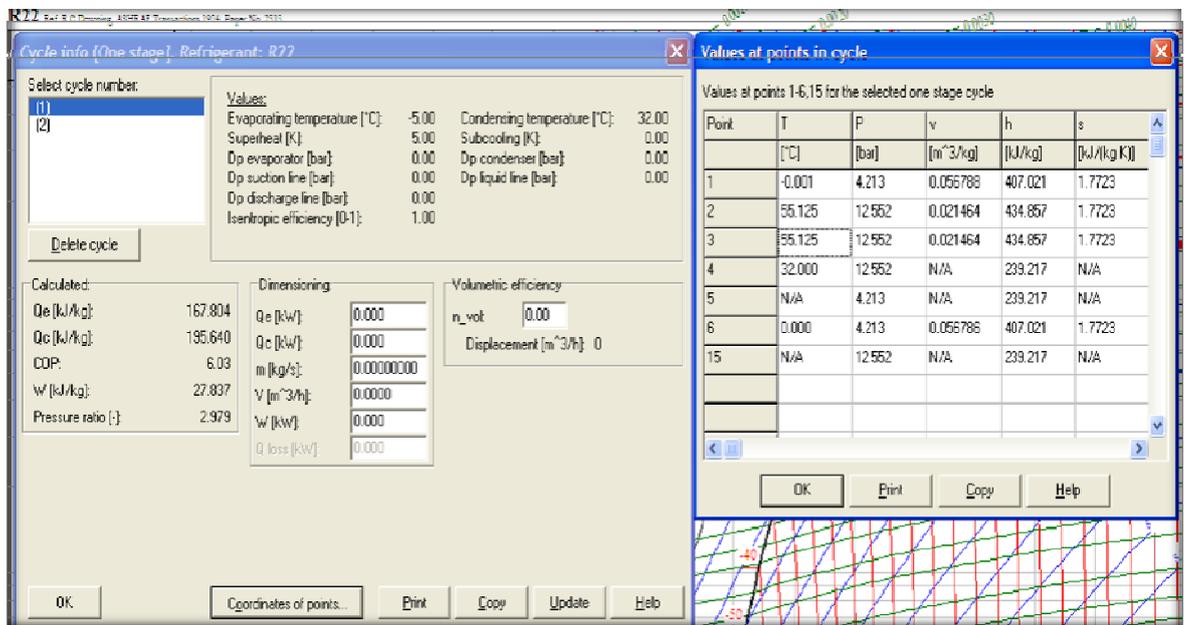
3.2.5. Coeficiente de rendimiento

En la refrigeración se utiliza este término para expresar la relación de la refrigeración útil con la energía aplicada en la compresión

$$CR = \frac{Q_c}{W} = \frac{136.640}{27.837} = 5.05$$

3.2.6. Temperatura en la salida del compresor

La temperatura en la salida del compresor se puede leer en el diagrama de Mollier, al final de la línea de compresión. Teniendo entonces que en el ciclo es:



$$T_{\text{SALIDA DEL COMPRESOR}} = 55.125 \text{ °C} = 131.27 \text{ °F}$$

Figura 20.- Programa Refrigeration utilities para condiciones del ciclo R-22.



3.2.7. Desplazamiento del compresor

El volumen específico del refrigerante al comienzo de la compresión puede leerse en el diagrama de Mollier, para nuestro caso es aproximadamente $0.018327 \text{ m}^3/\text{kg}$ ($1.424 \text{ ft}^3/\text{lb}$). Por lo tanto para nuestro sistema de refrigeración circulan $3.067 \text{ lb}/\text{min}$ de refrigerante.

$$V_d = \frac{W v_{\text{succión}}}{v} = \frac{(2.87 \frac{\text{lb}}{\text{min}})(1.424 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb}})}{0.802} = 5.095 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

3.2.8. Desprendimiento de calor en el condensador

El cambio de entalpía durante el proceso de condensación refleja los requerimientos de transmisión de calor en el condensador.

Por lo cual la entalpía disminuye

$$h_c = h_4 - h_3$$

$$h_c = 205.902 - 444.653 = -238.751 \text{ KJ}/\text{kg}$$

El cambio inicial de $444.653 \text{ KJ}/\text{kg}$ (punto 3) a $410.532 \text{ KJ}/\text{kg}$ (punto 3') representa el enfriamiento del vapor de descarga del estado del sobrecalentamiento al de saturación, la disminución restante del punto 3' a $205.902 \text{ KJ}/\text{kg}$ (punto 4) representa la conversión del vapor saturado al líquido saturado.

Para obtener la cantidad de calor que deberá ser disipada en el equipo de condensación, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{condensación}} = W h_c = (2.87 \frac{\text{lb}}{\text{min}}) (14.68 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}) = 42.131 \frac{\text{BTU}}{\text{min}} = 42.131 \frac{\text{BTU}}{\text{min}} = 2527.89 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}$$



Equipo

Para poder hacer la selección adecuada del equipo, es necesario contar con ciertos parámetros de acuerdo al equipo y a los requerimientos del diseño.

En lo que respecta a equipo y accesorios, se recomienda consultar varios catálogos de fabricantes en los cuales se deben revisar las ventajas, desventajas y costos, tomando en cuenta en primer lugar las condiciones de trabajo a las que estará sometido el equipo.

Unidad de condensación:

Todas las unidades de condensación tienen sus características propias de acuerdo al compresor que utiliza y la elección dependerá del conocimiento del usuario y donde deberá tomar en cuenta factores tales como:

- Espacio de instalación
- Disponibilidad de refacciones
- Temperatura ambiente
- Vibraciones y ruido permisibles
- Ahorro de energía etc.

3.3.1. Selección de la unidad condensadora

En este caso la unidad de condensación que seleccionaremos, se realiza en base a las necesidades del proyecto.

Carga Térmica	1.22 TR = 3,696 Kcal/hr
Temperatura de conservación del producto	0°C (32 °F)
Temperatura Ambiente	33.2 °C (90°F)
Tipo de Refrigerante	HCFC-22
Humedad relativa requerida por el producto	85 – 90%
Temperatura de evaporación	-5 °C (23 °F)



De acuerdo a los datos anteriores se realizó la siguiente selección:

Unidad condensadora enfriada por aire con gabinete (de uso-interior) de alta eficiencia con aletado BOHN Gold.

Marca:	FRIGUS-BOHN
Modelo:	BRI-0202M2
Temperatura de succión:	-6.7 °C (20 °F)
Capacidad:	4035 Kcal/hr (O/U)
Refrigerante:	HCFC-22
Compresor:	Copeland tipo hermético
Modelo:	ERC-0200
H.P:	2.0

Datos del motor:

208/230/3/60 Trifásico.

1 Amper ó 182 Watts a plena carga

1/3 H.P. Ventilador

Tubería: Básica conexión (Di) en pulgadas:

- Líquido: ½ pulgada
- Succión: 7/8 pulgadas

Tanque recibidor vertical con válvula de salida:

- Capacidad al 80% en 10 kg (22lb)

Número de ventiladores: 2 de 1/3 Hp cada uno

Dimensiones:

	Pulgadas	Centímetros
Largo:	38-1/4	97.16
Ancho:	33-7/8	86.04
Alto:	28-11/16	72.6
Peso de embarque:	320 lb	145.4 kg

Modelos 0075-0200 (i ventilador)

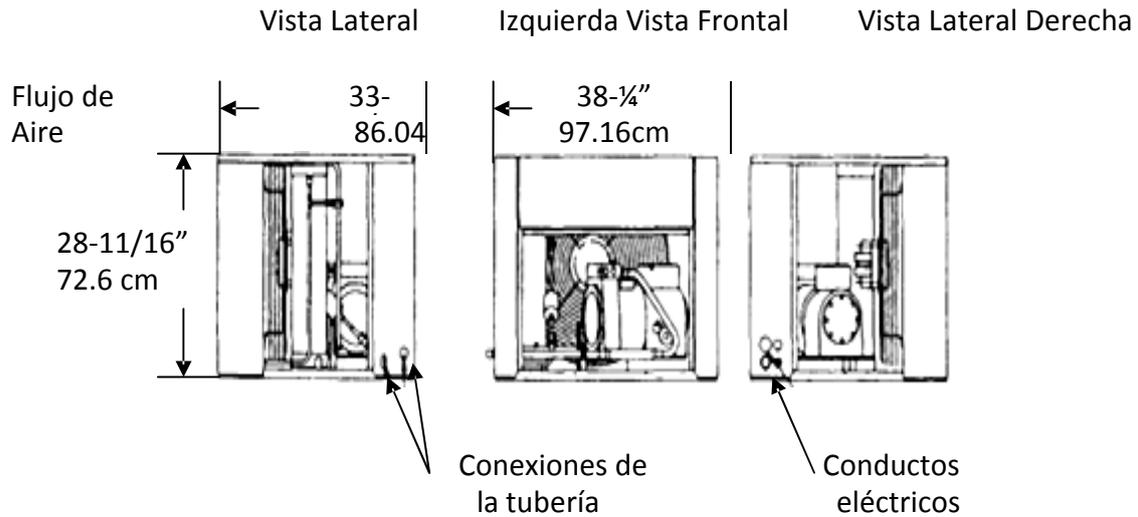


Figura 21.- Especificaciones y dimensiones para modelos de ¼ a 2 H.P
 . Datos tomados del catalogo proporcionado por FRIBUS-BOHN.

Se debe enfatizar:

- Que la unidad no debe ser seleccionada por potencia
- Debe ser seleccionada por capacidad de enfriamiento

3.3.2 Selección del evaporador

Los parámetros para su selección son:

- Carga térmica
- Temperatura de evaporación

Tomando en cuenta que se emplea una unidad condensadora de una capacidad de 4,035 Kcal/hr, utilizaremos dos evaporadores por comodidad y dimensiones de la cámara. Por lo cual cada evaporador debe satisfacer la capacidad de la mitad de la unidad condensadora:

$$2,017 \text{ Kcal/hr.}$$

El tipo de evaporador a seleccionar debe cumplir con el dato anterior y además lo siguiente:

$$T_{\text{evaporación}} = T_{\text{cámara}} - T_{\text{succión}} = (0^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}) = -5^{\circ}\text{C} = 23^{\circ}\text{F}$$



Primera selección de los evaporadores cuenta con las siguientes características:

- “2 evaporadores de deshielo por aire

Marca	FRIGUS – BOHN
Modelo	ADT090
Temperatura de saturación de succión	-4 °C (24.8 °F)
DT	6 °C (42.8°F)
Capacidad	2267 Kcal/hr.

Datos físicos Modelo ADT090 Deshielo por Aire 60 Hz con Motores PSC.

Modelo:	ADT 090
No. de ventiladores:	2
Entrada del serpentín:	½ “
Succión:	7/8 “ DI
Igualador externo:	1/4 “ DE
Drenaje:	¾ “MPT
Peso aproximado:	22 Kg (45 lb)
Flujo másico:	3 568 m ³ /h (2100 CFM)
Potencia:	1/15 H.P.

Datos del Motor PSC (Amps Tot / Watts)

Número de motores:	2
Motores eléctricos de:	1/15 H.P.
Voltaje a plena carga:	208-230/1/60 182 Watts
Amper a plena carga:	1

Los parámetros para su selección son:

Tipo de evaporador	Evaporador de deshielo por aire
Número de ventiladores	2 ventiladores
Refrigerante	HCFC-22

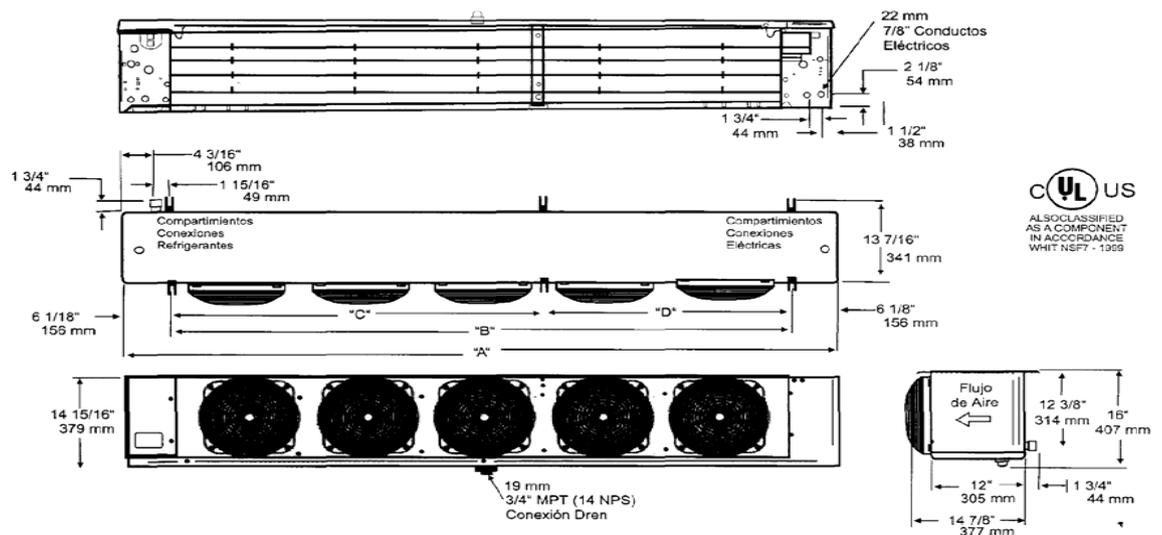


La selección es la siguiente:

Tipo:	L-1/2
Modelo:	090
Número de circuitos:	3
Tubo del distribuidor D.E. : Longitud:	3/16" 15"

Dimensiones:

	Pulgadas	Centímetros
Largo:	45-1/2	115.57
Ancho:	14-7/8	37.7
Alto:	16	40.7



- Guarda ventilador de plástico con rejillas direccionales, el tiro de aire es de 20 m (6.09ft).

Figura 22.- Dimensiones de evaporador modelo ADT090.

Datos tomados del catálogo proporcionado por Frigus BOHN.

Nota: Las espreas estándar son dos debido a que seleccionamos dos evaporadores para obtener un mejor flujo de aire frío dentro de la cámara.



Segunda selección del evaporador cuenta con las siguientes características:

Marca	FRIGUS – BOHN
Modelo	ADT156
Temperatura de saturación de succión	-4 °C (24.8 °F)
DT	6 °C (42.8°F)
Capacidad	3929 Kcal/hr.

Datos físicos Modelo ADT156 Deshielo por Aire 60 Hz con Motores PSC.

Modelo:	ADT 156
No. de ventiladores:	3
Entrada del serpentín:	½ "
Succión:	7/8 " DI
Igualador externo:	1/4 " DE
Drenaje:	¾ "MPT
Peso aproximado:	31 Kg (67 lb)
Flujo másico:	3 568 m ³ /h (2100 CFM)
Potencia:	1/15 H.P.

Datos del Motor PSC (Amps Tot / Watts)

Número de motores:	3
Motores eléctricos de:	1/15 H.P.
Voltaje a plena carga:	208-230/1/60 182 Watts
Amper a plena carga:	1.5

Tubo deshidratador (plgs)

Los parámetros para su selección son:

Tipo de evaporador	Evaporador de deshielo por aire
Número de ventiladores	3 ventiladores
Refrigerante	HCFC-22



La selección es la siguiente:

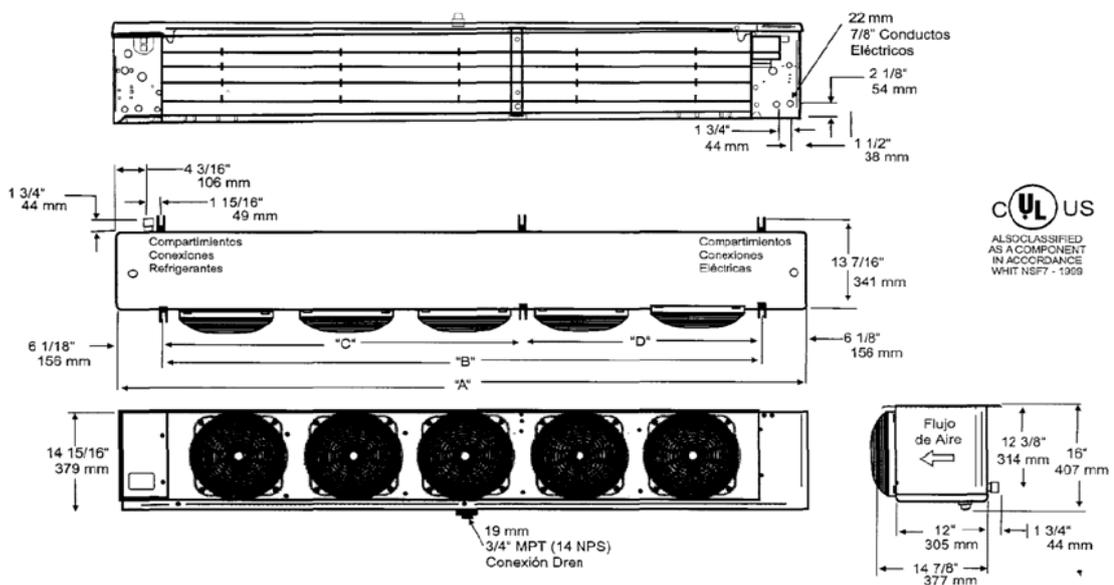
Tipo:	L-1
Modelo:	ADT156
Número de circuitos:	5
Tubo del distribuidor D.E.:	3/16
Longitud	15

Datos tomados del catálogo proporcionado por FRIGUS BOHN.

Nota: Las espreas estándar son dos debido a que seleccionamos dos evaporadores por comodidad y mejor flujo de aire frío dentro de la cámara.

Dimensiones:

	Pulgadas	Centímetros
Largo:	61.5	156.21
Ancho:	14.88	37.80
Alto:	14.94	37.95



Guarda ventilador de plástico con rejillas direccionales, el tiro de aire es de 20 m (6.09ft), incluida su esfera para instalarse en campo.

Figura 23.- Dimensiones de evaporador modelo ADT156.



3.3.3 Selección de la Válvula de Expansión

Carga térmica:	4,534 Kcal/hr
Temperatura de evaporación:	-4 °C (24.8 °F)
Tipo de refrigerante:	HCFC-22

Con estos datos podemos entrar al catálogo de Alco's Expansión Valve (Selección mediante programa).

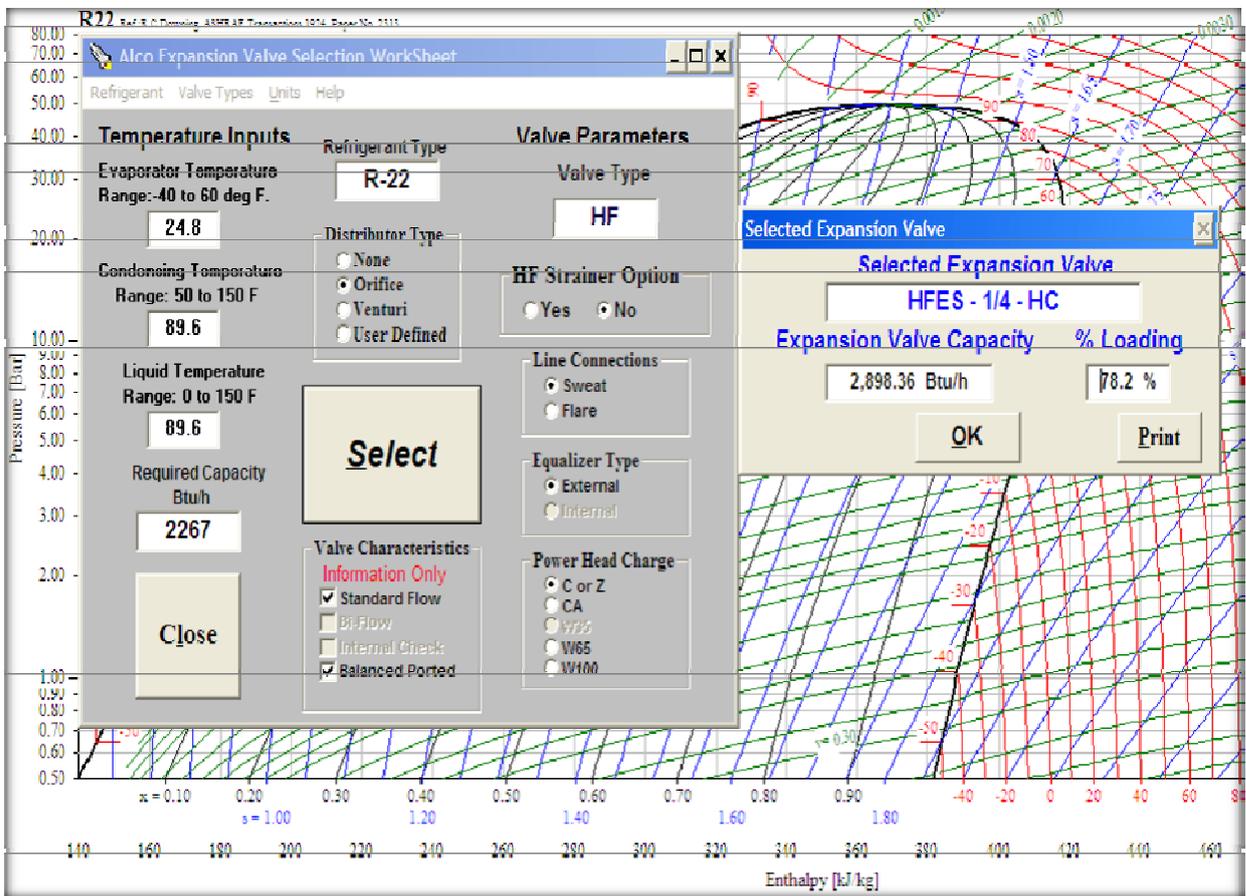


Figura 24.- Programa de selección para válvula de expansión.

La selección de válvula es la siguiente:

Modelo:	HFES	1/4	HC
---------	------	-----	----

Referencia rápida de este tipo de válvula. Válvula tipo “H” refrigerante HCFC-22 rango de capacidad nominal de 1/4 a 20 T.R.

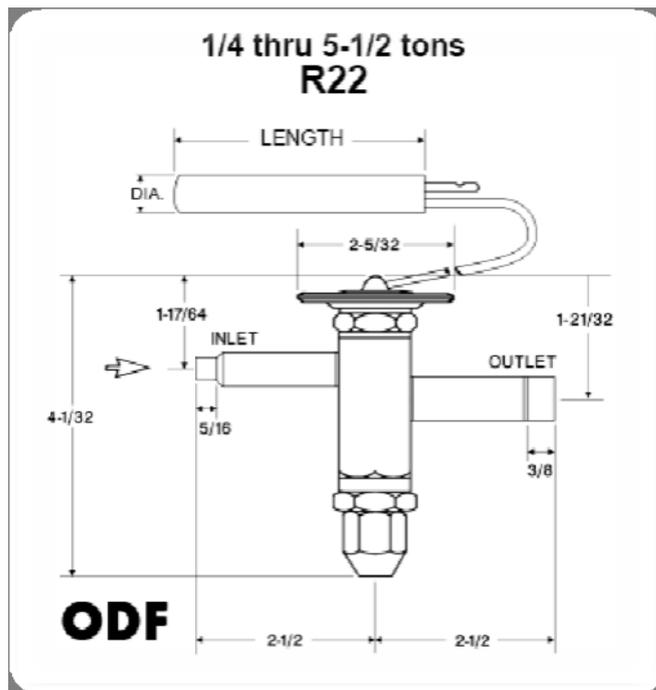


Descripción y aplicación:

Cuerpo de bronce en barra, ajustada externamente y conexiones con bridas. La conexión brida de entrada tiene un filtro de malla permanente número 16. Esta válvula ofrece las TEV's de conexiones con bridas de capacidades más pequeñas y está diseñada para aplicaciones de aire acondicionado y refrigeración.

Nomenclatura de la válvula

HF NOMENCLATURE						
HF	E	S	C	2	H	C
Valve Series	External Equalizer (omit for internal) N = NonAdjustable	ODF Copper Connections (omit for SAE)	Removable Strainer (optional) ODF only	Capacity Nominal Rating in Tons	Refrigerant Code M = R134a H = R22, R = R502 P = R507 S = R404A	Charge Code C = med temp Z = low temp W = MCP (if needed)



Straight-thru Configurations	
Inlet	Outlet
3/8	1/2
1/2	5/8
5/8	7/8
7/8	1-1/8
Angle Configuration	
90° Elbow - 3/8 Inlet ONLY	



Figura 25.- Dimensiones para válvula de expansión.

3.3.4. Selección de accesorios

3.3.4.1. Selección del filtro deshidratador

Los parámetros son:

- Capacidad Térmica: $\frac{1}{4}$ TR
- Tamaño de línea : $\frac{3}{8}$ "

El fabricante que elegimos es Alco controls

Deshidratador modelo: TD-033

Capacidad: 4 TR

Conexión: $\frac{3}{8}$ " soldar

Volumen de secante: 49 cm^3

Longitud: 119 mm

Diámetro del cuerpo: 42 mm

Peso de embarque: 2.5 libras

Figura 26.- Filtro deshidratador.



3.3.4.2. Selección del indicador de líquido y humedad

Es un dispositivo de metal con una mirilla de vidrio, que permite observar la condición del flujo del refrigerante. El indicador de líquido y humedad elimina la incertidumbre, de que el contenido de humedad del sistema pueda estar debajo de un nivel seguro, suficientemente alto para causar problemas. También indica si falta refrigerante sistema, o si hay alguna caída de presión en la línea de líquido.

La función más importante de un indicador de líquido y humedad, es revelar la presencia de exceso de humedad en el refrigerante, que es nocivo para la válvula

de expansión del sistema. Otra función, es observar a través del cristal el paso de refrigerante, el cual debe estar totalmente líquido.

La selección de este accesorio esta en función de los diámetros de las tuberías usadas.

Modelo: ILH-38

Conexión: 3/8" Flare

Longitud: 82mm

Altura: 33mm

Marca: Alco



Figura 27.- Indicador de líquido y humedad

3.3.4.3 Aceite lubricante

Para poder seleccionar el tipo de lubricante debemos tener en cuenta los siguientes parámetros:

- El aceite debe ser compatible con el refrigerante
- El aceite debe ser miscible con el refrigerante
- Se recomienda que el aceite no sea explosivo

Debido a la salida de los refrigerantes CFC's; surge la necesidad por parte de los fabricantes de reevaluar los lubricantes para asegurar la compatibilidad con los nuevos refrigerantes HFC y las mezclas provisionales, HCFC ofrecidas por diversos fabricantes de productos químicos. Como un segundo criterio para elegir el tipo de aceite es también preferible que algunos lubricantes nuevos sean compatibles con los refrigerantes tradicionales tales como el CFC-12, HCFC-22 o 502. Esta compatibilidad se lleva a cabo con la introducción de los lubricantes poliolester.

Cloroflorocarbonos (CFC)
 Hidrocloroflorocarbono (HCFC)
 Hidroflorocarbono (HFC)

TIPO DE REFRIGERANTE	TIPO DE ACEITE
CFC's	Aceite Mineral (AM)
HCFC's	Alquil Benceno (AB)
HFC's	Poliol Ester (POE)



Para este caso el aceite que se seleccionó es del grupo de los Alquil Benceno, el tipo de aceite que se seleccionó es el Mobil AEL ARCTIC 22CC es el lubricante preferido debido a sus exclusivas propiedades aditivas. El IC Emkarate RL 32S se puede utilizar en lugar del anterior. Estos POE's deben ser usados si los sistemas son cargados con refrigerante HFC; pero también son aceptables para usarse con cualquiera de los refrigerantes tradicionales o mezclas provisionales y son compatibles con los aceites minerales. Pueden por lo tanto, mezclarse con los aceites minerales cuando se usan en los sistemas con los refrigerantes CFC's o HCFC's.

La coloración del lubricante POE puede ser clara o pajiza. Después de usar el lubricante puede adquirir un color más oscuro, lo cual no indica que exista un problema, tan sólo puede reflejar la actividad aditiva protectora del lubricante.

3.3.4.4. Selección de la válvula solenoide

En la mayoría de las aplicaciones de refrigeración es necesario abrir o detener el flujo en un circuito de refrigerante, para poder controlar automáticamente el flujo de fluidos en el sistema. La válvula solenoide es un dispositivo operado eléctricamente, y es utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada.

El fabricante de nuestra elección es SPORLAN, y los detalles de la selección son:

Modelo	10G-3
Marca	SPORLAN
Capacidad	6.4 TR
Diámetro de conexión	7/8" soldar ODF



Figura 28. Válvula solenoide.

3.3.4.5. Selección de la válvula de paso

En los sistemas de refrigeración las válvulas manuales se instalan en puntos clave y sirven para regular el flujo del líquido, y para aislar algún componente o parte del sistema para darle mantenimiento, sin tener que interrumpir otros componentes y accesorios. El diseño de la válvula debe ser tal, que sus superficies selladas no se distorsionen con los cambios de temperatura, de la presión y el esfuerzo de la tubería a la que está conectada.

El fabricante de nuestra elección es HERMETIK, y los detalles de la selección son:

Marca	HERMETIK
Conexión entrada	Conexión entrada 3/8"
Conexión salida	3/8"



INSTALACIÒN



4.1 Instalación de Equipos

Es probable que la mayoría de las fallas de operación en el sistema de refrigeración instalado en el campo puedan ser causadas por descuido o por procedimientos inadecuados de instalación. Las siguientes instrucciones han sido preparadas para ayudar al Ingeniero de servicio y ó instalación y sistemáticamente se cubren los puntos que deben ser considerados para otorgar a cada instalación un funcionamiento libre de problemas.

Para realizar una buena instalación se deben seguir los siguientes procedimientos y recomendaciones:

- a) No dejar los compresores expuestos a la atmosfera, asi como también los filtros deshidratadores de la unidad condensadora por mas tiempo del necesario.
- b) Use únicamente tubería para refrigeración (tipo L), sellada adecuadamente contra elementos contaminantes.
- c) Para la medición del sobrecalentamiento en el evaporador se debe instalar un conector de presión en cada línea de succion del evaporador, próximo al bulbo de la valvula de expansión.
- d) Cuando se suelden líneas de refrigerante, un gas inerte deberá circularse a través de la línea a baja presión para evitar la formación de escamas y oxidación dentro de la tubería. De preferencia nitrógeno seco.
- e) Use únicamente soldadura de aleación de plata con un 5%, en las líneas de líquido, y de succión.
- f) Límite la soldadura y el fundente al mínimo requerido para prevenir la contaminación interna de la unión a soldar. Aplique el fundente únicamente en la porción macho de la unión, nunca en la porción hembra. Después de soldar, quite el exceso de fundente
- g) No usar "CODOS" de radio pequeño. Los codos de radio pequeño tienen puntos de excesiva concentración de esfuerzos y son objeto de fractura o de ruptura.
- h) Inspeccionar completamente toda la tubería después de que el equipo esté en funcionamiento y agregar soportes en cualquier punto donde la vibración de la línea es significativamente mayor que el resto de la tubería. Considerar que los soportes extras son relativamente baratos, comparados con las pérdidas de refrigerante.
- i) El diámetro de la línea común principal quedará determinada por la capacidad total del sistema.



4.1.1. Ubicación del cuarto de máquinas

La ubicación del cuarto de máquinas es una decisión muy importante debido a que es el principio fundamental de una buena instalación frigorífica. De ésta depende el buen funcionamiento, el costo de la instalación y de los mantenimientos, ya sean preventivos o correctivos.

Para determinar el lugar donde se va a colocar el cuarto de máquinas, se debe de tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Un lugar que tenga buena ventilación.
- Que se tenga la facilidad para realizar maniobras de carga y descarga.
- Que se cuente con instalación eléctrica cercana.
- Que tenga un buen acceso para poder realizar las tareas de supervisión.
- Que no haya contaminación por ruido en las demás instalaciones.
- Que se puedan realizar de manera fácil las maniobras de mantenimiento.

Generalmente los fabricantes proporcionan las características de instalación de los equipos frigoríficos, las cuales deben ser tomadas en cuenta para el éxito de la instalación y que se respeten las garantías, por tal motivo se han preparado las siguientes recomendaciones para instalación de equipos frigoríficos.

4.1.2. Instalación de la unidad condensadora

Generalmente los problemas en la industria de la refrigeración son ocasionados por la vibración esto se debe a la falta de cimentación, este problema es bastante grave, ya que no se puede solucionar tan fácilmente y sobre todo es demasiado costoso.

Anteriormente las unidades de condensación con mayor consumo en el mercado eran las abiertas, éstas estaban constituidas por: un compresor abierto, condensador, motor eléctrico, ventilador y tanque recibidor, las cuales tendían a tener demasiada vibración por el compresor y el ventilador ocasionando problemas de fugas, este problema no es tan sencillo eliminarlo porque en muchas ocasiones había la necesidad de habilitar nuevas bases de cimentación ocasionando gastos demasiado elevados pero esta era la única solución, esto es eliminando cuando se usa la base adecuada.

Las unidades con compresor semihermético tienen muy poca vibración y son muy silenciosas lo cual ha tenido una gran aceptación en el mercado Nacional e Internacional, otra de las ventajas de estas unidades es que, tienen mayor capacidad frigorífica ya que no tienen pérdidas por bandas, debido a que estas unidades tienen

acoplamiento directo entre el motor eléctrico y el compresor.

Para este caso se tiene una unidad condensadora Modelo BRI-0202M2 con un peso de 116 Kg, la cual debe colocarse de tal manera que el aire pueda circular libremente y no sea recirculado. Para un adecuado flujo de aire y acceso a todos los componentes de la unidad debe colocarse, a una distancia W del muro como se muestra en la figura 29.

4.1.2.1. Montaje y sujeción de la unidad condensadora

Para el montaje y sujeción de la unidad condensadora se debe fabricar una plataforma de montaje. La plataforma de montaje debe estar a nivel, colocada de tal manera que permita el libre acceso a la alimentación de aire.

Para este caso el montaje, se efectuará al nivel del piso, la plataforma deberá ser de concreto, elevada a 6 plg, (15.24 cm) arriba del nivel del piso proporcionando una base adecuada.

Elevando la base arriba del nivel del piso proporciona protección contra: La tierra, el agua y otros contaminantes. Todas las unidades están provistas de barrenos para su montaje. Antes de ajustar los pernos de montaje, se debe checar el nivel de la unidad.

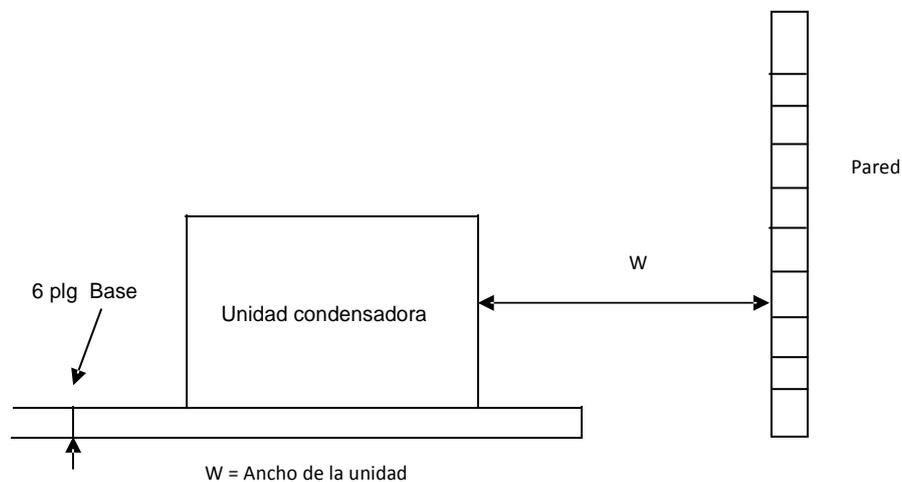


Figura 29. Distancia recomendada para colocación de la Unidad Condensadora.



4.1.2.2. Instalación de evaporadores

Para la colocación de los evaporadores se deben seguir las siguientes reglas generales:

- La dispersión del aire deberá cubrir la cámara completamente.
- Nunca colocar los evaporadores sobre la puerta.
- La ubicación de anaqueles etc., deberá conocerse.
- La ubicación relativa al compresor debe ser para recorridos mínimos de tubería.
- Ubicar la línea de drenado de los condensados para recorridos mínimos de tubería.

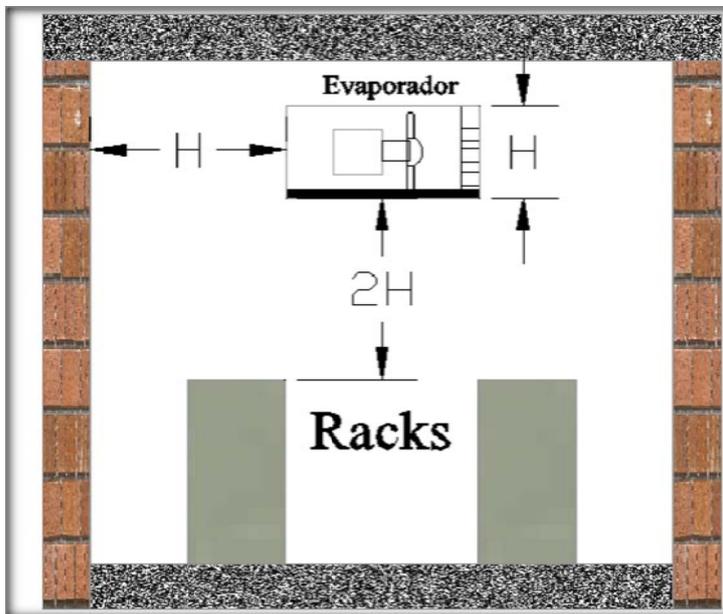
El evaporador se coloca generalmente en el techo, aunque en ocasiones se coloca en el piso. Si se coloca en el piso debe existir una distancia entre el evaporador y el muro aproximadamente de unos 40 cm. Con el propósito de poder realizar el mantenimiento.

Los difusores deben estar libres de obstáculos con el fin de que pueda existir una buena circulación de aire.

La mayoría de los evaporadores pueden ser montados con soportes de barra, tornillos o pernos. Use pernos y arandelas de 5/16" o barras que soporten aproximadamente 250 lbs. (113 Kgs); 3/8" para 500 lbs. (227 Kgs); 5/8 para más de 500 lbs. (227 Kgs). Tener cuidado de montar los evaporadores con una pendiente no mayor del 2% para poder tener el correcto drenado del condensado.

Considerar un espacio adecuado entre la parte superior de la unidad y el techo para su limpieza. Cuando se sujete al techo el evaporador a través de anclas, se debe sellar la unión entre la parte superior y el techo, con sellador NSF y los extremos de los canales de montaje, para evitar la acumulación de sustancias extrañas o que puedan contaminar.

Para nuestro diseño emplearemos dos evaporadores y la ubicación de éstos se recomienda de acuerdo a la siguiente figura:



Separación adecuada que debe mantenerse por todos los lados del evaporador para asegurar un funcionamiento máximo.

Figura 30. Recomendaciones de distancias para evaporadores de perfil bajo.

4.2. Tubería

En instalaciones con R-22, las tuberías de cobre se emplean casi siempre.

Las diferentes dimensiones de la tubería de cobre comercial se han estandarizado y clasificado como se indica a continuación:

- TIPO L PARED MEDIANA
- TIPO M PARED MEDIANA

Solo tubería tipo L debe emplearse para refrigeración (L se utiliza de acuerdo a la presión requerida o que se esté manejando el sistema), puesto que el tipo M no tiene suficiente resistencia en aplicaciones de alta presión. Por esta característica la tubería de tipo L es la de mayor uso.

Se recomienda únicamente el uso de tubería de cobre especial para refrigeración, puesto que ésta se puede adquirir limpia, deshidratada y sellada para evitar contaminaciones internas en la instalación.

El tipo de tubería para este caso es de tipo L, con diámetro de 1/2", para tubería de descarga y 3/8" para tubería de líquido del condensador que va al tanque receptor.



4.2.1. Soporte de la tubería de refrigeración.

1.- Normalmente cualquier parte de tubería que sea recta tiene que sujetarse por lo menos en dos puntos, cercanos a los extremos. En el caso de tuberías muy largas son necesarios soportes adicionales.

Las líneas de refrigerante deben ser apoyadas en soportes y sujetadas adecuadamente como guía para tuberías de 3/8" a 7/8" deben de apoyarse cada 5 pies (1.52 m) , las líneas de 1 3/8" cada 7 pies (2.13 m); 1 5/8 y 2 1/8 de 9 a 10 pies (2.74 m a 3.05 m)

2.- Cuando se cambia la dirección en el tendido de la tubería no es necesario que sea soportada en ninguna esquina. A partir de la esquina los soportes deben ser colocados máximo a 2 pies en cada dirección.

3.- La tubería conectada a un equipo vibrante (tal como un compresor) debe ser apoyada de tal forma que no restrinja el movimiento del objeto vibrante. El montaje rígido fatigaría la tubería de cobre.

4.- No use "CODOS" de radio corto. Los codos de radio pequeño tienen puntos de excesivas concentraciones de esfuerzos y son objetos de fractura o ruptura en estos puntos.

4.2.2. Tubería de succión

Las líneas horizontales de succión deben tenderse desde el evaporador hacia el compresor con una pendiente de 1/4" (0.64cm) por cada 10' (304.8cm) para un buen retorno de aceite. Las líneas de succión que se encuentren en el exterior del espacio refrigerado deberán aislarse.

Se recomienda que de preferencia en esta línea se instalen, filtros deshidratadores del tipo bloque desecante. Normalmente, la posición de un filtro deshidratador en la línea de succión, debe ser en forma vertical con el flujo de arriba hacia abajo. Esto tiene poco que ver con el desecante, el motivo principal es asegurar el regreso del aceite al compresor. Si se monta horizontal, el aceite puede quedar atrapado dentro de la cápsula del filtro deshidratador. Si se dispone de suficiente espacio o la tubería corre horizontalmente, se pueden hacer arreglos con codos soldables de cobre a 45 °.



Finalmente, es importante mencionar que siempre se debe instalar el filtro deshidratador de manera segura en los muros o en la estructura de la unidad, de tal forma que su peso no sea soportado por la tubería, principalmente con los de gran tamaño. Si no se hace así existe la posibilidad de que surjan fugas debido a las vibraciones.

4.2.3 Tubería de Líquido

Las líneas de líquido deberán ser dimensionadas para una caída de presión mínima y prevenir el Flasheo. El Flasheo en las tuberías de líquido provoca una caída de presión adicional y una pobre expansión en la operación de la válvula.

4.3. Soldadura

La soldadura que se seleccione debe ser la adecuada, para el trabajo que se está realizando. Es importante que al estar realizando la soldadura haya suficiente ventilación en el área de trabajo, ya que la mayoría de las soldaduras despiden gases tóxicos.

Para nuestro diseño emplearemos soldadura de plata: EASY-FLO, con una temperatura de fusión de 900 a 1200 °F. Su mayor contenido de plata hace que fluya y llene fácilmente. Se utiliza un fundente especial y el material que va a soldarse tiene que estar muy limpio antes de empezar una unión. También se debe limpiar la tubería y las conexiones aunque sean nuevas debido a que aún en piezas nuevas de cobre pueden presentar una película delgada de óxido.

4.4. Instalación de la válvula de expansión termostática

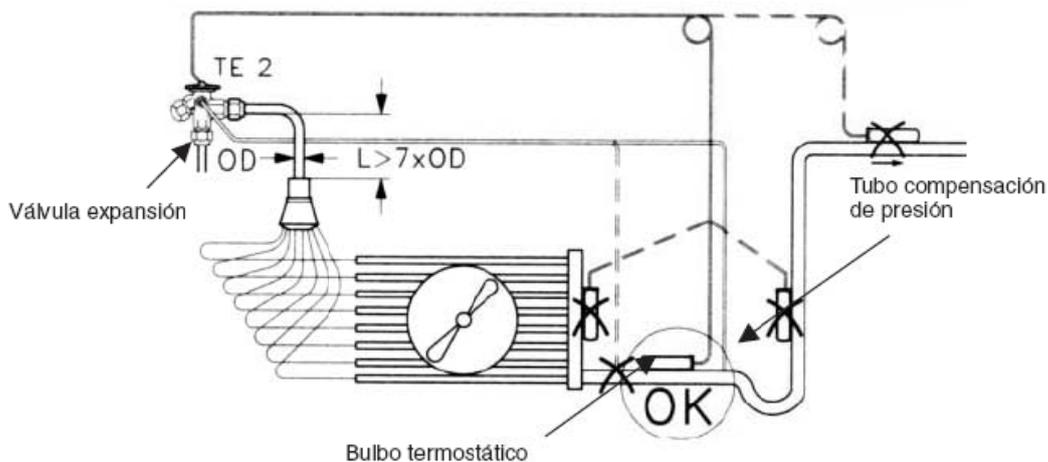
Dado que la función principal de la válvula de expansión termostática, es la de dosificar el flujo de gas que va al evaporador, ésta se conectará en la línea de líquido del evaporador. La válvula de expansión térmica, para nuestro proyecto, utilizará un igualador externo, que compensará cualquier caída de presión a través del evaporador, mientras el compresor esté trabajando. La válvula de expansión tiene una capacidad de 2,898.98 BTU/hr y fue seleccionada entre un rango de ¼ a 20 T.R.

Las válvulas de expansión termostáticas pueden ser montadas en cualquier posición pero estas deben instalarse tan cerca al evaporador como se posible. Para obtener el mejor rendimiento de la válvula de expansión deberá ser instalada directamente al cuerpo del distribuidor.

Se recomienda en el caso de las válvulas con conexión soldable, no se dirija directamente la flama sobre la misma, así como también protegerlas con una franela húmeda.

Colocar el bulbo de la válvula de expansión sobre un tramo horizontal de la línea de succión tan cerca al cabezal de succión como sea posible. El bulbo deberá ser sujeto perfectamente con abrazadera metálica en la línea de succión y cubierto con un aislante de tipo impermeable. El bulbo debe ser instalado como se muestra en la figura 31.

El Bulbo termostático debe colocarse justo a la salida del evaporador y antes del sifón de aspiración. La colocación del bulbo dependerá del diámetro del tubo, estará siempre en posición horizontal y fuertemente aislada para que detecte sólo la temperatura del tubo. Se recomienda usar pasta conductora de calor (07CF301) para mejor contacto bulbo-tubería. Para el equilibrador de presión o compensador se recomienda montar tubos estándar o un tubo de 1/4". Siempre se debe colocar junto el bulbo y antes del sifón de aspiración. No todas las válvulas llevan compensación de presión exterior, con lo que si no llevan conexión la válvula compensa la presión interiormente. Si lleva compensados de presión exterior nunca dejar con el tapón de origen, debe montarse según la siguiente figura.



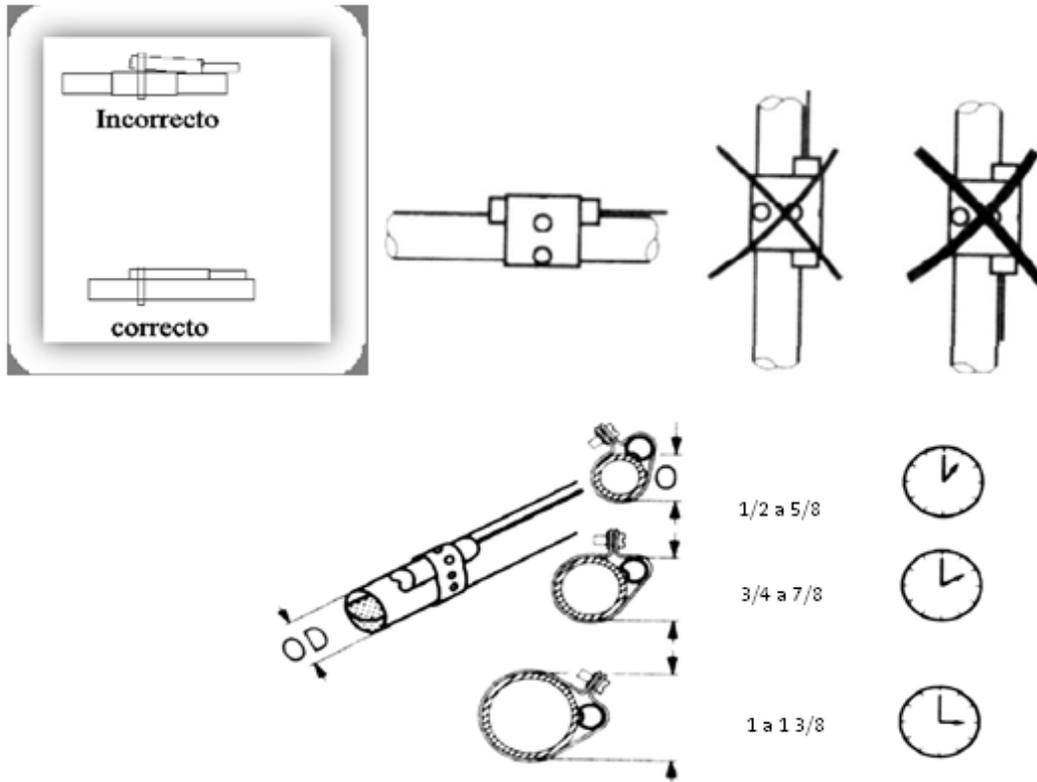


Figura 31. Recomendación para la ubicación del bulbo de la válvula de expansión

4.4.1. Instalación de accesorios

Igualador externo

La línea del igualador externo deberá conectarse a la línea de succión a la salida del evaporador. Puesto que se está usando una Válvula de expansión térmica, del tipo de igualador externo, se ejercerá la verdadera presión de la salida del evaporador debajo del diafragma de la termo-válvula. Las presiones de operación sobre el diafragma de la válvula, ahora están libres de cualquier efecto de caída de presión a través del evaporador, y la válvula de expansión térmica responderá al sobrecalentamiento del gas refrigerante que sale del evaporador.

Válvula solenoide

Las válvulas de solenoide convencionales, están hechas para instalarse con la bobina en la parte superior y en líneas horizontales solamente. Debe respetarse el sentido del flujo indicado por una flecha en el cuerpo de la válvula. También, debe



instalarse un filtro adecuado antes de cada válvula solenoide, para evitar que lleguen partículas o materias extrañas.

La válvula solenoide que utilizaremos es:

Marca	SPORLAN
Capacidad	6.4 TR
Diámetro de conexión	7/8 soldar ODF

La válvula solenoide se usa en líneas de succión para aislar los serpentines durante el trabajo de descongelamiento, como válvulas derivadoras para reducir la capacidad de un compresor o como controles para accionar los mecanismos de reducción de capacidad.

Se puede usar casi siempre en cualquier lugar en donde se desee o necesite detener o iniciar el flujo en un tubo sujeto a algún tipo de dispositivo remoto capaz de abrir y cerrar un circuito eléctrico.

Al instalar una válvula solenoide de conexiones soldables, no aplique demasiado calor y dirija la flama lejos del cuerpo de la válvula. Permita que se enfríe antes de ensamblar las partes internas, para asegurar que con el calor no se dañe el material del asiento y los empaques. Durante el proceso de soldadura, se recomienda el uso de trapos o estopas mojadas. Son necesarios para mantener la válvula fría, y para que el cuerpo de la válvula no se deforme. Al ensamblar de nuevo la válvula, asegúrese de no sobre- apretar las tuercas.

Válvula de Paso

Su función principal es controlar el flujo del líquido y de la presión. Las válvulas de paso instaladas en un sistema, deben estar totalmente abiertas o totalmente cerradas. Se utilizan para aislar componentes en el sistema. Las válvulas que comúnmente se utilizan son las de tipo globo y para este diseño las características de esta válvula son de 5/8" de diámetro exterior y serán de tipo soldable.

Separador de aceite

El separador de aceite deberá montarse de manera segura y firme, en posición vertical para ello se recomienda colocar una franela húmeda, para disminuir el calor en la tapa y evitar que se queme la junta de empaque entre el cuerpo del separador y



la tapa del mismo. Generalmente se instala en la línea de descarga. Entre el compresor y el condensador, lo más cerca posible del compresor. Un separador de aceite funciona con mayor eficiencia, cuando el gas de descarga está altamente sobrecalentado. La línea del compresor se ensambla a la conexión de entrada del separador, y luego se conecta una línea de la conexión de salida del separador, a la entrada del condensador. La conexión más pequeña en el separador es la de retorno de aceite, y de ésta, debe conectarse a la línea del cárter.

Bajo condiciones de operación normales, no es deseable instalar una válvula de paso en la línea de retorno del aceite. La razón para esto, es que esta válvula pudiera inadvertidamente quedar cerrada, deteniendo el aceite que va al compresor con el consecuente daño. Si desde el punto de vista se considera ventajoso instalar una válvula de paso, se deberá tener especial precaución en asegurarse que dicha válvula esté en la posición, de abertura total, durante la operación normal.

En nuestro caso colocaremos un separador de aceite, como es una unidad enfriada por aire, es aconsejable seleccionar una posición donde no se vea influenciado por la corriente de aire del volante del compresor, o del ventilador del condensador. La razón para ello, es evitar el enfriamiento de la cápsula del separador, lo cual puede dar como resultado la condensación del gas refrigerante dentro del separador. Si esto sucede, el refrigerante ahora líquido, regresará al compresor donde se mezclará con el aceite.

Antes de instalar un separador de aceite, es necesario agregar una carga inicial de aceite para suplir la cantidad que es retenida en el fondo del separador. Se deberá usar el mismo tipo de aceite que hay en el compresor. El instructivo del fabricante, indica la cantidad que debe agregarse.

Se recomienda utilizar soldadura de plata al 5% ó 35 % y no olvidar que en todos los procesos de soldadura hay que dejar pasar el nitrógeno hasta que las piezas soldadas alcancen la temperatura ambiente y lijar bien los tubos.

Filtros de succión

Los filtros de succión independientemente del tipo, son siempre instalados en la línea de succión, hacia la válvula de servicio de succión del compresor. Los filtros de succión son equipados con válvulas de acceso tipo pivote que permite medir la caída de presión a través de este elemento. Esto permite que los filtros y los elementos bloqueados sean detectados fácil y rápidamente de tal manera que puedan ser remplazados cuando la caída de presión es excesiva.



Filtros deshidratadores

Los filtros deshidratadores en la línea del líquido independientemente del tipo, son siempre instalados a favor del flujo a la salida de la válvula de servicio del recibidor y antes de la válvula solenoide de la línea del líquido. Debe asegurarse que se este respetando el sentido del flujo, el cual está indicado mediante una flecha en la etiqueta.

Los deshidratadores de la línea de líquido deben ser remplazados cuando hay evidencia de una caída de presión excesiva a través del filtro o cuando el sistema este contaminado debido a fugas del sistema, compresor quemado, formación de ácido o acumulación de humedad.

Deshidratador modelo: TD-033

Capacidad: 4 TR

Conexión: 3/8" soldar

Volumen de secante: 49 cm³

Longitud: 119 mm

Diámetro del cuerpo: 42 mm

Peso de embarque: 2.5 libras

En los filtros deshidratadores de bloque desecante, no hay riesgos de abrasión ni de canalizaciones, por lo que la posición no es un problema, ya que en cualquier posición siempre habrá un buen contacto entre el refrigerante y el desecante. Aunque en los de tipo recargable se pueden hacer las siguientes recomendaciones: se debe instalar el filtro deshidratador de tal manera que, al destaparse para hacer el cambio de bloques, no caiga material extraño dentro de la cápsula hacia la conexión de la salida, algunas veces se recomienda construir un arreglo de desvío (bypass) para los filtros deshidratadores recargables. Este arreglo permite que el sistema opere con o sin filtro deshidratador, y reemplazar los bloques de desecantes sin interrumpir la operación del sistema.

Indicador de liquido y humedad

El cristal mirilla es instalado en la línea de líquido principal, a favor del flujo desde la salida de la válvula de servicio del recibidor, inmediatamente después del deshidratador de la línea de líquido.



El indicador de liquido es:

Marca	Alco
Modelo	ILH-38
Conexión	3/8" Soldable
Altura	33 mm
longitud	82 mm

Válvula de servicio de descarga

Comenzaremos por abrir el vástago totalmente para evitar que se dañe cuando iniciemos a soldar y se debe proteger con una franela húmeda teniendo cuidado de que no entre agua antes de empezar a soldar.

Se colocan los manómetros con las mangueras en la siguiente forma: una manguera al regulador del tanque de nitrógeno que previamente se debe de regular a una presión de 10 lb/pulg² y la otra manguera a la válvula de servicio de descarga para hacer pasar el nitrógeno cuando se empiece a soldar.

Se instala un tubo de cobre libre de impurezas y lijado para unir la válvula de servicio y el eliminador de vibraciones utilizando una soldadura con un contenido de 5% a 35% de aleación de plata, la cual es altamente recomendada por su bajo calor de fusión. El nitrógeno que se hace pasar por las uniones no deberá suspenderse hasta que las piezas soldadas alcancen la temperatura ambiente, esto con el fin de evitar que se forme óxido de cobre en el interior de las tuberías.

Acumulador de succión

El acumulador de succión deberá instalarse en la línea de succión, tan cerca como se pueda del compresor (mínimo 15 cm), para permitir una acción venturi completa. En sistemas de ciclo reversible, como el de las bombas de calor, el acumulador debe instalarse entre la válvula reversible y el compresor.

En algunos casos, cuando se va a cambiar un acumulador a un sistema ya existente, se presenta el problema de falta de espacio en el gabinete. Esto puede requerir algo de tubería adicional, pero puede instalarse fuera del gabinete.

En otros casos, los compresores instalados en el interior de un edificio presentan otro problema: el acumulador condensa y el condensado escurre al suelo. La solución es, aislar el acumulador y la tubería relacionada.

Pero al aislar el acumulador se puede presentar otro problema, a menos que el aislamiento sea completamente sellado al vapor, para evitar que haya condensación debajo del aislamiento. Si no hay aislamiento, el calor conducido a través de la cápsula



evapora algo de líquido. Pero, si el acumulador está aislado, esto puede ser contraproducente.

Sin embargo, el calor conducido a través de la cápsula es sólo una pequeña cantidad del calor que se requiere para remover el líquido. Si se permite el tiempo suficiente, el agujero pequeño en el fondo del tubo regresará el líquido al compresor, en una proporción que no cause daños, regresando también el aceite junto con el refrigerante.

La mayor parte del líquido se evapora y regresa al compresor, gracias a que la inundación no ocurre todo el tiempo. Tarde o temprano, la válvula de expansión o los sistemas de tubo capilar, retoman el control del flujo del líquido, y el gas sobrecalentado entra al acumulador calentando al líquido. El vapor resultante regresa al compresor.

La condensación en el acumulador puede causar una corrosión severa, lo cual ocurre particularmente en las uniones de soldadura hechas en el campo. Esta corrosión puede provocar fugas.

En algunas ocasiones los acumuladores de succión presentan fugan por las soldaduras de los conectores. Esto es porque algunos fabricantes utilizan conectores de acero. Soldar cobre con acero, requiere conexiones que no estén torcidas. La unión deberá hacerse con una soldadura de plata No. 45 ó No. 35, y con mucho cuidado, para evitar que entre fundente al acumulador. En estos casos, nunca deberá usarse soldadura suave.

Después de probar si hay fugas, las uniones y áreas adyacentes deberán ser limpiadas y pintadas.

4.5. Instrumentos de control

Una vez concluida la instalación mecánica se tendrá la necesidad de colocar los instrumentos de control como son:

Control de presión diferencial de aceite si se requiere (generalmente se utilizan en compresores semiherméticos y de disco).

- Control de baja y alta presión son conectados al compresor
- Control de temperatura.
- Control del ciclo de deshielo.



- Toda la tubería que utilice en instalaciones comerciales debe ser de cobre tipo L.
- Presurizar a 300 lb/pulg² todo el sistema mínimo 24 hrs.

4.6. Instalación eléctrica

El suministro de energía, voltaje, frecuencia y fases deben coincidir con la placa de datos del compresor. Todo alambrado será revisado cuidadosamente contra los diagramas del fabricante.

Se tienen que revisar cuidadosamente los siguientes puntos:

- Calibre de conductores para manejar la carga conectada.
- Que los fusibles sean los recomendados para los compresores.
- Arrancadores magnéticos, contactores y dispositivos de protección provistos por el fabricante.
- Operación del control de seguridad de presión de aceite.
- El sentido de giro y velocidad de los ventiladores y/o bombas de agua.
- Alambrado de líneas o controles de aterrizados.



PUESTA EN MARCHA



5.1 Procedimiento para detectar fugas

- Se necesitan válvulas de alivio de presión en las pruebas del lado de alta y baja presión, una ajustada a 175 PSIG para las pruebas del lado de baja incluido el cárter y la otra ajustada a la presión requerida en el lado de alta.
- Cuando pruebe a presiones por arriba de 175 PSIG, el compresor y los componentes de baja presión deben ser desconectados del sistema. Si no es posible desconectar el compresor durante las pruebas de presión en el lado de alta, un medio adecuado para alivio de presión debe conectarse al cárter del compresor para evitar daños en el caso de que la alta presión pueda fugarse y regrese al cárter. Si una línea de alivio es proporcionada, deberá ser del mismo tamaño que la línea del cilindro de gas.
- Con el cilindro de gas comprimido en posición vertical, permite el acceso del nitrógeno o del bióxido de carbono secos, lentamente hasta que la presión deseada en el sistema sea obtenida.
- Cierre la válvula del cilindro. Revise la presión del sistema y ajuste tanto como sea necesario para obtener la presión adecuada.
- Continúe con la prueba y al terminarla, reduzca la presión del sistema hasta 0 PSIG, reconecte el compresor evacuando el sistema, y cargue con el refrigerante la cantidad adecuada.

5.1.2. Fugas de refrigerante

Los sistemas de refrigeración deben ser herméticos por dos razones:

- **Primera, cualquier fuga resultará en una pérdida de la carga de refrigerante.**
- **Segunda, las fugas permiten la entrada de aire y humedad al sistema.**

Las fugas pueden ocurrir no solamente de las uniones o conexiones mal hechas en la instalación original, sino de la ruptura de líneas, debido a operaciones. Puesto que la detección de fugas es un problema común, es esencial asegurarse que el sistema esta libre de fugas antes de la carga de refrigerante.

Existen tres maneras de probar fugas en un sistema a presión. Básicamente la prueba de presión consiste en presurizar el sistema con refrigerante y revisar fugas externas. Si el sistema no esta cargado con refrigerante es económico y efectivo, cargar parcialmente el sistema con refrigerante hasta 35 PSIG y usar un gas inerte como el nitrógeno seco o dióxido de carbono para elevar la presión del sistema a aproximadamente 175 PSIG para propósito de prueba.



CUIDADO: Nunca use oxígeno para presurizar un sistema, una explosión puede ocurrir si está presente el aceite en el sistema. Use siempre un regulador de presión en la línea de gas de alta presión y nunca interconectar el cilindro de refrigerante y el cilindro de gas inerte a través de un manómetro múltiple. Las presiones de los cilindros de nitrógeno o dióxido de carbono pueden romper el cilindro del refrigerante.

El detector electrónico de fugas es el dispositivo más sensible. Estos están disponibles a un costo razonable y pueden detectar fugas pequeñas de una fracción de una onza por año. Debido a su extrema sensibilidad, los detectores electrónicos pueden utilizarse únicamente en atmósferas limpias, sin contaminación de vapor refrigerante, humo, vapor de tetra cloruro de carbono u otros solventes, los cuales pueden dar reacciones falsas.

Este tipo de detector es ideal para servicios en campo de sistemas de refrigeración y aire acondicionado. El detector de fugas es ampliamente usado en el campo: la lámpara haloidea. Es un cilindro pequeño de gas líquido de propano, un probador y un quemador especial que contiene un elemento de cobre. El gas alimenta una pequeña flama en el quemador creando un ligero vacío en el probador. Cuando el probador es pasado cerca de una fuga, el refrigerante es pasado al probador e inyectado al quemador abajo del elemento de cobre. Una pequeña cantidad de refrigerante quemada en presencia del cobre tiene color verde brillante. Una gran cantidad quemada da una flama color violeta. Cuando pruebe fugas con la lámpara siempre observe los pequeños cambios en el color de la flama. Con experiencia, fugas muy pequeñas pueden ser detectadas.

5.1.3. Evacuación

Para realizar la evacuación se requiere de una bomba de alto vacío, será conectada tanto a la válvula para evacuación del lado de baja como del lado de alta presión, con tubería de cobre o conexiones de alto vacío (1/4" diámetro interior mínimo). Si el compresor tiene válvulas de servicio, permanecerán cerradas. Un manómetro para alto vacío capaz de registrar presiones en micrones será conectado al sistema para la lectura de presión.

Una válvula de cierre debe ser conectada entre la conexión del manómetro y la bomba de vacío para permitir que la presión del sistema sea checada después de la evacuación. No quite la bomba de vacío cuando esté conectada al sistema evacuado sin antes cerrar la válvula de cierre.



La bomba de alto vacío debe ser operada hasta alcanzar una presión absoluta de 1500 micrones en este momento el vacío deberá romperse con el refrigerante a emplear en el sistema a través de un filtro deshidratador hasta una presión arriba de 0 PSIG.

Repita esta operación por segunda vez. Abra las válvulas de servicio del compresor, si las tiene, y evacúe el sistema completo a una presión absoluta de 500 micrones.

Aumente la presión a 2 PSIG. Con refrigerante y quite la bomba de vacío. Bajo ninguna condición, el motocompresor debe ser arrancado u operado mientras el sistema esté con alto vacío. Hacerlo puede causar daños serios al devanado eléctrico del motor, debido a la reducción de la resistencia dieléctrica de la atmósfera dentro de la cámara del motor.

5.1.4. Carga de refrigerante a un sistema

El funcionamiento adecuado de un sistema de refrigeración depende de la carga adecuada del refrigerante al evaporador, resultando en presiones de succión excesivamente bajas en el compresor, una pérdida de capacidad o un posible sobrecalentamiento del compresor. Una sobre carga de refrigerante puede inundar el condensador, resultando en altas presiones de descarga, inundación de refrigerante líquido y en daño potencial al compresor. La mayoría de los sistemas tienen una razonable tolerancia para variaciones en la carga, aunque algunos sistemas pequeños puedan tener cargas críticas, lo cual es esencial para el funcionamiento adecuado.

Cada sistema debe ser considerado separadamente, puesto que los sistemas con la misma capacidad o rango de potencia en HP puede no necesitar el mismo refrigerante o la misma carga. Por esto, es importante primero determinar el tipo de refrigerante a emplear en el sistema, la placa de datos de las unidades normalmente identifican el tipo y peso del refrigerante requerido.

5.1.4.1. Carga en fase líquida

La carga con refrigerante líquido es mucho más fácil que la carga en fase vapor y debido a esto es la más usada en grandes sistemas instalados en campo. La carga en fase líquida requiere una válvula de carga en la línea de líquido, una conexión de proceso en el lado de alta presión del sistema o una válvula a la salida del receptor con una conexión de carga. Se recomienda que la carga en la fase líquida sea hecha a través de un filtro deshidratador para prevenir que cualquier contaminante sea inadvertidamente introducido al sistema.



Nunca cargue líquido por las conexiones de las válvulas de servicio de succión y descarga del compresor, puesto que puede dañar los flappers del compresor.

Para instalaciones originales, el sistema entero debe someterse a un vacío profundo. Pese el cilindro del refrigerante y conecte la línea de carga del cilindro de refrigerante a la válvula de carga. Si el peso del refrigerante es conocido o si la carga debe limitarse, el cilindro de refrigerante deberá colocarse en una balanza para que el peso del refrigerante pueda revisarse frecuentemente.

Purgue la línea de carga y abra la válvula de líquido del cilindro y la válvula de carga. El vacío en el sistema causará el flujo del líquido a través de la conexión de carga hasta que las presiones del sistema se igualen con la presión en el cilindro del refrigerante.

Cierre la válvula de la salida del receptor y arranque el compresor. El refrigerante líquido será alimentado del cilindro del refrigerante a la línea del líquido, pasando después del evaporador para almacenarse en el condensador y en el receptor.

Para determinar si la carga es la requerida por el sistema, abra la válvula de salida del receptor y cierre la de carga, observando la operación del sistema. Continúe la carga hasta que la carga adecuada ha sido introducida al sistema. Pese el cilindro de refrigerante y lleve un registro del peso del refrigerante cargado al sistema.

Observe la presión de descarga en el manómetro. Un rápido aumento en la presión indica que el condensador está lleno de líquido y la capacidad de bombeo del sistema ha sido excedida. Pare la carga del cilindro inmediatamente si esto ocurre y abra la válvula de la salida del receptor.

En unidades paquete ensamblados de fábrica que utilizan compresores herméticos, la carga está normalmente hecha por un vacío profundo del sistema y la carga adecuada por peso en el lado de alta presión del sistema por medio de una conexión de proceso la cual quedará sellada y cerrada por soldadura. Para cargar en campo tales sistemas, puede ser necesario instalar una conexión de proceso especial o una válvula de carga y pesar la carga exacta requerida.



5.1.4.2. Carga en fase de vapor

La carga en fase de vapor es normalmente usada cuando únicamente pequeñas cantidades de refrigerante son agregadas al sistema, hasta 25 libras (11.4 kg), pudiéndose controlar mas precisamente que la carga en fase líquida. La carga de vapor es normalmente hecha por medio de un manómetro múltiple en la conexión de la válvula de servicio de succión del compresor. Si la conexión de la válvula no se proporciona, por ejemplo en compresores herméticos, puede ser necesario instalar una válvula de aguja o una conexión en la línea de succión.

En la carga de refrigerante en fase de vapor a través de la válvula de servicio de succión del compresor. Los manómetros se conectan para leer las presiones de succión y descarga. Cuando agregue refrigerante, la presión de descarga deberá ser observada para asegurarse de no sobrecargar y para que el refrigerante no se agregue muy rápido. Presiones mas altas que lo normal indican que el condensador se esta llenando con líquido o que el compresor está siendo sobrecargado demasiado rápido. El múltiple de carga permite el paso de vapor del cilindro. El cilindro esta montado en una báscula para medir la cantidad de refrigerante cargado. Para operar la válvula del cilindro debe emplearse una llave adecuada.

Pese el cilindro de refrigerante antes de cargar. Conecte el manómetro múltiple a ambas válvulas de servicio con la conexión común al cilindro del refrigerante.

Purgue las líneas, abra la válvula de vapor del cilindro de refrigerante, arranque el compresor y abra la conexión de succión del manómetro múltiple. Regule la carga con la válvula del manómetro múltiple.

El cilindro de refrigerante debe permanecer vertical con el refrigerante circulando únicamente a través de la válvula de vapor para asegurar la entrada de vapor únicamente al compresor. La vaporización del refrigerante líquido en el cilindro congelará el liquido y reduciendo la presión del cilindro. Para mantener la presión del cilindro y continuar la carga, caliente el cilindro colocándolo en agua caliente o usando una lámpara calorífica. No aplique calor con un soplete.

Para determinar si la carga suficiente ha sido agregada, cierre la válvula del cilindro de refrigerante y observe la operación del sistema. Continué cargando hasta que la carga adecuada ha sido agregada. Pese el cilindro de refrigerante y lleve un registro del peso cargado al sistema. Observe la presión de descarga durante la operación de carga para asegurarse que el sistema no está sobre cargado.



5.2. Extracción de refrigerante de un sistema

Ocasionalmente será necesario extraer el refrigerante de un sistema. Esto puede ser necesario en la reparación de fugas o para hacer reparaciones o si un sistema ha sido sobrecargado, siendo necesario extraer el exceso de refrigerante para asegurar la operación correcta del sistema. El peso del refrigerante sirve para determinar si se recobra o no el refrigerante.

En sistemas con condensadores enfriados por agua, drene el agua completamente o circule constantemente el agua para prevenir la congelación mientras el agua extrae el refrigerante. Si un exceso de refrigerante es expulsado y el agua no es drenada, la presión del refrigerante no se eleva rápidamente y puesto que la disminución de la presión del sistema resultará en la evaporación del refrigerante a esta temperatura de saturación, puede provocarse la congelación.

Prepare suficientes cilindros de refrigerante vacíos, limpios y secos para el refrigerante extraído, junto con una buena báscula para pesarlos.

Precaución

No cierre la válvula de descarga del condensador. Una parte del gas de descarga entra en el cilindro y condensa. Pese continuamente el cilindro para revisar el progreso del llenado. Continúe desviando una parte del gas de descarga al cilindro de refrigerante hasta que se tenga su capacidad en peso **NO DEBE LLENARLO DEMASIADO**. Use un cilindro adicional si es necesario.

Cuando la mayor parte del refrigerante ha sido extraído la presión del sistema puede caer tan bajo que el refrigerante no puede ser transferido eficientemente.

5.3. Uso de una unidad de condensación para transferencia

Una unidad de condensación pequeña enfriada por aire y con separador de aceite puede usarse como bomba de transferencia o depuradora para transferir el refrigerante a los cilindros almacenadores. Por medio de un manómetro múltiple, conecte el sistema de las conexiones de servicio de descarga y succión a la bomba de transferencia, y conecte la conexión de salida de líquido de la unidad de transferencia al cilindro de refrigerante.

Purgue las líneas, arranque la bomba de transferencia y regule la presión de succión como sea necesario con el manómetro múltiple para prevenir sobrecargas.



5.3.1. Migración de la carga

En ausencia de una unidad de condensación para transferencia y cuando el compresor del sistema no está en operación, el refrigerante puede ser transferido al cilindro de almacenamiento por migración. Evacúe el cilindro, si es posible, y conéctelo al sistema por medio de manómetro múltiple.

Enfríe el cilindro del refrigerante a la temperatura más baja posible. Colóquelo en hielo

(hielo seco si es posible). Abra las válvulas para que el refrigerante pueda migrar del sistema a alta presión y caliente al cilindro a baja presión y frío.

La migración puede continuarse hasta que la presión del sistema es equivalente a la presión de saturación del refrigerante a la temperatura del cilindro. Por ejemplo: Si el cilindro está a 4.5 °C y el refrigerante es R-22, la migración continuará hasta que la presión del sistema sea de aproximadamente 37 PSIG.

Una desventaja de este método es el tiempo requerido para la transferencia.

5.4. Verificación final y arranque

Después que la instalación ha sido terminada, los siguientes puntos tendrán que ser cubiertos antes de que el sistema sea puesto en operación.

- Cheque las conexiones eléctricas. Asegúrese de que estén correctas y apretadas.
- Obsérvese el nivel de aceite del compresor antes de arrancarlo. El nivel de aceite deberá estar $\frac{1}{4}$ ligeramente arriba del centro del cristal de la mirilla.
- Quite o afloje los retenes del embarque debajo del compresor. Asegúrese que debajo de las tuercas y encima de los resortes de montaje no se toque el pie del compresor
- Verifique los controles de alta y de baja presión, control de seguridad de presión de aceite y todo tipo de control de seguridad y ajústelos si es necesario
- Verifique el termostato para su bien funcionamiento
- Diagrama de alumbrado, boletines de instrucciones, etc., atados al compresor o unidad de condensación, serán leídos y archivados para futuras referencias.
- Efectúe las conexiones adecuadas para el refrigerante y cargue la unidad con el refrigerante a emplearse. Pese el cilindro de refrigerante antes de la carga de modo que un control exacto del peso del refrigerante que entra en el sistema pueda ser agregado al sistema a través del lado de succión, cargue solamente en fase vapor.
- La carga en fase líquida debe ser hecha por el lado de alta únicamente.
- Obsérvese las presiones del sistema durante la carga y la operación



inicial. No agregue aceite al sistema mientras tenga poco refrigerante, a menos que el nivel de aceite esté peligrosamente bajo.

- Continúe cargando hasta que el sistema tenga el refrigerante suficiente para una buena operación pero no sobrecargue el sistema. Recuerde que las burbujas en la mirilla pueden ser debidas a una restricción o bien por una baja carga de refrigerante.
- No desatienda la unidad hasta que el sistema alcance sus condiciones normales de operación y la carga de aceite este ajustada adecuadamente para mantener el nivel de aceite.

Precaución: Deben tomarse cuidados en extremo en el arranque del compresor, al inicio de la operación y después de que el sistema se ha cargado. En esta etapa puede suceder que el aceite y la mayoría del refrigerante se encuentren en el compresor creando una condensación, la cual puede ocasionar daños al compresor debido a un golpe de líquido. La activación del calentador de cárter durante 24 horas antes del arranque es recomendable. Si no se cuenta con un calentador de cárter coloque directamente en la tapa del fondo del compresor una lámpara de 500 Watts, u otra fuente de calor por aproximadamente 30 minutos para eliminar esta condensación la cual nunca debe volver a presentarse.

5.5. Verificación final de la operación del sistema

Después de que el sistema ha sido cargado y operado durante 2 horas en condiciones normales, sin ningún indicio de mal funcionamiento, deberá ser operado durante toda la noche con los controles automáticos. Entonces un chequeo completo del sistema en operación deberá efectuarse como sigue:

- Cheque las presiones en la cabeza y succión del compresor. Si no están dentro de los límites de diseño del sistema, determine por qué y tome la acción correctiva.
- Cheque el nivel del líquido en la mirilla de la línea de líquido y el funcionamiento de la válvula de expansión. Si hay indicios de ser requerido más refrigerante, pruebe contra fugas todas las conexiones y componentes del sistema y repare cualquier fuga antes de agregar refrigerante.
- Observe el nivel de aceite en el cristal mirilla del cárter del compresor y agregue tanto aceite como sea necesario para tener el nivel en el centro del cristal de la mirilla.
- Las válvulas de expansión termostática deben ser checadas para ajustar el sobrecalentamiento adecuado. Los bulbos sensores deben estar en



contacto positivo con la línea de succión. Válvulas con un alto sobrecalentamiento producen poca refrigeración y poco regreso de aceite al compresor. Un sobrecalentamiento demasiado bajo ocasiona baja capacidad de refrigeración, favorece el regreso de líquido refrigerante y reduce la duración del compresor. El líquido refrigerante debe ser atrapado antes del cárter del compresor. Si un control apropiado no puede llevarse a cabo durante la operación normal del sistema, un acumulador de succión debe instalarse en la línea de succión justamente antes del compresor para prevenir el refrigerante líquido en el cárter del compresor.

- Usando instrumentos adecuados, verifique cuidadosamente el voltaje de la línea y el amperaje en las terminales del compresor. El voltaje debe ser $\pm 10\%$ del voltaje indicado en la placa de datos del compresor. Si un bajo o alto voltaje es registrado notifique a la compañía de luz. La corriente normalmente no debe exceder el 120 % del dato de placa. Si el amperaje tomado es excesivo, determine inmediatamente la causa y tome la acción correctiva. En moto compresores trifásicos, cheque que el balanceo de la carga sea igual en cada fase.
- En todos los motores de ventiladores en condensadores enfriados por aire, evaporadores, etc., debe ser checado el sentido de giro. El montaje de los motores de ventiladores debe ser checado cuidadosamente para una tensión y alineación adecuada. Si se usa transmisión por bandas, cheque la tensión de las bandas. Todos los motores requieren lubricación, puede ser necesario el aceitado o engrasado.
- En sistemas enfriados por aire, desconecte los motores de los ventiladores o bloquee la entrada de aire al condensador. En sistemas enfriados por agua, ciérrela alimentación de agua. Observe el punto de corte en el manómetro de alta presión. Revise que los controles de seguridad y operación funcionen adecuadamente y ajústelos si es necesario.
- Verifique el ajuste de los controles de deshielo para el inicio y fin del ciclo y la duración del período de deshielo. Cheque el calentador de cárter, si es usado.
- Verifique la válvula reguladora de presión del cárter, si la tiene, ajústela adecuadamente.
- Verifique los controles de presión en la cabeza para ajustarlos adecuadamente.
- Ajuste las válvulas de agua en sistemas enfriados por agua para mantener la temperatura de condensación deseada. Cheque que la bomba de agua tenga la rotación adecuada.
- Instale una hoja de instrucciones y el diagrama de control del sistema para uso del dueño o el almacenista.



ANEXO DE TABLAS



TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS.

Producto	Temperatura Promedio de Congelación (°F)	Porcentaje de Agua	Calor Específico BTU/lb. °F		Calor Latente de Fusión BTU/lb
			Arriba del punto de Congelación	Abajo del punto de Congelación	
CARNES y PESCADOS					
Aves (carne fresca)	27	74	1.04	0.69	106
Aves (congeladas)	27	74	0.79	0.37	106
Bacalao (fresco)	28		0.90	0A9	119
Camarones	28	70.8	0.83	0A5	119
Carne cortada (retazo)	29	65	0.72	0A0	95
Carnes de cordero	29	58	0.67	0.30	83.5
Carne de puerco (ahumada)		57	0.60	0.32	
Carne de puerco (fresca)	28	68	0.68	0.38	86.5
Carne de res (grasosa)	28		0.60	0.35	79
Carne de res (magra)	29	5-15	0.77	0.40	100
Carne de res (salada)		63	0.75		
Carne de res (seca)		65.5	0.22-0.34	0.19-0.26	91
Carne de ternera	29		0.71	0.39	93
Chorizos	26		0.89	0.56	
Embutidos					



TABLA 3. TEMPERATURAS EXTERIORES DE DISEÑO EN VERANO

La temperatura de diseño de bulbo seco y bulbo húmedo representa la temperatura igualada o excedida durante el 1% de las horas en verano.

LUGAR	B. S.		B. H.		Altitud (m)
	°C	°F	°C	°F	
Aguascalientes	34	93	19	66	1879
BAJA CALIFORNIA					
Ensenada	34	93	26	79	13
Mexicali	43	109	28	82	1
La paz	36	97	27	81	18
Tijuana	35	95	26	79	29
CAMPECHE					
Campeche	36	97	26	79	25
Ciudad del Carmen	37	99	26	79	3
COAHUILA					
Matamoros	34	93	21	70	1120
Monclova	38	100	24	75	586
Nueva Rosita	41	106	25	77	430
Piedras Negras	40	104	26	79	220
Saltillo	35	95	22	72	1609
COLIMA					
Colima	36	97	24	75	494
Manzanillo	35	95	27	81	3
CHIAPAS					
Tapachula	34	93	25	77	168
Tuxtla Gutiérrez	35	95	25	77	536
CHIHUAHUA					
Camargo	43	109	23	73	1653
Casas Grandes	43	109	25	77	1478
Chihuahua	35	95	23	73	1423
Ciudad Juárez	37	99	24	75	1137
Parral	32	90	20	68	1652
DISTRITO FEDERAL					
México Tacubaya	32	90	17	63	2309
DURANGO					
Durango	33	91	17	63	1898
Guadalupe Victoria	43	109	21	70	1982
Ciudad Lerdo	36	97	21	70	1140
Santiago	38	100	21	70	1740
Papasquiaro					
GUANAJUATO					
Celaya	38	100	20	68	1754
Guanajuato	32	90	18	64	2030
Irapuato	35	95	19	66	1724
León	34	93	20	68	1809
Salvatierra	35	95	19	66	1761
Silao	36	97	20	68	1777
GUERRERO					
Acapulco	33	91	27	81	3
Chilpancingo	33	91	23	73	1250
Iguala	39	102	22	72	735
Taxco	34	93	20	68	1755
HIDALGO					
Pachuca	29	84	18	64	2445
Tulancingo	32	90	19	66	2181
JALISCO					
Guadalajara	33	91	20	68	1589
Lagos de Moreno	39	102	20	68	1880
Puerto Vallarta	36	97	26	79	2
MEXICO					
Texcoco	32	90	19	66	2216
Toluca	26	79	17	63	2675
MICHOACAN					
Apatzingán	39	102	25	77	682
Morelia	30	86	19	66	1923
La Piedad	34	93	20	68	1775
MORELOS					
Cuautla	42	108	22	72	1291
Cuemavaca	31	88	20	68	1538
NAYARIT					
Acaponeta	37	99	27	81	25
San Blas	33	91	26	79	7
Tepic	36	97	26	79	918
NUEVO LEON					
Linares	38	100	25	77	684
Montémoselos	39	102	25	77	432
Monterrey	38	100	26	79	534
OAXACA					
Oaxaca	35	95	22	72	1563
Salina Cruz	34	93	26	79	56
PUEBLA					
Huachinango	37	99	21	70	1600
Puebla	29	84	17	63	2150
Tehuacán	34	93	20	68	1676
Tezcutlán	36	97	22	72	1990
QUERETARO					
Querétaro	33	91	21	70	1842
QUINTANA ROO					
Cozumel	33	91	27	81	3
Payo Obispo	34	93	27	81	4
SAN LUIS POTOSI					
Matehuala	36	97	22	72	1597
San Luis Potosí	34	93	18	64	1877
SINALOA					
Culiacán	37	99	27	81	53
Escuinapa	33	91	26	79	14
Mazatlán	31	88	26	79	78
Topolobampo	37	99	27	81	3
SONORA					
Ciudad Obregón	43	109	28	82	40
Empalme	43	109	28	82	2
Guaymas	42	108	28	82	4
Hermosillo	41	106	28	82	211
Navajoa	41	106	28	82	38
Nogales	37	99	26	79	1177
S. Luis Río					
Colorado	51	124	30	86	40
TABASCO					
Villahermosa	37	99	26	79	10
TAMAULIPAS					
Matamoros	36	97	26	79	12
Nuevo Laredo	41	106	25	77	140
Tampico	36	97	28	82	18
Ciudad Victoria	38	100	26	79	321
TLAXCALA					
Taxcala	28	82	17	63	2252
VERACRUZ					
Alvarado	35	95	26	79	9
Córdoba	36	97	23	73	871
Jalapa	32	90	21	70	1399
Orizaba	34	93	21	70	1248
Tuxpan	37	99	27	81	14
Veracruz	33	91	27	81	16
YUCATAN					
Mérida	37	99	27	81	22
Progreso	36	97	27	81	14
ZACATECAS					
Fresnillo	36	97	19	66	2250
Zacatecas	28	82	17	63	2612



TABLA 4. CORRECCIÓN DE TEMPERATURA POR EL EFECTO SOLAR

Grados Fahrenheit que han de añadirse a la temperatura normal en los cálculos de transmisión de calor para compensar el efecto solar.

(Esta tabla no es aplicable para diseños de acondicionamiento de aire).

Tipo de Superficie	Pared este	Pared sur	Pared Oeste	Techo Plano
Superficies de color oscuro tales como: Techo de arcilla negra Techo de chapopote Pintura negra	8	5	8	20
Superficies de color medio tales como: Madera sin pintar Ladrillo Losa roja Cemento oscuro Pintura roja, gris o verde	6	4	6	15
Superficies de color claro tales como: Piedra blanca Cemento de color claro Pintura blanca	4	2	4	9

Tomado del manual de Refrigeración de la ASHRAE, 2004.



TABLA 5. PROMEDIO DE CAMBIOS DE AIRE EN 24 HORAS PARA CÁMARAS DE ALMACENAJE DEBIDO A LA APERTURA DE PUERTAS E INFILTRACIÓN

Volumen pie ³	Cambios de aire en 24 horas	Cambios de aire en 24 horas
	Arriba de 32 °F	Abajo de 32 °F
200	44.0	33.5
300	34.5	26.2
400	29.5	22.5
500	26.0	20.0
600	23.0	18.0
800	20.0	15.3
1,000	17.5	13.5
1,500	14.0	11.0
2,000	12.0	9.3
3,000	9.5	7.4
4,000	8.2	6.3
5,000	7.2	5.6
6,000	6.5	5.0
8,000	5.5	4.3
10,000	4.9	3.8
15,000	3.9	3.0
20,000	3.5	2.6
25,000	3.0	2.3
30,000	2.7	2.1
40,000	2.3	1.8
50,000	2.0	1.6
75,000	1.6	1.3
100,000	1.4	1.1

Nota: Para uso frecuente intenso multiplicar por 2 los valores. Para almacenamientos prolongados multiplicar por 0.6 Tomado del Manual de Fundamentos ASHRAE 2004.



TABLA 6. CALOR DISIPADO POR LOS MOTORES ELÉCTRICOS

BTU por hp hora			
hp del Motor	Motor y Ventilador dentro del cuarto	Motor fuera y Ventilador dentro	Motor dentro y Ventilador fuera
de 1/8 a 1/2	4,250	2,545	1,700
de 1/2 a 3	3,700	2,545	1,150
de 3 a 20	2,950	2,545	400

* Estos datos son válidos para motores que accionan tanto ventiladores como bombas.

Tomado del manual de fundamentos ASHRAE 1967.

TABLA 7. CALOR DISIPADO POR LAS PERSONAS DENTRO DEL ESPACIO REFRIGERADO

Temperatura del Refrigerador en °F	Calor disipado por persona BTU / hora
50	720
40	840
30	950
20	1,050
10	1,200
0	1,300
-10	1,400

Tomado del manual de fundamentos ASHRAE. 2004



TABLA 8. CALOR REMOVIDO EN AIRE DE ENFRIAMIENTO A LAS CONDICIONES DE CÁMARAS DE ALMACENAMIENTO (BTU POR PIE CÚBICO)

Temperatura de la cámara de almacenamiento °F	Temperatura del aire exterior °F							
	86		90		96		100	
	Porcentaje de humedad relativa							
	50	60	50	60	50	60	50	60
65	0.45	0.64	0.68	0.91	0.93	1.2	1.2	1.51
60	0.66	0.85	0.89	1.12	1.14	1.41	1.4	1.71
55	0.85	1.04	1.08	1.31	1.33	1.6	1.6	1.91
50	1.03	1.22	1.26	1.49	1.51	1.78	1.8	2.09
45	1.19	1.39	1.43	1.66	1.68	1.94	2	2.25
40	1.35	1.55	1.59	1.81	1.83	2.1	2.1	2.41
35	1.5	1.7	1.74	1.96	1.99	2.25	2.3	2.56
30	1.64	1.84	1.88	2.1	2.13	2.39	2.4	2.7
Temperatura de la cámara de almacenamiento °F	Temperatura del aire exterior °F							
	40		60		90		100	
	Porcentaje de humedad relativa							
	70	80	70	80	50	60	50	60
25	0.39	0.43	0.69	0.75	2.02	2.24	2.5	2.84
20	0.52	0.56	0.82	0.89	2.15	2.38	2.7	2.97
15	0.65	0.69	0.95	1.01	2.28	2.5	2.8	3.1
10	0.77	0.82	1.08	1.14	2.4	2.63	2.9	3.22
5	0.89	0.94	1.2	1.26	2.52	2.75	3.1	3.34
0	1.01	1.05	1.31	1.38	2.64	2.86	3.2	3.46
-5	1.13	1.17	1.43	1.49	2.76	2.98	3.3	3.58
-10	1.24	1.29	1.55	1.61	2.88	3.1	3.4	3.7
-15	1.36	1.41	1.67	1.73	2.99	3.22	3.5	3.81
-20	1.48	1.52	1.78	1.85	3.11	3.34	3.6	3.93
-25	1.6	1.64	1.9	1.97	3.23	3.45	3.8	4.05
-30	1.72	1.76	2.03	2.09	3.35	3.58	3.9	4.17



GLOSARIO Y BIBLIOGRAFIA



GLOSARIO

Calor

El calor es el mecanismo de transferencia de energía a través de los límites de un sistema, cuando existe un diferencial de temperatura, siempre de la fuente de mayor energía al lado de baja.

Refrigeración

Es la técnica para la remoción de calor de un cuerpo o sustancia para llevarlo a una temperatura menor generalmente a bajo de la del medio ambiente.

Refrigeración mecánica

Es la utilización de componentes mecánicos arreglados en un sistema de refrigeración, con el propósito de extraer calor

Refrigerantes

Son compuestos químicos que nos permiten remover calor clasificándose en directos, indirectos, o primarios y secundarios.

Calor específico

El calor específico de una sustancia es la cantidad de calor en BTU requerida para cambiar la temperatura de una libra de una sustancia en un grado Fahrenheit. Considerando que un BTU es la cantidad de calor necesario para incrementar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit, o para bajar la temperatura de la misma masa de agua.

Calor latente

El calor latente es el que se necesita para cambiar de fase una sustancia sin variar su temperatura. La palabra latente significa "oculto", o sea que este calor requerido para cambiar el estado de una sustancia, no es percibido por los sentidos.

Calor sensible

El calor que puede sentirse o medirse se llama calor sensible. Este es el calor que causa un cambio en la temperatura de una sustancia, pero no un cambio en el estado.



Calor latente de fusión

Bajo un cambio de estado, la mayoría de las sustancias tendrán un punto de fusión en el cual ellas cambiarán de un sólido a un líquido sin ningún incremento en la temperatura. En este punto, si la sustancia está en un estado líquido y el calor se retira de ella, la sustancia se solidificará sin un cambio en su temperatura. El calor envuelto en uno u otro de estos (cambio de un sólido a un líquido, de un líquido a un sólido), sin un cambio en temperatura se conoce como el calor latente de fusión.

Calor latente de evaporación

Para cambiar una sustancia de líquido a vapor y de vapor a líquido se requiere calor latente de evaporación. Puesto que la ebullición es sólo un proceso acelerado de evaporación, este calor también puede llamarse calor latente de ebullición, calor latente de evaporación, o para el proceso contrario, calor latente de condensación.

Cuando un kilo (una libra) de agua hierve o se evapora, absorbe 539 kilocalorías (970 BTU) a una temperatura constante de 100 °C (212 °F) al nivel del mar; igualmente, para condensar un kilo (una libra) de vapor deben substraherse 539 kilocalorías (970 BTU).

Debido a la gran cantidad de calor latente que interviene en la evaporación en la condensación, la cantidad de calor puede ser muy eficiente mediante este proceso. Los mismos cambios de estado que afectan el agua se aplican también a cualquier líquido aunque a diferentes presiones y temperaturas.

La absorción de calor para cambiar un líquido a vapor y la substracción de este calor para condensar nuevamente el vapor, es la clave para todo el proceso de la refrigeración mecánica y la transmisión del calor latente requerido es el instrumento básico de la refrigeración.

Calor latente de sublimación

El proceso de sublimación es el cambio directo de un sólido a un vapor sin pasar por el estado líquido, que puede ocurrir en algunas sustancias. El ejemplo más común es el uso de "hielo seco" o sea bióxido de carbono para enfriar. EL mismo proceso puede ocurrir con hielo abajo de su punto de congelación, y se utiliza también en algunos procesos de congelamiento a temperaturas extremadamente bajas y altos vacíos. El calor latente de sublimación es igual a la suma del calor latente de fusión y el calor latente de evaporación.



Presión Atmosférica

La atmósfera alrededor de la tierra, que está compuesta de gases como el oxígeno y nitrógeno, se extiende muchos kilómetros sobre la superficie. El peso de esta atmósfera sobre la tierra crea la presión atmosférica. En un punto dado, la presión atmosférica es relativamente constante excepto por pequeños cambios debidos a las diferentes condiciones atmosféricas. Con el objeto de estandarizar y como referencia básica para su comparación, la presión atmosférica al nivel del mar ha sido universalmente aceptada y establecida a 1.03 kilogramos por centímetro cuadrado (14.7 libras por pulgada cuadrada), lo cual es equivalente a la presión causada por una columna de mercurio de 760 milímetros de alto (29.92 pulgadas). En alturas sobre el nivel del mar, la altitud de la capa atmosférica que existe sobre la tierra es menor y por lo tanto la presión atmosférica disminuye.

Tonelada de refrigeración

Un término común que se usa para definir y medir la producción de frío se llama una Tonelada de refrigeración. La cual se define como la cantidad de calor suministrada para fundir una tonelada de hielo (2000 lbs) en 24 horas, esto es basado en el concepto del calor latente de fusión (144 BTU/lb).

Por lo tanto tenemos:

$$2,000 \text{ lbs} \times 144 \text{ BTU/lb} \times \text{día}/24 \text{ hrs} = 1 \text{ T.R.}$$

Por consiguiente una tonelada de refrigeración = 12,000 BTU/h.

$$1 \text{ T.R.} = 3,024 \text{ Kcal/h}; 1 \text{ T.R.} = 3.51 \text{ Kw}$$

Primera ley de la termodinámica

La primera ley de la termodinámica (la rama de la ciencia que trata con la acción mecánica del calor) establece que la energía no puede ser creada ni destruida. Solamente puede convertirse de una forma a otra. La energía en si misma se define como la habilidad de producir trabajo, y el calor es una forma de energía.

Segunda ley de la termodinámica

La segunda ley de la termodinámica, establece que se transfiere calor en una sola dirección, de mayor a menor temperatura; y esto tiene lugar a través de tres modos básicos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación).



Conducción

La conducción se describe como la transferencia de calor entre las moléculas cercanas de una sustancia, ó entre sustancias que están en contacto una con otra, generalmente se tiene una diferencia de temperaturas.

Convección

Otro medio de transferencia de calor es por el movimiento del material calentado en sí mismo cuando se trata de un líquido o gas. Cuando el material se calienta, las corrientes de convección son producidas dentro del mismo y las porciones más calientes de él suben, ya que el calor trae con sigo el decrecimiento de la densidad del fluido y un incremento en su volumen específico.

Radiación

Un tercer medio de transferencia de calor es la radiación que es un fenómeno electromagnético, por medio de ondas similares a las de la luz o a las ondas de sonido. Los rayos del sol calientan la tierra por medio de ondas de calor radiante.



BIBLIOGRAFIA

Apuntes de refrigeración.

- o Prof. Ing. Rubén Marchand Ortega.

Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración.

- o Ing. Eduardo Hernández Garibay. Primera Edición 2003
- o Editorial: Limusa wiley
- o ISBN: 698-18-6170-1

Formulario del Frío.

- o Autor Pierre Rapin y Patrick Jucquard
- o Edit. Alfaomega
- o Edición: 2001
- o ISBN: 84-267-1210-X

Manual ASHRAE Fundamentals

- o Edición 2004

Catálogo de BOHM Equipo de refrigeración.

- o Abril de 1 2007
- o Boletín 306.0
- o BCT-005

Manual de refrigeración.

- o Copeland.
- o Editado en Noviembre del 2005.
- o Boletín 573.1

Manual de refrigeración.

- o KCRACK.

Principios básicos de refrigeración.

- o Industria Gilbert.

Termodinámica.

- o Smith. Van-Ness.
- o Editorial: Mc. Graw-Hill.

Webgrafia:

www.bohn.com