

**DISEÑO DE UNA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN PARA EL
ALMACENAMIENTO DE PIELES DE BECERRO, EN LA EMPRESA CURTIPIEL
EN EL BARRIO SAN BENITO, BOGOTÁ**

**PABLO ANDRÉS SIERRA RODRÍGUEZ
CRISTIAN DAVID RAMÍREZ ZAMBRANO**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE MECÁNICA
BOGOTÁ
2015**

**DISEÑO DE UNA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN PARA EL
ALMACENAMIENTO DE PIELES DE BECERRO, EN LA EMPRESA CURTIPIEL
EN EL BARRIO SAN BENITO, BOGOTÁ**

**PABLO ANDRÉS SIERRA RODRÍGUEZ
CRISTIAN DAVID RAMÍREZ ZAMBRANO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

**DIRECTOR DEL PROYECTO
CARLOS ARTURO MENDOZA NEIRA
INGENIERO MECÁNICO**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE MECÁNICA
BOGOTÁ
2015**

Nota De Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, septiembre de 2015

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, por darme la sabiduría, paciencia, salud, resistencia para sacar adelante la variedad de situaciones que se presentaron en el transcurso de este camino educativo y a mis padres por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios en la educación superior, brindándome siempre su apoyo incondicional para cumplir con la meta de culminar con éxito mis estudios de nivel profesional y poderles obsequiar el regalo más grande de todos que es ser el primer profesional de la familia.

Pablo Andrés Sierra Rodríguez

Inicialmente mis agradecimientos son a mi familia por el apoyo moral y económico que me dieron durante toda mi vida y mi carrera profesional, a Dios por no dejarme caer en los momentos difíciles en la universidad, a la Universidad y a los profesores por el apoyo incondicional en conocimiento y en experiencia que han tenido, y por ultimo a mis amigos por el apoyo moral, por el entusiasmo que me brindan y sus experiencias.

Cristian David Ramírez Zambrano

AGRADECIMIENTOS

A la Institución Universitaria Los Libertadores, por abrirnos las puertas del mundo de la educación superior, a los docentes, personal administrativo y las directivas de la facultad por toda la colaboración suministrada por ellos durante los años que realizamos nuestra carrera profesional.

Al Ingeniero Claudio Moreno, que siempre brindo a los estudiantes otra forma de ver cómo ser mejor cada día tanto como profesional y como persona; siempre buscando la forma de superar nuestros propios límites.

Al ingeniero Carlos Arturo Mendoza Neira, por mostrarnos como nosotros podemos generar cambios drásticos en el mundo tan solo cambiando un par de hábitos, llevándonos a crear el gusto por la investigación y el desarrollo de soluciones prácticas para nuestro diario vivir; y lo más importante por guiar este proyecto donde él ha sido parte fundamental.

CONTENIDO

LISTADO DE CUADROS	9
LISTADO DE TABLAS.....	11
LISTADO DE FIGURAS	12
LISTA DE ANEXOS	14
GLOSARIO.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
RESUMEN.....	19
JUSTIFICACIÓN	20
ALCANCE	21
OBJETIVOS	22
INTRODUCCIÓN	24
1. MARCO TEÓRICO	25
1.1 PROCESO DE CURTIDO DE PIELES.....	25
1.2 COMPONENTES DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA.....	30
1.2.1 EL REFRIGERADOR.....	30
1.2.1.1 AISLANTES.....	33
1.2.2 EL EVAPORADOR.....	38
1.2.2.1 EVAPORADORES DE SISTEMA HÚMEDO	39
1.2.2.2 EVAPORADORES DE SISTEMA SECO.....	40
1.2.2.3 EVAPORADORES DE SISTEMA SEMI INUNDADOS.....	42
1.2.2.4 EVAPORADORES DE AIRE FORZADO.....	43
1.2.3 UNIDAD CONDENSADORA	45
1.2.3.1 COMPRESORES.....	46
1.2.3.2 CONDENSADORES.....	50
1.2.3.2.1 CONDENSADORES DE AGUA	50
1.2.3.2.2 CONDENSADORES MIXTOS	52
1.2.3.2.2 CONDENSADORES DE AIRE	53
1.2.3.3 VÁLVULA DE EXPANSIÓN	55

1.2.3.4	EXPANSIONADOR CAPILAR.....	57
1.2.3.5	REFRIGERANTE.....	58
1.2.3.6	SEPARADORES DE ACEITE.....	63
1.2.3.7	RECIPIENTES DE LÍQUIDO.....	64
1.2.3.8	BOTELLAS DE ASPIRACIÓN.....	64
1.2.3.10	CARTUCHOS FILTRANTES.....	66
1.2.3.11	VISORES DE LÍQUIDO.....	66
1.2.3.12	VÁLVULAS DE RETENCIÓN.....	67
1.2.3.13	DESHIDRATADORES.....	67
2.	INGENIERÍA DE PROYECTO.....	71
2.1	PARÁMETROS DEL DISEÑO.....	71
2.2	CÁLCULOS DEL DISEÑO.....	72
2.2.1	<i>CÁLCULO DEL AISLANTE.....</i>	<i>72</i>
2.2.2	<i>CÁLCULO DEL EVAPORADOR.....</i>	<i>75</i>
2.2.3	<i>CÁLCULO DEL COMPRESOR.....</i>	<i>80</i>
2.2.4	<i>CÁLCULO DEL CONDENSADOR.....</i>	<i>82</i>
2.2.5	<i>CÁLCULO DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN.....</i>	<i>82</i>
2.2.6	<i>SELECCIÓN DE EQUIPOS.....</i>	<i>83</i>
3.	PLANEACIÓN Y DISEÑO DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN.....	83
4.	ADECUACIÓN DEL LUGAR PARA LA CÁMARA.....	93
4.1	ADECUACION DEL LUGAR Y ARMADO.....	93
4.2	MONTAJE DE LA UNIDAD CONDENSADORA.....	94
4.3	MONTAJE DEL CIRCUITO DE GAS REFRIGERANTE.....	94
4.4	CARGA DEL REFRIGERANTE.....	94
4.5	AISLAMIENTO DE LA TUBERIA.....	95
4.6	VERIFICAR LA INSTALACION FRIGORIFICA.....	95
5	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	96
5.1	COTIZACIONES DEL PROYECTO.....	96
5.2	COSTOS ALUMNOS.....	99
6	CONCLUSIONES.....	100

7 BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXOS.....	104
ANEXO N°1	105
ANEXO N°2	113
ANEXO N°3	121
ANEXO N°4	125

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 1. Características de un material para ser aislante

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Cuadro 2. Ecuación fundamental de la conducción.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Cuadro 3. Ecuación de la superficie de la cámara de refrigeración.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Cuadro 4. Ecuación de coeficiente global de transmisión.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Cuadro 5. Ecuación de coeficientes superficiales de transmisión de calor.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Cuadro 6. Tipos de evaporador según su posición.

Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

Cuadro 7. Grafica de un compresor hermético con sus partes.

Fuente: Exerg & TICS, Web del área de máquinas y motores térmicos;
<http://dim.usal.es/eps/mmt/>

Cuadro 8. Clasificación de válvulas de expansión por tipo de refrigerante.

Fuente: Danfoss fitters notes, thermostatic expansion valves. Danfoss ,03-2005

Cuadro 9. Características básicas de un refrigerante.

Fuente: Los Autores

Cuadro 10. Condiciones del ambiente de la cámara de refrigeración.

Fuente: Autores

Cuadro 11. Características de la cámara de refrigeración.

Fuente: Autores

Cuadro 12. Tipos de pérdidas por servicio

Fuente: Autores

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los tipos de aislantes según origen y reino.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Tabla 2. Materiales usados para cámaras de refrigeración y sus características.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Tabla 3. Estados de la superficie dependiendo de la velocidad del aire.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Tabla 4. Grupos de seguridad de los refrigerantes.

Fuente: Alarcón Creus José. Tratado práctico de refrigeración automática. Marcombo

Tabla 5. Características de refrigerante R-134a.

Fuente: Manual de refrigerantes para sistemas de refrigeración.

Tabla 6. Materiales compatibles con el refrigerante R-134a.

Fuente: Manual de refrigerantes para sistemas de refrigeración.

Tabla 7. Conservación de productos.

Fuente: Pierre Rapin-Patrick Jacquard, Formulario del frío. Marcombo

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Recepción de pieles

Figura 2. Fulones para Hidratación de pieles

Figura 3. Descarne de pieles

Figura 4. Tendedores para secar las pieles

Figura 5. Máquina de vacío

Figura 6. Pieles tinturadas y listas para entregar

Figura 7. Componentes de una instalación frigorífica

Figura 8. Cámara de refrigeración modular

Figura 9. Módulos de poliuretano inyectado.

Figura 10. Ábaco psicométrico.

Figura 11. Grafica de flujo de calor por conducción.

Figura 12. Grafica de cambios de estado dentro del serpentín del evaporador.

Figura 13. Evaporador de flotador tipo de inmersión.

Figura 14. Evaporadores de sistema seco de láminas o de tubos.

Figura 15. Serpentín evaporador de tubo liso de expansión directa.

Figura 16. Serpentín evaporador de tubo liso para inmersión.

Figura 17. Evaporadores de placa tipo domésticos.

Figura 18. Evaporadores de placa tipo domésticos.

Figura 19. Variantes de circulación de aire de los evaporadores.

Figura 20. Variantes de instalación para los evaporadores.

Figura 21. Grafica de unidad condensadora Emerson Climate.

Figura 22. Grafica de un compresor centrifugo magnético con partes.

Figura 23. Grafica de un compresor doble husillo o doble tornillo.

Figura 24. Grafica de un compresor de un husillo o tornillo simple.

Figura 25. Condensador contracorriente

Figura 26. Condensador de inmersión

Figura 27. Condensador multitubular

Figura 28. Condensador que funciona con agua y aire al mismo tiempo.

Figura 29. Condensador de circulación de aire forzado.

Figura 30. Ubicación adecuada en la unidad condensadora para el condensador.

Figura 31. Grafica de una válvula de expansión termostática.

Figura 32. Grafica de presión Vs temperatura para los refrigerantes R-12 y HFC-134a.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO N°1. TABLA PSICOMÉTRICA DE BOGOTA

ANEXO N°2. EXPLICACIÓN PARA CREACIÓN DE TABLA DE T, P, H, S.

ANEXO N°3. MANUAL DE SEGURIDAD

ANEXO N°4. MANUAL DE OPERACIÓN

ANEXO N°5. PLANOS DEL DISEÑO DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN

GLOSARIO

Curtiembre: sito o taller donde se trabajan o manipulan las pieles para un proceso de curtido.

Proceso de curtido: es la transformación de cualquier tipo de piel en cuero.

Cloruro de sodio: sustancia blanca y cristalina también denominada sal.

Metales pesados: Metales pesados son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios.

Cámaras de refrigeración: es un sistema capaz de generar temperaturas negativas, hasta niveles térmicos tales que permitan la refrigeración de sustancias diversas y masas determinadas de productos.

Proliferar: intr. Multiplicarse abundantemente el número o la cantidad de alguna cosa.

Marroquinería: f. Manufactura de artículos de piel o tafilete, como carteras, petacas, maletas, entre otros.

Fulón: Cuba química donde son vertidos los cueros.

Cuba: (Del lat. *cupa*) f. Recipiente de madera, que sirve para contener agua, vino, aceite u otros líquidos. Se compone de duelas unidas y aseguradas con aros de hierro, madera, entre otros, y los extremos se cierran con tablas. También se hace modernamente de chapa metálica.

Poliuretano: Resina sintética obtenida por condensación de poliésteres y caracterizada por su baja densidad.

Conductividad térmica: la forma física por la cual se mide la capacidad de un cuerpo para conducir calor.

Higroscopicidad: Propiedad de algunas sustancias de absorber y exhalar la humedad según el medio en que se encuentran.

Coefficiente de conductividad térmica: es una característica que tiene algunas sustancias para expresar la magnitud de la capacidad de transmitir calor.

Catalizador: sustancia que acelera o retarda una reacción química sin participar en ella.

Condensación: es cambio de una sustancia gaseosa a un líquido o sólido.

Temperatura de rocío: es el momento donde el vapor de agua que está contenido en el aire empieza a condensarse.

Abaco psicrométrico: muestra la interdependencia de la humedad relativa, la temperatura seca y la masa de vapor de agua por masa de aire seco con su equivalencia en presión de vapor, en mbar.

Ley de Fourier: es la ecuación que describe la conducción térmica de un elemento.

Resistencia térmica: es la capacidad que tiene un material para oponerse al flujo de calor.

Serpentín: Es tubo largo en línea espiral o quebrada que sirve para facilitar el enfriamiento de la destilación en los alambiques u otros aparatos.

Termostato: es aparato que sirve para mantener automáticamente una determinada temperatura.

Husillo: es un tornillo de hierro o madera que se usa para el movimiento de las prensas y otras máquinas.

Viscosidad: es propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.

Brida: Reborde circular en el extremo de los tubos metálicos para acoplar unos a otros con tornillos o roblones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La facultad de ingeniería de la Institución Universitaria Los Libertadores, da a conocer algunas de las necesidades evidenciadas en la industria de las curtiembres con el propósito de que los estudiantes expongan diversas soluciones para la misma.

Cimentándonos en la propuesta anterior, se encontró que el proceso de curtido inicia en el momento en que la materia prima llega al almacén. Una vez allí, las pieles son sometidas a un procedimiento que pretende mejorar las propiedades de conservación y evitar el rápido deterioro de las mismas, utilizando para esto, sal y metales pesados.

Durante el anterior proceso, todos aquellos fluidos que se desprenden de la materia prima (incluyendo la sustancia aplicada para la conservación) son evacuados por medio del drenaje sin haber sido sometidos a ningún tratamiento que reduzca la contaminación ambiental.

En la actualidad, las grandes empresas contemplan, dentro de su visión organizacional, la protección y el cuidado del medio ambiente, dicho así, la industria del curtido de pieles no puede ser la excepción con lo que se busca reducir la utilización de sustancias tóxicas y el uso responsable de las mismas en lugares diseñados especialmente para esto.

Teniendo en cuenta la iniciativa Libertadora en proporcionar soluciones prácticas y rentables a problemas de sociedad y medio ambiente, se propone el diseño de una cámara de refrigeración para el almacenaje de las pieles que aún no han sido tratadas. Cuyo esbozo se realizará de acuerdo a la cantidad de materia prima, espacio e infraestructura.

RESUMEN

El propósito del presente documento es fomentar el uso de tecnologías limpias; orientadas especialmente a la conservación del medio ambiente y a la manipulación responsable de residuos tóxicos en la industria de las curtiembres.

Para garantizar lo anterior y solucionar una necesidad social y ambiental, fue necesario realizar un estudio que evaluó cada uno de los procedimientos intervinientes en cada una de las etapas del proceso. Dicho análisis se ejecutó en las instalaciones de *CURTIPEIL*, empresa ubicada en Bogotá.

Una vez efectuado el estudio, se proyectó la construcción de cámaras de refrigeración dentro de las instalaciones de la organización para promover prácticas industriales tanto beneficiosas como seguras. Por otra parte, el uso de sustancias químicas presentes durante el proceso de preservación del cuero son también, objeto final de este proyecto.

JUSTIFICACIÓN

La empresa *CURTIPEIL* está ubicada en el barrio San Benito de Bogotá, allí se evidenció lo mencionado anteriormente por lo que se propone el diseño una cámara de refrigeración sustentada en las necesidades físicas y económicas de la organización. Cumpliendo de manera adecuada la función de almacenaje, manteniendo temperaturas adecuadas para evitar la proliferación de bacterias y reduciendo el uso de sustancias tóxicas en las pieles con el fin de disminuir la contaminación del medio ambiente y las redes de alcantarillado. De ésta manera se busca un producto rentable, eficiente, eficaz y de excelente duración.

ALCANCE

El diseño de una cámara de refrigeración se hizo con la finalidad de optimizar el proceso de almacenaje de la materia prima utilizada en el proceso del curtido. Asegurando de esta manera un manejo adecuado de las pieles, procurando también, reducir la cantidad de químicos utilizados.

Para lo anterior se tuvieron contempladas tres etapas: investigación y adquisición de información para la implementación de esta máquina en el proceso de curtido. Segundo, selección de posibles diseños que cumplan factores de eficiencia, economía y cuidado del medio ambiente. La etapa final consiste en la presentación del diseño final y el respectivo manual de ensamble de la cámara de refrigeración tanto a la Institución Universitaria Los libertadores, como a la empresa *CURTIPEIL*.

Además invita a otros estudiantes de la Institución Universitaria Los Libertadores a aplicar sus destrezas y conocimientos para el progreso de la industria de nuestro país.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar una cámara de refrigeración para conservar las pieles vírgenes de becerro durante un periodo de 5 a 6 días en condiciones óptimas, beneficiando la calidad y aprovechamiento de la materia prima empleada en el proceso de curtido de piel para la empresa *CURTIPIEL*.

Objetivos Específicos

- Documentar sobre el funcionamiento de los cuartos de refrigeración y en qué áreas se emplean.
- Determinar el lugar donde puede ubicarse dentro de la empresa para tener un tamaño aproximado de la cámara de refrigeración.
- Determinar las cargas térmicas del sistema para generar un ambiente dentro de la cámara de refrigeración con la temperatura ideal para que las pieles no se dañen y se puedan almacenar por algunos días.
- Seleccionar los materiales para el correcto diseño de la cámara de refrigeración.
- Diseñar un sistema de control para manejar los líquidos que segregan las pieles.
- Consultar los costos de los accesorios y partes principales bajo las necesidades que requieren ser resueltas en el proyecto.

- Plantear varias propuestas de diseño enfocándose a la eficiencia y acceso rápido a las pieles.
- Elaborar los planos de construcción y montaje del sistema diseñado.
- Elaborar un manual del montaje del equipo.

INTRODUCCIÓN

El incremento de las investigaciones relacionadas con el cuidado del medio ambiente es un factor concluyente en la toma de decisiones de muchas compañías.

La contaminación de fuentes hídricas y sistemas de alcantarillado evidenciado en los procesos de curtido de pieles es un tema de controversia, ambientalmente hablando. Por tal motivo, y con el ánimo de reducir los índices de contaminación ocasionados en esta industria, hemos procurado centrar nuestra atención en dichos procesos.

El diseño de una cámara de refrigeración presenta una alternativa de almacenaje a la industria de las curtiembres. El funcionamiento, componentes y sistemas se basan en los cálculos realizados para la selección de equipos de refrigeración. Por otra parte estos mismos fueron establecidos en relación a los parámetros requeridos por la empresa y el proceso de almacenaje de pieles en sí mismo.

El proyecto está enfocado principalmente en el diseño de una cámara de refrigeración para reducir el impacto ambiental. Adicionalmente se evaluó la viabilidad económica y el beneficio que se espera obtener.

Como documentación anexa a este documento, se anexa lo siguiente:

- Manual de ensamble.
- Planos de la cámara de refrigeración.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 PROCESO DE CURTIDO DE PIELES

Las curtiembres son empresas las cuales reciben las pieles de animales criados por el hombre (normalmente ganado vacuno de corta edad), con el objetivo de obtener un material apropiado para la marroquinería.

El proceso que se realiza para la obtención de este material inicia con la recepción de las pieles al área de trabajo, si la cantidad recibida es poca para dar inicio a la producción se le aplica cloruro de sodio diluido en agua y se deja sobre una estiba a la espera de la llegada de las pieles faltantes; al estar ya la totalidad de pieles para el proceso estas son ingresadas en “bombos” o fulones con el fin de eliminar las impurezas (sangre, barro, sal, entre otras).



Figura 1. Recepción de pieles
Fuente: Los Autores

Seguidamente se remoja para devolver a la piel su estado de hidratación natural. La cantidad de tiempo empleado para realizar estas dos operaciones oscila entre las 18 horas. Luego de completar este lapso de tiempo, se realiza el pelambre, el cual consiste en la remoción de pelo y de la epidermis. En esta fase se observa el hinchamiento de la piel, factor que favorece el siguiente paso: descarnado.

En el pelambre se ingresan nuevamente las pieles a los fulones, añadiéndole esta vez, sulfuro de sodio. Dependiendo del tipo de piel se mezcla adicionalmente con sulfhidrato de sodio (ambas sustancias actúan como depilador en la piel), este proceso tiene una duración de 24 horas aproximadamente sin que la piel sufra daños en su textura.

El descarnado tiene dos formas de realizarse, manual o mecánicamente. Habitualmente la forma manual es realizada por una persona la cual apoya la piel en una base de madera de forma cilíndrica paralela al suelo con una inclinación aproximada de 45 grados desde el suelo a su punto más alto. La persona encargada de este proceso retira las carnosidades, la grasa y los trozos de piel deteriorada con un cuchillo. En la forma mecánica, la descarnadora posee unas cuchillas en espiral, la piel transita por medio de ellas y dejan la piel limpia y uniforme sin ningún tipo de residuo.



Figura 2. Fulones para Hidratación de pieles
Fuente: Los Autores



Figura 3. Descarne de pieles
Fuente: Los Autores

El desencalado es el paso siguiente del proceso. Este tiene como objetivo la eliminación de la Cal que la piel ha obtenido en las capilares durante los procedimientos anteriores y, produce que la misma se deshinche dejándola un relativamente más blanda.

El rendido o purga, a través de colonias de hongos o bacterias, se ejecuta con el objeto de deshinchar aún más la piel aflojando la raíz de pelo anclada en la piel (también llamado repelo). En este momento es importante tener en cuenta que, entre más suave y caído sea el cuero más intenso deberá ser el rendido.

El desengrase consiste en eliminar en su totalidad las grasas que impiden un buen curtido o que puedan ocasionar manchas o erupciones significativas en la piel. Estos dos últimos procedimientos juntos se denominan piquelado.

El curtido indica la transformación de la piel a cuero. Este proceso cumple con el objetivo de impedir la putrefacción del mismo, mejorar su apariencia y propiedades físicas. Para que esto se cumpla, se utilizan ciertos tipos de curtidores vegetales o de sales de cromo. Algunas veces se utilizan otros que más fuertes como el alumbre, circonio o formaldehído. Es común que las curtiembres utilicen sales de cromo para obtener mejores resultados de calidad del cuero.

Una vez terminada la curtición, se da lugar al escurrido, el cual consiste en colocar las pieles sobre un caballete para evitar la formación de manchas de cromo, estas se deben dejar en reposo durante 24 a 48 horas para tener un secado uniforme.

Cuando los cueros están totalmente secos se pasa a una máquina comúnmente denominada, rebajadora, en este momento se busca conseguir una espesura uniforme para el tipo de cuero que se esté trabajando. La máquina es operada por una sola persona y consta de un cilindro con cuchillas helicoidales. Los problemas que se pueden presentar en esta operación pueden ser causados por algún error en los procesos anteriores y se reflejan en este momento.



Figura 4. Tendenederos para secar las pieles
Fuente: Los Autores



Figura 5. Máquina de vacío
Fuente: Los Autores

El neutralizado es una parte esencial para el proceso de tintura de los cueros puesto que antes de comenzar la recurtición hay que neutralizar el cuero y regular su pH, con la finalidad de disminuir todos los ácidos que aún se encuentran en el cuero húmedo, si no se realiza este proceso adecuadamente en la estación de tinturas los colorantes no tendrán una absorción adecuada y tendrá un resultado regular, otro inconvenientes son irritación al contacto con la piel humana, oxidación de cualquier superficie metálica, degrada y rompe los hilos con que se hacen las costuras de los artículos.

El recurtido es similar al curtido, se diferencia esencialmente por concentración de químicos que influyen en el proceso. Su objetivo es mejorar las propiedades de resistencia, absorción de tintes y la obtención de texturas más suaves y blandas. En este proceso también se hace la clasificación de cueros dependiendo de qué función van a cumplir y así mismo determinar el tipo de recurtido que se les practicará.

En este momento inicia la parte estética y de ornamentación del cuero, el teñido le concede una coloración determinada al cuero. El engrase se considera el último procedimiento húmedo del cuero y consiste en incorporar sustancias grasas en las

fibras del cuero para que este sea más suave y flexible. Además, aumenta su resistencia al desgarro y a la tracción.

Posteriormente se procede con el secado, probablemente considerado el procedimiento más delicado ya que, de efectuarse erróneamente puede afectar las propiedades y características obtenidas en los procedimientos anteriores, se recomienda tener en cuenta espesor del cuero, temperatura;



Figura 6. Pieles tinturadas y listas para entregar
Fuente: Los Autores

El acondicionamiento del cuero se realiza por medio de una re-humectación uniforme al cuero brindándole a este entre un 28% - 30% de humedad, este proceso dura dependiendo el cuero hasta 24 horas.

En los anteriores procedimientos, el cuero desarrolló una compactación de fibras que le aportó la rigidez suficiente para soportar la humedad. De esta manera también se evita perder el proceso de engrase y se realiza una actividad para ablandado, cuyo objetivo consiste en soltar las fibras y promover la acción lubricante del procedimiento de engrase, esperando mayor flexibilidad y blandura.

Después del ablandamiento de la piel, se deben ejecutar diversos procesos de secado y recorte de las partes in-aprovechables de la piel. Finalmente se clasificaran los cueros en base a su tamaño, espesor, calidad, entre otros.

El esmerilado pretende mejorar el aspecto del cuero, para ello se desempolva el cuero quitándole todos los residuos dejados por el paso anterior con ayuda de unos cepillos y aire comprimido.

Cuando el cuero llega a su última etapa se obtiene la apariencia final. La importancia del acabado rectifica la tonalidad deseada en el cuero aplicándole algún colorante. Las diferencias de absorción, la introducción de resinas para mejoras sus características de resistencia y la determinación de las propiedades del artículo.

1.2 COMPONENTES DE UNA CÁMARA FRIGORÍFICA

Los principales componentes de una cámara de refrigeración son el refrigerador, el evaporador y la unidad condensadora.

1.2.1 EL REFRIGERADOR

Es la estructura o cuarto en donde se pretende almacenar las pieles. Dicho cuarto tendrá una temperatura inferior a la del medio ambiente. Este tiene tres zonas de aislamiento, el suelo, las paredes verticales y el techo, en la ellas se coloca el tipo de aislante que va a ser utilizado para la construcción del mismo.

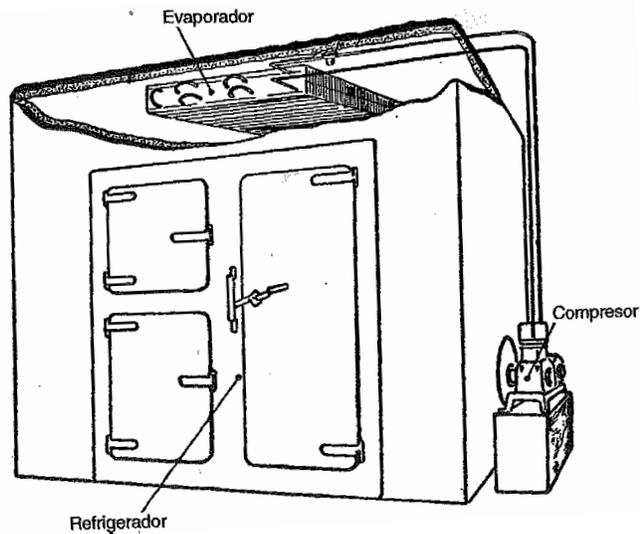


Figura 7. Componentes de una instalación frigorífica
 Fuente: Creus, José Alarcón. Tratado práctico de refrigeración automática, 12ª edición. Marcombo

En el suelo, se debe realizar un trabajo diferente al de las otras zonas; al inicio se debe formar un “sándwich” aplicando una capa de hormigón con cierto tipo de inclinación, poner aislante en el medio y colocar losas de hormigón de grava con un mayado dentro de ellas. Por último se instala una capa de baldosas, todo esto con el fin de prevenir el congelamiento del suelo puesto que estará expuesto a temperaturas bajo cero.

Las paredes, son el soporte para el techo, éstas están constituidas por dos capas de aislante, aglomerado o ladrillos de cemento y baldosas de loza si las temperaturas son positivas ($< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$).

El techo, tiene una composición similar que las paredes, la mayor diferencia es en la manera en cómo se sujetan las capas, las clavijas deben estar sujetas a un mallado de vigas que puedan soportar el peso de las capas que componen mismo.

En la actualidad las cámaras de refrigeración se construyen de una forma más práctica, se les denomina construcción modular; la base, las paredes y el techo son construidos por materiales más livianos como el poliuretano extendido formando un “sándwich” de aproximadamente 60 mm a 160 mm, lo que permite acoplar dispositivos mecánicos que permitan la unión de cada uno de los paneles.

La parte del suelo normalmente está puesta sobre unas vigas que permiten una ventilación natural, esta parte también tiene compuestos que resisten la carga de los elementos que se van a introducir y el factor de seguridad que este debe tener para el ingreso de personas a la cámara. Normalmente se utiliza un revestimiento de resinas de poliéster para generar una superficie antiderrapante.

Estas construcciones modulares permiten variar sus dimensiones según la necesidad de la empresa que lo requiera, la altura promedio de cada uno de los módulos está entre 2 y 3.20 metros.

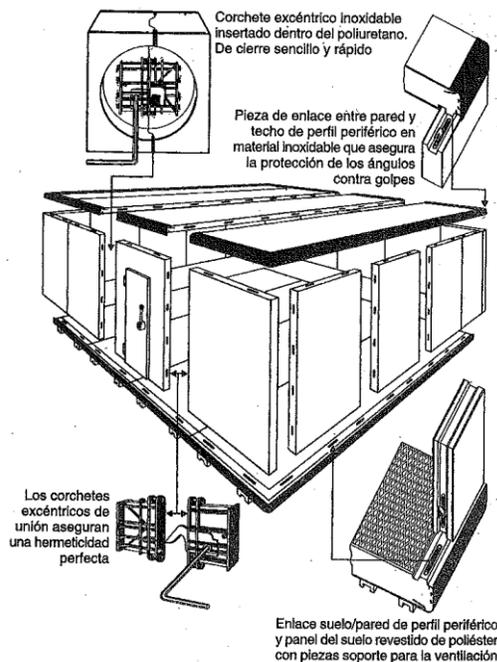


Figura 8. Cámara de refrigeración modular
Fuente: Pierre Rapin-Patrick Jacquard, Formulario del frío. Marcombo

1.2.1.1 AISLANTES

El objetivo principal de los aislantes es mantener la temperatura interna de la cámara de refrigeración, evitando la transferencia de calor. Los materiales aislantes tienen características y aspectos importantes que deben ser tenidos en cuenta: conductividad térmica, higroscopicidad.

La forma de construcción, se descarta muchas veces por la falta de peso específico o adecuado y por lo tanto, no sirven como aislantes. Se debe contar con puentes térmicos que pueden generarse.

A continuación se mencionaran algunas de las características primordiales que los materiales deben cumplir para que ser aislantes.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES PARA SER AISLANTES	<ul style="list-style-type: none">- Baja conductividad- Muy poco higroscópico- Imputrescible- Inatacable por los roedores- Inodoro- Incombustible- Plástico- Facilidad de colocación- Resistencia a la compresión y a la tracción- Neutro a otros materiales utilizados en la construcción.
---	--

Cuadro 1. Características de un material para ser aislante

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Los aislantes se pueden clasificar de acuerdo a su origen, estructura y temperatura, dependiendo de su clasificación varían en su forma, costo y uso; como se muestra:

Origen	Reino	Aislantes
Inorgánico	Mineral	Kieselguhr, magnecia, amianto, fibra de vidrio, lana de roca, lana de basalto, vidrio celular o expandido, piedra pómez, vermiculita, perlita, silicato, espuma de vidrio, espumas de urea.
Orgánico contemporáneo	Vegetal	Corcho (aglomerado, embreado, expandido, fibra de madera, paja, coco, algas, algodón, crin vegetal, entre otros.
	Animal	Fieltro, lana, seda, crin animal.
Orgánico geológico	Aislantes sintéticos	Espumas de poliestireno (expandido y extruido), espumas de poliuretano, espumas de P.V.C. expandido, espumas de goma o caucho celular, espumas de resinas de fenol, espumas de polietileno.

Tabla 1. Clasificación de los tipos de aislantes según origen y reino.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Los materiales aislantes se aplican según su uso o superficie a recubrir. Se hace mención de algunos materiales utilizados en el área de construcción de cámaras frigoríficas:

Aislante	Estructura	Peso específico aprox. (Kg/m ³)	λ (Kcal/h m °C)	Resistividad al V. de agua (mm Hg m ² día/g cm)	Max. Temp. (°C)
Aglomerado de corcho	Celular	110	0.034	0.08	65
Fibra de vidrio	Fibrosa	10-91	0.038-0.031	0.007	250-500
Lana de roca	Fibrosa	30-150	0.036-0.040	0.008-0.009	593-1000
Poliestireno expandido	Celular	10-25	0.049-0.028	0.12-0.22	70
Poliestireno extrusionado	Celular	33	0.024-0.028	0.45-0.90	85
Poliuretano	Celular	32-80	0.020-0.034	0.066-0.166	140
Espuma elastomerica	Celular	60	0.029	41.6	-40 a +105
Coquillas de lana de roca	Fibrosa	110-180	0.036	0.008-0.0009	500
Cubretuberías	Fibrosa	110-315	0.038	0.037	120

Tabla 2. Materiales usados para cámaras de refrigeración y sus características.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Para este caso será utilizada la espuma de poliuretano inyectado, considerado el aislante más común para la construcción de paneles prefabricados en la actualidad.

Este material es obtenido por la reacción entre dos componentes (poliol y nato) con ayuda de catalizadores, con esto se obtiene una espuma rígida en forma de bloque que luego puede ser cortado a las medidas deseadas, Otra forma de elaboración se realiza en máquinas de producción continua, estas generan placas con espesores comerciales y con revestimiento de barreras anti-vapor o sin él.

Normalmente la densidad del material varía entre 30 a 40 Kg/m³ utilizado en trabajos corrientes. Puede llegar hasta 80 Kg/m³ ya que la resistencia del material aumenta la densidad del mismo. Por ejemplo se resiste de 2 a 3 Kg/cm² para densidades de 35 a 40 Kg/m³ a 20°C.

Es importante tener en cuenta que en la cámara frigorífica el aislante estará expuesto al fenómeno de la condensación, el cual aumenta el coeficiente de conductividad térmica. Cuando la temperatura del exterior disminuye al punto de llegar a la temperatura de rocío, es posible que la condensación que humedecería el aislante y el cerramiento. Para evitar dicha condensación, la temperatura en cualquier punto del cerramiento debe ser superior a la temperatura del rocío, la cual es definida con el diagrama psicométrico.



Figura 9. Módulos de poliuretano inyectado.

Fuente: Térmica San Luis, Buenos Aires, Argentina. <http://www.termicasanluis.com.ar/>

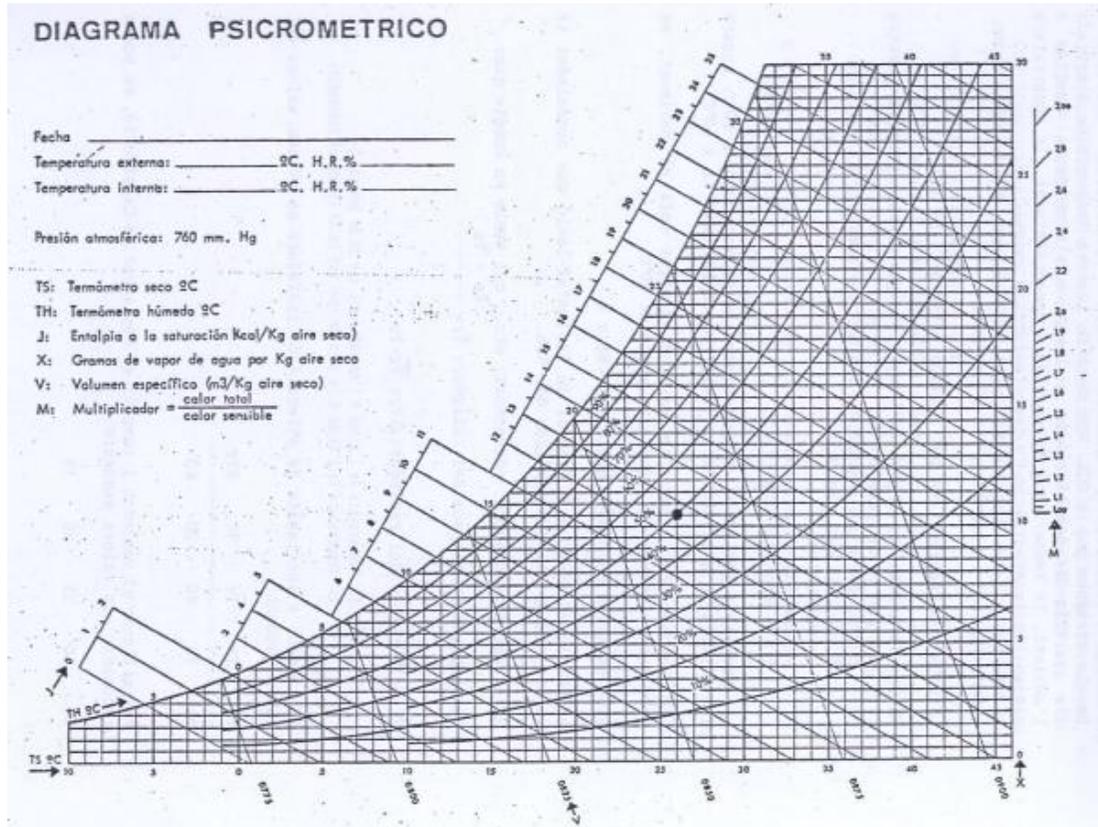


Figura 10. Ábaco psicrométrico.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Para identificar cual es la cantidad de flujo de calor que es capaz de pasar a través de la pared de poliuretano inyectado se aplicara la ley de Fourier, teniendo en cuenta que la transmisión de calor se está realizando por conducción térmica.

La conducción térmica es el paso de calor en un material sin alterar su composición física cuando dos partes del mismo están expuestas a diferentes temperaturas, cuando un material tiene facilidad/dificultad para la propagación del calor por conducción, este se denominado: coeficiente de conductividad térmica (λ).

LEY DE FOURIER	$Q = S * \left(\frac{\Delta T}{R} \right) = S * K * \Delta T$
----------------	--

Cuadro 2. Ecuación fundamental de la conducción.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Donde el flujo de calor (Q) es igual a la superficie total de la pared (S) por el cociente de la diferencia de temperaturas (ΔT) sobre la resistencia térmica (R); La resistencia térmica es el inverso de la conductancia térmica ($C = \lambda/e$).

CALCULO DE LA SUPERFICIE	$S = 2 [(ancho * profundo) + (ancho * alto) + (alto * profundo)]$
--------------------------------	---

Cuadro 3. Ecuación de la superficie de la cámara de refrigeración.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

El coeficiente global de transmisión (K) es el resultado de la suma de las inversas de h_e (la suma del coeficiente de transmisión por convección y el coeficiente de transmisión por radiación en el exterior), h_i (la suma del coeficiente de transmisión por convección y el coeficiente de transmisión por radiación en el interior) y la resistencia térmica global o resistencia térmica interna.

Coeficiente global de transmisión	$K = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_i}}$
-----------------------------------	---

Cuadro 4. Ecuación de coeficiente global de transmisión.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

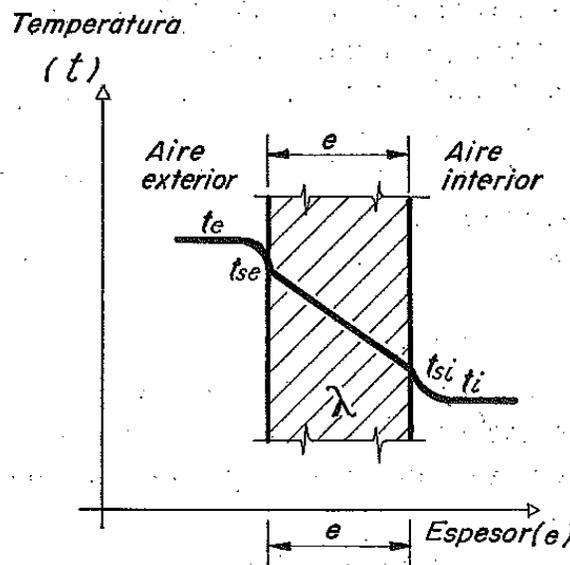


Figura 11. Grafica de flujo de calor por conducción.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Los coeficientes superficiales de trasmisión de calor se plantean dos formas: por medio de resultados experimentales según la posición del encerramiento y el flujo de calor o mediante la fórmula de Jurgens la cual fue utilizada por Pizano (1993) y Torrela y Palau (1988) para poder estimar un valor aproximado en superficies planas.

FORMULA DE JURGENS	$h = a + b * V^n$
---------------------------	-------------------

Cuadro 5. Ecuación de coeficientes superficiales de transmisión de calor.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Donde V, es la velocidad del aire en metros sobre segundo (m/s), basándonos en la tabla de estado de superficies, se determinan los valores para a y b:

<u>ESTADO DE LA SUPERFICIE</u>						
	V < 5 m/s			V > 5 m/s		
	a	B	n	A	b	n
Pulida	4,83	3,30	1	0	6,17	0,78
Rugosa	5,32	3,70	1	0	6,54	0,78

Tabla 3. Estados de la superficie dependiendo de la velocidad del aire.

Fuente: Melgarejo Moreno Pablo. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. A Madrid Vicente Ediciones

Conociendo el espesor del aislante ya se puede determinar el coeficiente global de transmisión de calor e identificar qué tan eficiente es y si sirve para el diseño de la cámara de refrigeración.

1.2.2 EL EVAPORADOR

Este componente de la cámara de refrigeración, es un recipiente cerrado con paredes metálicas, el cual sirve para absorber la temperatura alta de la cámara, de esta manera se espera obtener la temperatura deseada.

Antes de que el refrigerante pase por el evaporador este es estrangulado por la válvula de expansión, la cual lo vuelve fluido de baja presión que llega rápidamente a su punto de ebullición.

Por medio de las burbujas se genera la absorción de calor a medida que avanza por el serpentín del evaporador; a medida que retira el exceso de temperatura el refrigerante se vuelve vapor húmedo, es decir el vapor del refrigerante arrastra gotas del líquido que hay en la tubería, cuando ya todas las gotas de líquido se han evaporado se dice que está en la zona de vapor saturado.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que si se aumenta la temperatura o la presión de evaporación, una porción de este vapor puede condensarse volviendo a ser vapor húmedo, pero si sucede lo contrario (cae la presión o la temperatura) se presentara una expansión del vapor reduciendo su densidad.

A medida que absorbe más temperatura del ambiente que se quiere enfriar, el vapor saturado llega a su punto más alto de temperatura de saturación a la presión de evaporación que tenga, este se denomina vapor recalentado.

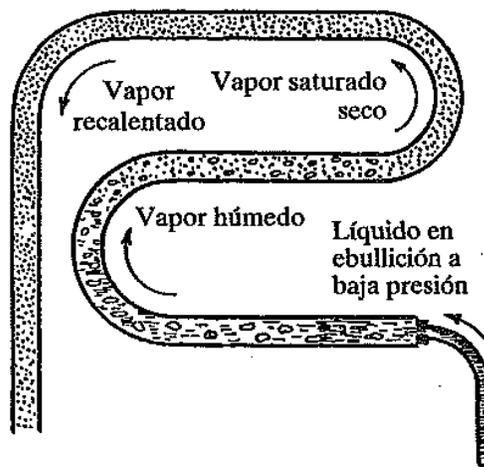


Figura 12. Grafica de cambios de estado dentro del serpentín del evaporador.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

1.2.2.1 EVAPORADORES DE SISTEMA HÚMEDO

Los evaporadores que funcionan con un sistema húmedo, tienen un deposito cilíndrico el cual tiene una válvula de flotación que controla el nivel del líquido, el

nivel normal es aproximadamente cuatro quintas partes del depósito, los vapores que se desprenden por la ebullición llenan el resto de espacio de dicho depósito.

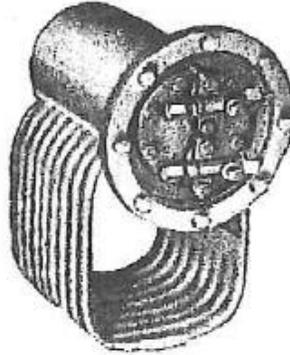


Figura 13. Evaporador de flotador tipo de inmersión.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

Este tipo de evaporadores son altamente eficientes porque toda la superficie se encuentra llena de refrigerante y permite que sea obtenida una ebullición de toda la masa del refrigerante, lo que lleva a una excelente absorción de calor en la superficie del evaporador.

1.2.2.2 EVAPORADORES DE SISTEMA SECO

Cuando se hace referencia a evaporadores de sistema seco, se habla de sistemas que traen la cantidad necesaria de líquido refrigerante, dentro de este tipo de evaporadores se encuentran los que están contruidos en tubo liso y los que son de tipo de lámina.

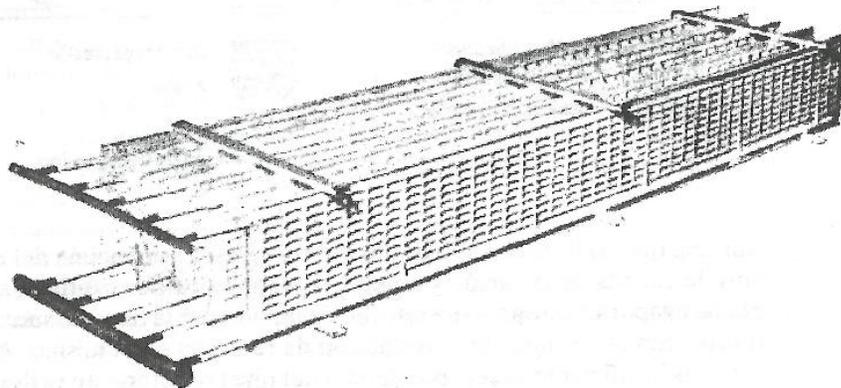


Figura 14. Evaporador industrial de placas.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

Los evaporadores de tubos lisos son construidos de acuerdo a la forma del lugar donde serán colocados y la capacidad frigorífica que se necesite, el material más conveniente para esto son los tubos de cobre, dependiendo de la necesidad se encuentran en los siguientes diámetros así:

	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Pulgadas (Inch)	1/2	5/8	3/4
Milímetros (mm)	10-12	14-16	18-20

Tabla 4. Diámetros de tubería para los evaporadores.

Fuente: Alarcón Creus José. Tratado práctico de refrigeración automática. Marcombo

Normalmente en instalaciones comerciales se emplean tubos de cobre con diámetro de 3/8" (8-10 mm), al reducir el diámetro se incrementa la velocidad del refrigerante aumentando la eficiencia del evaporador y reduciendo el uso de refrigerante por lo cual se caracteriza este tipo de evaporadores.

Las dos principales aplicaciones de este tipo de evaporadores son:

1. Enfriamiento de cámaras o armarios por expansión directa.

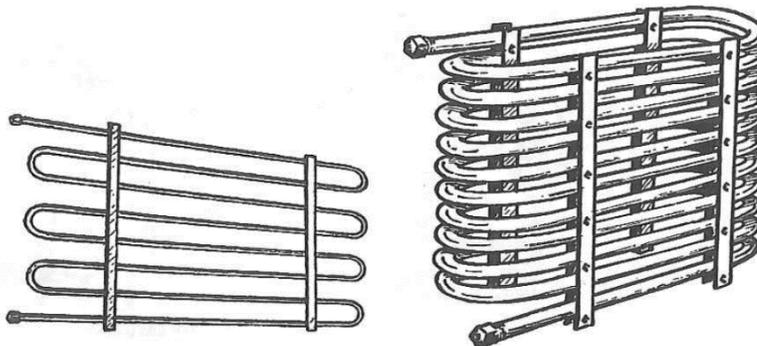


Figura 15. Serpentín evaporador de tubo liso de expansión directa.

Fuente: Alarcón Creus José. Tratado práctico de refrigeración automática. Marcombo

2. Enfriamiento de baños líquidos por inmersión en los mismos.

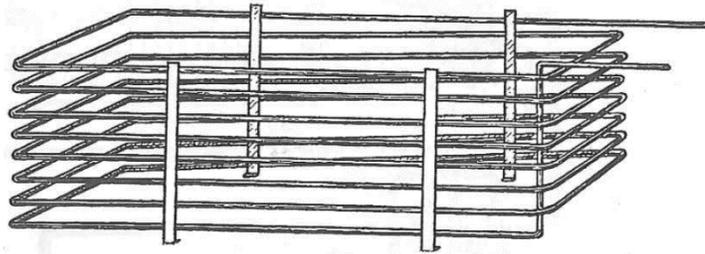


Figura 16. Serpentín evaporador de tubo liso para inmersión.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

Los evaporadores de lámina o placas, son construidos a partir de la unión de dos láminas que forman tubos por los cuales se evapora el refrigerante; normalmente son empleados para el almacenamiento de cremas heladas y productos congelados en muebles pequeños.

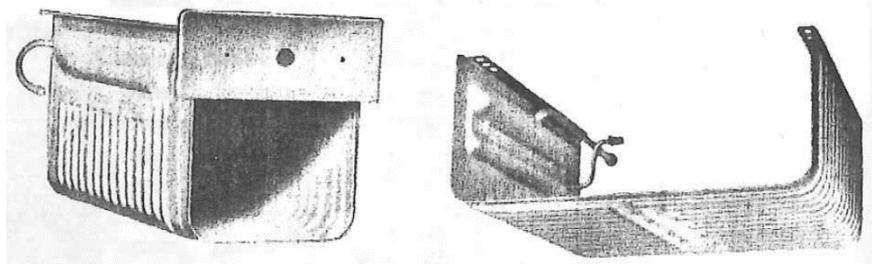


Figura 17. Evaporadores de placa tipo domésticos.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

1.2.2.3 EVAPORADORES DE SISTEMA SEMI INUNDADOS

Este tipo de evaporadores está conformado por varias secciones de tubos que tienen una entrada en común que tiene un diámetro un poco mayor que el de los tubos, en el otro extremo su conector de salida posee un diámetro mayor que el de entrada donde se realiza de una manera uniforme la aspiración del fluido que se encuentra dentro del evaporador.

Es de vital importancia que al momento de instalar estos evaporadores es que deben estar perfectamente a nivel, con el fin de que la distribución del líquido sea igual a través de todos los tubos; El sistema de semi inundados también se aplica a los diferentes tipos de evaporadores (de tubo, los de tubo y lamina, de placa y de aire forzado).

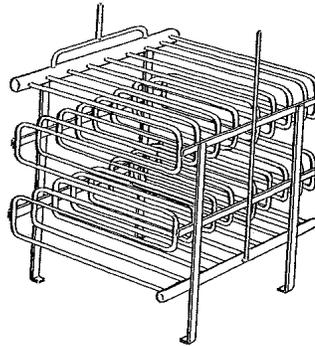


Figura 18. Evaporadores de placa tipo domésticos.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

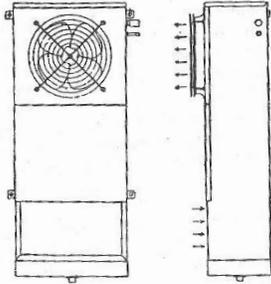
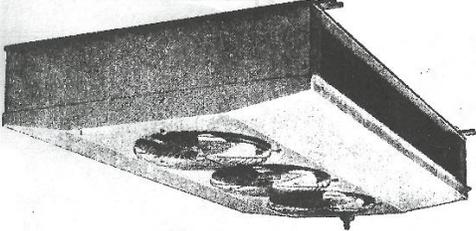
1.2.2.4 EVAPORADORES DE AIRE FORZADO

La forma de construcción de este se basa en un serpentín de tubo de cobre al cual van adheridas una aletas, trabaja bajo el régimen de semi inundado, este está ubicado normalmente en una caja metálica con un ventilador dirigido hacia el generando una circulación de aire forzado.

Al forzar el paso del aire por el evaporador se destacan grandes ventajas en comparación a los de circulación por gravedad, estas son:

- Forma más compacta.
- Tamaño más reducido.
- Facilidad de instalación.
- Obtención de una temperatura más uniforme, debido a la rápida circulación del aire.

El motor del ventilador es controlado automáticamente por un termostato que está ubicado en la parte media y opuesta al lugar donde está ubicado el ventilador, y como en los casos anteriores la válvula de expansión se ubica en la parte inferior del serpentín. Dentro de estos evaporadores existen 2 clases:

<p>Evaporador de aire forzado vertical</p>	<p>También se conoce como evaporador de pared, se ubica normalmente en frente de la compuerta de descarga.</p>	
<p>Evaporador de aire forzado horizontal</p>	<p>También se conoce como evaporador de techo, se utiliza en lugares de poca altura.</p>	

Cuadro 6. Tipos de evaporador según su posición.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado práctico de refrigeración automática. Marcombo

La circulación del aire en este tipo de evaporadores tiene dos variantes, en la primera el sentido del aire se descarga por la parte frontal siendo aspirado por el motoventilador que se encuentra en la parte posterior del evaporador; en la segunda se denomina circulación de aire invertida porque el motoventilador está en la parte frontal donde cumple la función de aspirar y descargar el aire de la cámara de refrigeración.

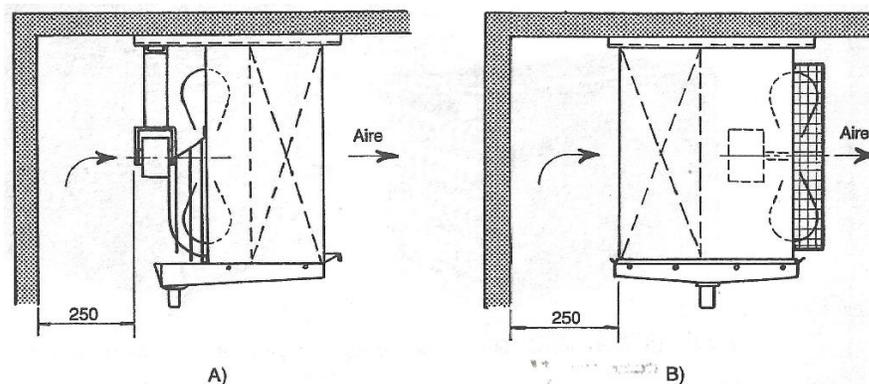


Figura 19. Variantes de circulación de aire de los evaporadores.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado práctico de refrigeración automática. Marcombo

Con esta última variante se mantiene una velocidad constante en toda la cámara de refrigeración aumentando su rendimiento y proyecta más lejos el aire enfriado puesto que la resistencia de la descarga es menor.

Para la instalación de este tipo de evaporador dentro de las cámaras de refrigeración se recomiendan ciertas ubicaciones para un buen rendimiento del mismo, como se verá a continuación:

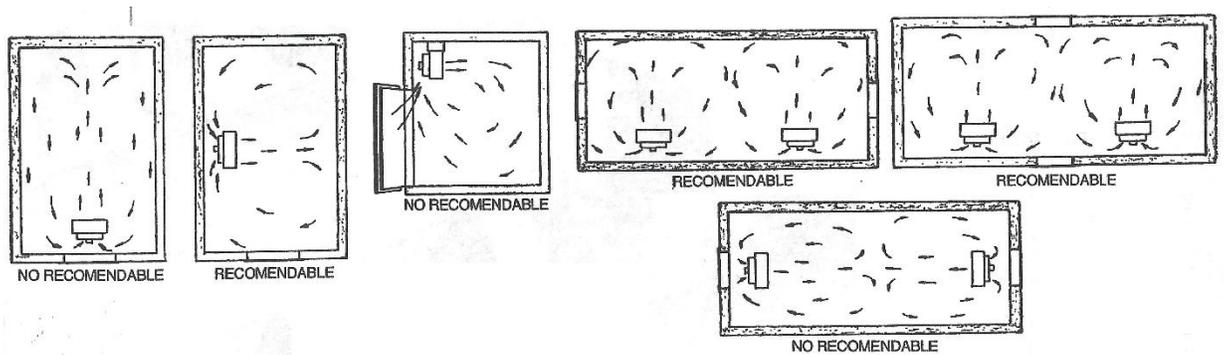


Figura 20. Variantes de instalación para los evaporadores.

Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

1.2.3 UNIDAD CONDENSADORA

La unidad condensadora de un sistema de refrigeración consta de los siguientes componentes: compresor hermético, condensador, botella recuperadora de líquido, filtro secador y mirilla de ojo visor.



Figura 21. Grafica de unidad condensadora Emerson Climate.

Fuente: Emerson Climate Technologies, http://www.emersonclimate.com/es-LA/products/condensing_units/Pages/hermetic_condensing_units.aspx

1.2.3.1 COMPRESORES

Su funcionamiento es administrar la distribución del refrigerante absorbiendo energía de las áreas frías y transmitiéndola a áreas más calientes dentro de la unidad; los compresores alternan el refrigerante de baja a alta presión.

Estos compresores se clasifican en

- Abierto: se usan para aplicaciones grandes en las cuales se tiene un motor eléctrico externo.
- Sellados: sellados herméticos son los que están encerrados dentro de la unidad lo que es ideal para los aparatos caseros.

TIPOS DE COMPRESORES

- **Compresores centrífugos:**

Estos cuando operan a plena capacidad son muy eficientes, presionando el vapor refrigerante de uno o varios impulsores, estos se pueden controlar pasando gas caliente de un puerto a otro, aunque es una manera ineficiente de utilizar una unidad de este tamaño.

Una unidad de gran tamaño se puede controlar a través de un control de velocidad, de paso variable y amortiguadores de succión; es muy útil para administrar un sistema muy grande en un entorno industrial.

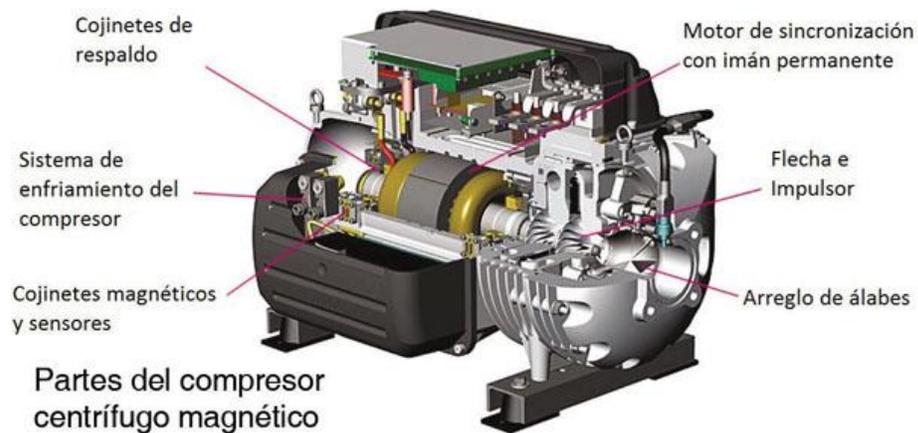


Figura 22. Grafica de un compresor centrifugo magnético con partes.
Fuente: Revista digital MUNDO HACER, <http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2012/05/nueva-generacion-de-compresores-centrifugos-magneticos/>

- **Compresores de tornillo**

Estos pasan el refrigerante a través de husillos mientras comprimen la entrada de gas; Usados normalmente en entorno de producción de alimentos.

Estos compresores suelen tener uno o dos husos y se distinguen como compresores de uno o dos tornillos.

Compresores de dos tornillos: tienen dos rotores estriados que succionan y comprimen el refrigerante a lo largo del sistema.



Figura 23. Grafica de un compresor doble husillo o doble tornillo.
Fuente: Revista MUNDO HACER, edición 2014.

Compresores de tornillo: su ventaja es que pueden manejar grandes cantidades de refrigerante es su estabilidad, pues evitan algunas de los problemas de vibración de otros sistemas.

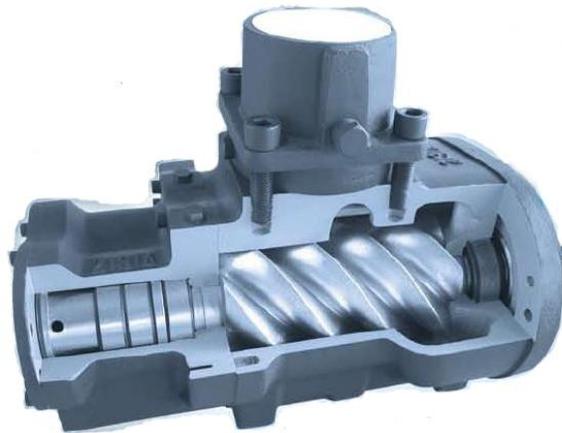


Figura 24. Grafica de un compresor de un husillo o tornillo simple.
Fuente: Revista MUNDO HACER, edición 2014.

- **Compresores volumétricos**

Estos compresores funcionan por la variación de volumen en el interior, el cual fue aspirado previamente. Estos compresores volumétricos funcionan con refrigerantes R134a y R404a.

A grandes rasgos se trata de bombas de aire que en cada ciclo desplazan un volumen determinado de aire.

- **Moto compresores**

Es la unión de un motor y un compresor. Lo cual hace el que motor haga girar un eje y el compresor aprovecha ese giro para comprimir el aire u otro fluido (refrigerante).

Moto compresor hermético

Su función es disminuir el tamaño y el costo del compresor como tal es ampliamente utilizado en equipos unitario de escasa potencia. El motor eléctrico se encuentra directamente montado en el cigüeñal del compresor aunque el cuerpo está totalmente sellada con soldadura.

En el aspecto de fallas y reparaciones es una desventaja ya que fue sellada con soldadura la única forma de abrirlos es cortar la carcasa.

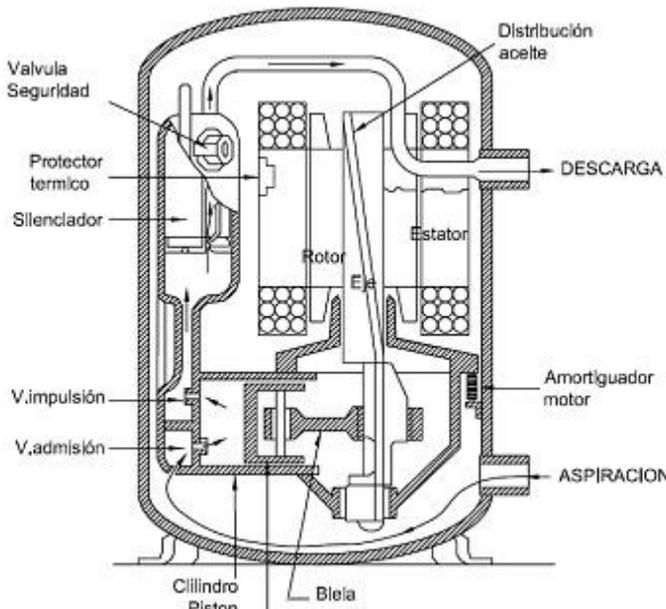
Moto compresores herméticos rotativos

Estos consisten en un movimiento de las piezas de compresión no están sujetas a cambios de sentido

Estos utilizan la acción giratoria de un rodillo dentro de un cilindro para comprimir la refrigeración. Teniendo en cuenta el diseño de estos compresores tienen menos partes que otros tipos de tecnología de compresión y tienen diversas aplicaciones.

Moto compresores herméticos accesibles

Estos compresores trabajan con una potencia entre 500 y 500.000 vatios a diferencia del moto compresor hermético estos motocompresores herméticos accesibles tienen partes que se pueden reparar sin dañar la carcasa como lo son:

PARTES DEL COMPRESOR	GRAFICO DEL COMPRESOR
<ul style="list-style-type: none">-El plato de válvulas-Los pistones-Las bielas-El eje-Dispositivo de lubricación-Silenciador-Protector térmico-Válvula de seguridad-Rotor	 <p>El diagrama muestra un compresor hermético accesible con las siguientes partes etiquetadas: Valvula Seguridad, Protector termico, Silenciador, V.impulsión, V.admisión, Cillindro Piston, Biela, Rotor, Eje, Estator, Distribución aceite, DESCARGA, Amortiguador motor, and ASPIRACION. El diagrama ilustra el mecanismo interno del compresor, incluyendo el rotor que gira dentro del estator, el eje que lo conecta con el pistón y la biela, y las válvulas de admisión e impulsión.</p>

Cuadro 7. Grafica de un compresor hermético con sus partes.

1.2.3.2 CONDENSADORES

La función principal de los condensadores es eliminar el calor contenido en los vapores que vienen del compresor a través de un medio de enfriamiento (aire o agua).

Estos deben ser de suficiente volumen para que tenga amplia cabida de refrigerante comprimido y la superficie necesaria para obtener una rápida transferencia de calor latente del refrigerante al medio enfriador.

En los condensadores se encuentran tres tipos de medios de enfriamiento:

1.2.3.2.1 CONDENSADORES DE AGUA

Los condensadores de agua se utilizan para lugares de gran capacidad y que se encuentren a una temperatura mayor a 32°C o bien cuando el aire del ambiente tiene demasiadas impurezas.

La problemática más importante en este caso radica en el consumo de agua, puesto que hay momentos en los cuales se usa gran cantidad de esta, por esta razón son más utilizados los de aire forzado.

En los condensadores que tienen como medio de enfriamiento el agua se encuentran tres clases:

- **De contracorriente:** estos consisten en dos tubos un de un diámetro pequeño el cual está dentro del otro tubo que tiene un diámetro mayor, el agua circula por el tubo más pequeño y el gas o refrigerante pasa por el espacio que hay entre los dos tubos; este sistema se denomina contracorriente por que el ingreso del agua se hace por la parte inferior del condensador y el refrigerante por la parte superior, normalmente la temperatura del agua al calentamiento es de 8 a 12°C.

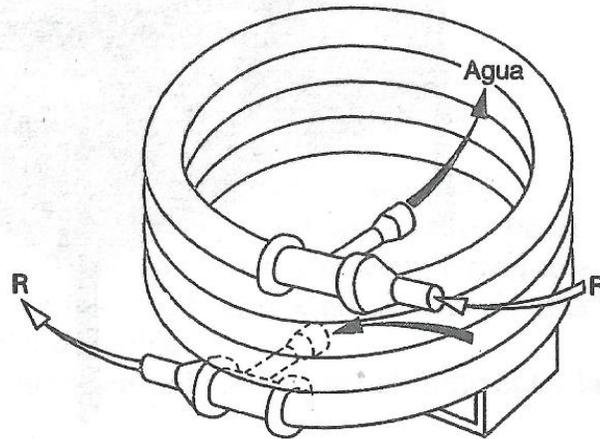


Figura 25. Condensador contracorriente
Fuente: Pierre Rapin-Patrick Jacquard, Formulario del frío. Marcombo

- **De inmersión:** es un depósito en cuyo interior hay un serpentín por el cual circula el agua, tiene dos conexiones una de entrada y otra de salida, estos pueden trabajar ya sea en posición vertical o en horizontal, la admisión de agua es regulada por una válvula presostática cuyo caudal es función de la presión del vapor descargado; estos tienen como desventaja que no se pueden utilizar en lugares donde la temperatura llegue al punto de congelación del agua porque puede dañar el serpentín interno y que su limpieza solo se puede realizar pasando una solución especial (ácido Clorhídrico) por el serpentín para limpiarlo ya que carece de alguna tapa o acceso para limpiarlo.

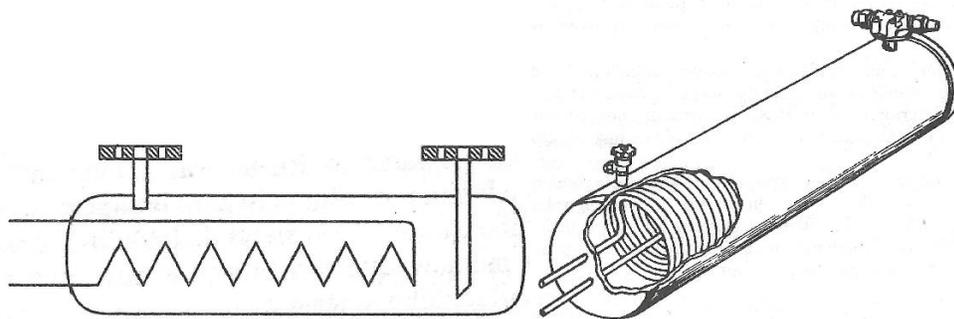


Figura 26. Condensador de inmersión
Fuente: Pierre Rapin-Patrick Jacquard, Formulario del frío. Marcombo

- **Los multitubulares:** están contruidos de una forma similar a los de inmersión, sus diferencias son que tiene en su interior varios tubos de cobre lisos o aleteados por donde circula el agua, estos están unidos a una placas sobre las cuales de mandrinan, las tapas laterales son puestas herméticamente para evitar la salida del agua pero al retirarlas permiten una limpieza fácil de todo el haz de tubos.

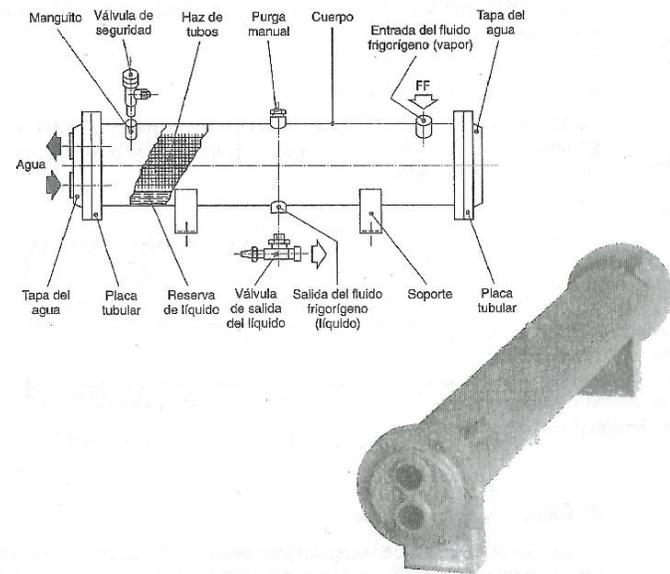


Figura 27. Condensador multitubular

Fuente: Pierre Rapin-Patrick Jacquard, Formulario del frío. Marcombo

1.2.3.2.2 CONDENSADORES MIXTOS

Estos funcionan con agua y aire al mismo tiempo, estos son muy eficientes para grandes áreas y donde la temperatura del ambiente es muy variada, la característica principal de estos es que funcionan con una tercera parte del agua que uno de agua exclusivamente.

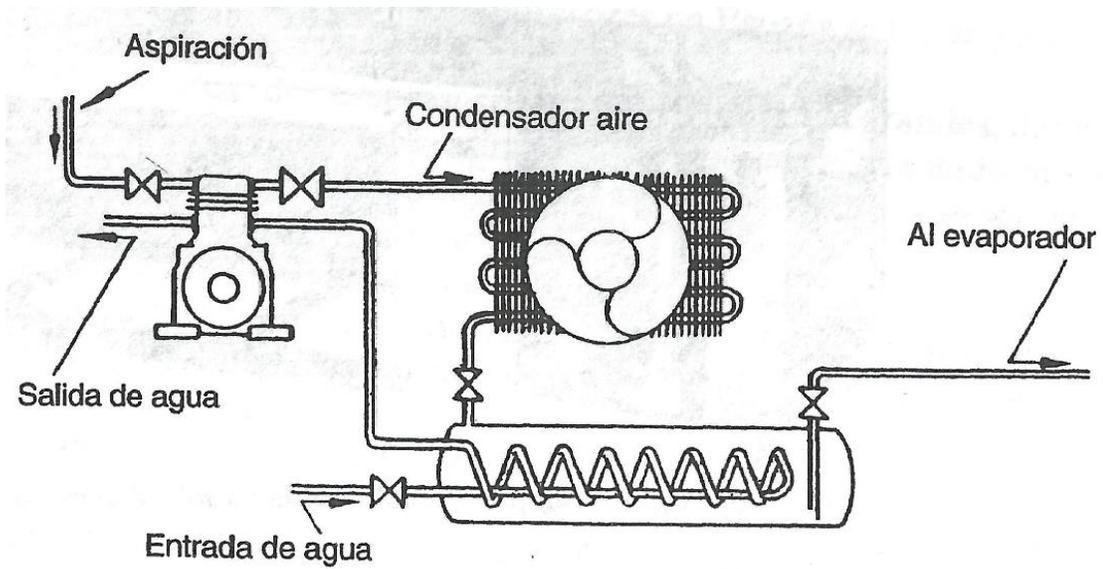


Figura 28. Condensador que funciona con agua y aire al mismo tiempo.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

1.2.3.2.2 CONDENSADORES DE AIRE

Los primeros condensadores que funcionaron por medio de circulación de aire se llamaron de circulación de aire por gravedad o condensador de placas, son los mismos de uso doméstico que se encuentran hoy en día en las casas, pero este tipo de funcionamiento requiere gran cantidad de superficie de tubo.

Para utilizar en la industria se emplean condensadores de tubo aleteado y circulación de aire forzado el cual se genera por el movimiento de unas aspas impulsadas por un motor eléctrico.

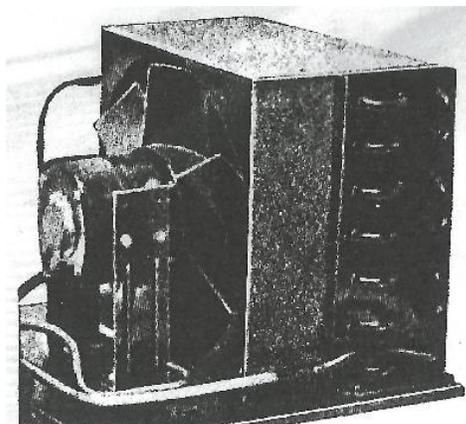


Figura 29. Condensador de circulación de aire forzado.

Normalmente en los condensadores de aire forzado se encuentran cerca del compresor y el separador de aceite, por lo cual se debe tener un buen flujo del aire y una buena ubicación del compresor para que el ventilador reemplace el aire caliente de la unidad por el aire frío del ambiente y tenga un buen funcionamiento.

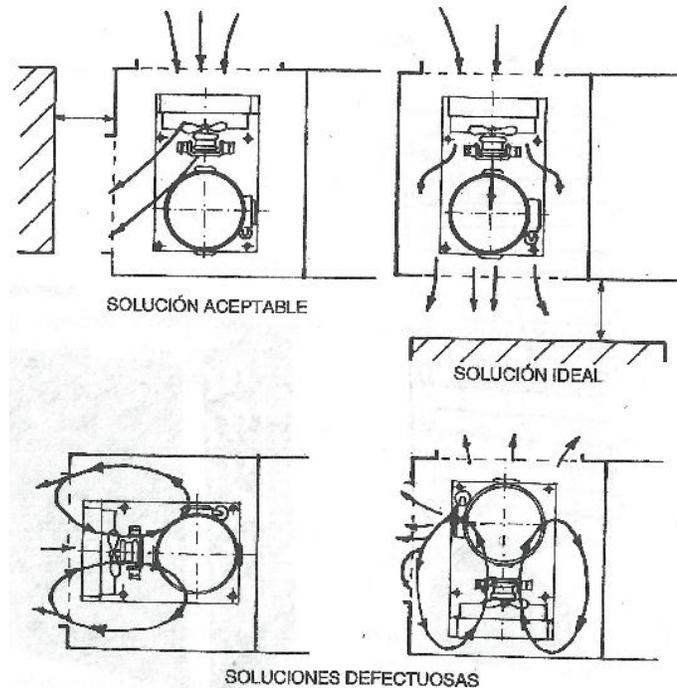


Figura 30. Ubicación adecuada en la unidad condensadora para el condensador.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

Para que el condensador trabaje de una manera eficiente se toman en cuenta cinco puntos:

- Construcción del conjunto de condensación
- Temperatura del ambiente
- Ventilación del área
- Estado de limpieza del condensador
- Condiciones de funcionamiento

Teniendo en cuenta los anteriores puntos se puede calcular la capacidad de un condensador la cual se basa en:

- La superficie total de radiación formada por el tubo y aletas
- La temperatura del aire ambiente en que está ubicado el condensador
- La velocidad del aire a través del condensador.

1.2.3.3 VÁLVULA DE EXPANSIÓN

Una válvula de expansión termostática está construida alrededor de un elemento termostático (1) separado del cuerpo de la válvula por un diafragma.

Un tubo capilar conecta el cuerpo superior de la válvula a un bulbo (2), el cuerpo superior también contiene un resorte (4), este conjunto está conectado con el fondo de la válvula (3) por donde sale el refrigerante hacia el evaporador.

El funcionamiento de una válvula de expansión termostática es determinado por tres presiones fundamentales: la presión del Bulbo (p_1), la presión del evaporador (p_2) y la presión del resorte (p_3). Es importante resaltar que el resorte es usado para establecer el sobrecalentamiento.

Su funcionamiento consiste en:

- La presión del bulbo que actúa en la parte superior de la membrana y en dirección de apertura de la válvula.
- La presión del evaporador, que influye en la parte interior de la membrana y en la dirección de cierre de válvula.
- La fuerza del resorte, que influye en la parte inferior de la membrana y la única variable que es controlable por parte del técnico.

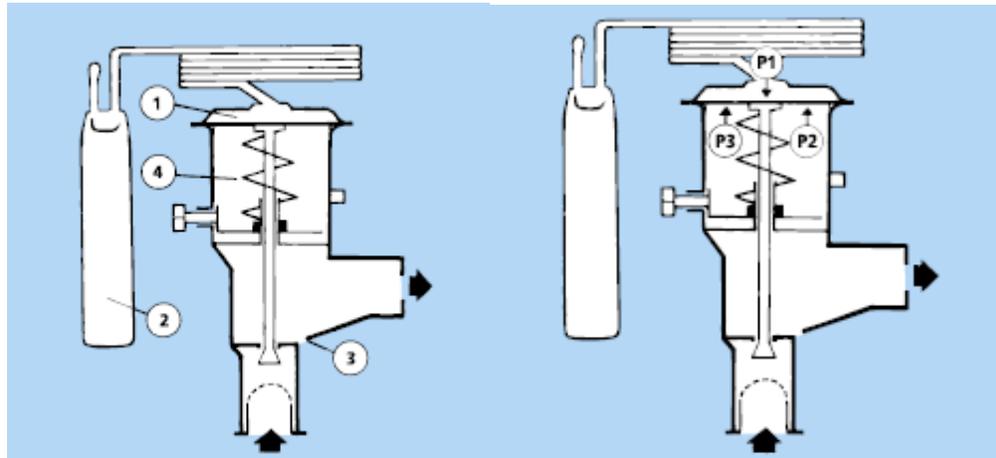


Figura 31. Gráfica de una válvula de expansión termostática.
Fuente: Danfoss fitters notes, thermostatic expansion valves. Danfoss ,03-2005

TIPOS

- Válvula de expansión termostática con equilibrio interno de presión

Su finalidad consiste en asegurar la alimentación automática de fluido frigorígeno al evaporador con objeto de obtener un llenado al máximo en función de las aportaciones de calor exterior.

- Válvula de expansión con equilibrado externo de presión.

Su funcionamiento es idéntico a la válvula de expansión termostática con equilibrio interno, aunque por medio de una preso-estopa estancamos los vástagos que actúan sobre el fuelle y la aguja y así la presión de fuelle se mantiene a la presión que reina a la salida del evaporador.

Para seleccionar una válvula de expansión correctamente se deben tener en cuenta los siguientes factores:

1. Caída de presión a través de la válvula.
2. Igualación de presión interna o externa.
3. Refrigerante.
4. Capacidad del evaporador.

5. Presión de evaporador.

6. Presión de condensación.

Estos equipos tienen una marca realizada a laser en la parte superior de la membrana a si se sabe para qué refrigerante está diseñado.

L	N	S	X	Z
R410A	R134a	R404A / R507	R22	R407C

Cuadro 8. Clasificación de válvulas de expansión por tipo de refrigerante.
Fuente: Danfoss fitters notes, thermostatic expansion valves. Danfoss ,03-2005

1.2.3.4 EXPANSIONADOR CAPILAR

También llamado tubo capilar se utiliza en refrigeradores domésticos y en ciertos muebles frigoríficos comerciales.

Este está formado por un tubo de cobre que varía entre los 0,6 y 2,8 mm de diámetro y una longitud bien determinada para crear una pérdida de carga suficiente para equilibrar la diferencia de presión entre descarga y la aspiración.

Su caudal está relacionado con esta diferencia de presión. Si aumenta esta presión, la capacidad del capilar crece de forma idéntica. Si la temperatura ambiente es poco elevada, la condensación se efectúa a baja temperatura y disminuye en consecuencia al flujo de salida capilar.

Este caudal está relacionado con numerosos factores:

- Diámetro interior del tubo capilar.
- Longitud del tubo capilar.
- Estados de las paredes interiores.
- Contacto térmico con el tubo de aspiración.
- Naturaleza del fluido frigorígeno.
- Viscosidad de la mezcla fluido-aceite.

- Diferencia de presiones entre la aspiración y la descarga.
- Volumen desplazado por el compresor.

1.2.3.5 REFRIGERANTE

Son productos químicos que se pueden encontrar gaseosos o líquidos estos son usados como transmisores de calor en una maquina térmica.

Para obtener una buena refrigeración en nuestro sistema el refrigerante que debemos utilizar debe contener ciertas características:

Característica	Definición
Calor latente de evaporación	Debe obtener un número alto de calorías en su ebullición para emplear la menor cantidad de refrigerante en el proceso de evaporación.
Punto de ebullición	Deberá ser bajo para que siempre sea menor a la temperatura de los alimentos almacenados.
Temperatura y presiones de condensación	Deben ser bajas para condensar rápidamente en presiones de trabajo normales y en las temperaturas usuales del medio enfriador que se emplee en el condensador.
Volumen específico del refrigerante evaporado	Es el espacio que ocupa el refrigerante en estado de vapor el cual debe ocupar muy poco espacio preferiblemente.
Temperatura y presión crítica	Es el punto máximo de temperatura y presión donde el refrigerante ya no condensa; por lo tanto se busca que sea lo más alto posible.
Efecto del aceite lubricante	El compresor necesita lubricación, por tal razón se busca que el refrigerante no cause ningún efecto en el aceite que este contiene.
Propiedad de inflamación o	Es recomendable que no sean ni inflamables ni

explosión	explosivos.
Acción sobre los metales	No debe atacar ningún metal del sistema
Propiedades toxicas	No debe ser en lo posible toxico, por consiguiente no afecta la integridad del ser humano.
Facilidad de localización en las fugas	Por su composición debe ser fácil ubicar una fuga.

Cuadro 9. Características básicas de un refrigerante.
Fuente: Los autores

Hay varios tipos de refrigerante que dependiendo de cuál sea su aplicación serán seleccionados, pueden encontrarse divididos en tres grupos de seguridad:

Grupo I de alta seguridad: se encuentran los refrigerantes que no son combustibles y cuya toxicidad es ligera o nula.

Grupo II de alta seguridad: estos son tóxicos y son inflamables a 3,5% en volumen.

Grupo III de alta seguridad: generalmente no son tóxicos pero tienen reglamentos estrictos para su uso y su nivel de combustión o explosión está por debajo del 3,5% en volumen.

Grupo	Denominación simbólica numérica	Nombre químico común	Fórmula química	Punto de ebullición °C	
GRUPO I ALTA SEGURIDAD	R-11	Tricloromonofluorometano	CCl ₃ F	+23,8	
	R-12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	-29,8	
	R-13	Monoclorotrifluorometano	CClF ₃	-81,5	
	R-13B1	Monobromotrifluorometano	CBrF ₃	-58	
	R-21	Dicloromonofluorometano	CHCl ₂ F	+8,92	
	R-22	Monoclorodifluorometano	CHClF ₂	-40,8	
	R-113	Triclorotrifluoroetano	C ₂ Cl ₃ F ₃	+47,7	
	R-114	Diclorotetrafluoroetano	C ₂ Cl ₂ F ₄	+3,5	
	R-115	Monocloropentafluoroetano	C ₂ ClF ₅	-38,7	
	R-C318	Octafluorociclobutano	C ₄ F ₈	-5,9	
	R-500	R-12 (73,8%) + R-152 (26,2%)		CCl ₂ F ₂ /C ₂ H ₄ F ₂	-28
	R-502	R-22 (48,8%) + R-115 (51,2%)		CHClF ₂ /C ₂ ClF ₅	-45,6
	R-744	Anhídrido carbónico		CO ₂	-78,5

GRUPO II MEDIA SEGURIDAD	R-717	Amoníaco	NH ₃	-33,3
	R-30	Diclorometano (cloruro de metileno)	CH ₂ Cl ₂	+40,1
	R-40	Cloruro de metilo	CH ₃ Cl	-24
	R-611	Formiato de metilo	C ₂ H ₄ O ₂	+31,2
	R-764	Anhídrido sulfuroso	SO ₂	-10
	R-160	Cloruro de etilo	C ₂ H ₅ Cl	+12,5
	R-1130	Dicloroetileno	C ₂ H ₂ Cl ₂	+48,5
GRUPO III BAJA SEGURIDAD	R-170	Etano	C ₂ H ₆	-88,6
	R-290	Propano	C ₃ H ₈	-42,8
	R-600	Butano	C ₄ H ₁₀	+0,5
	R-601	Isobutano	(CH ₃) ₃ CH	-10,2
	R-1150	Etileno	C ₂ H ₄	-103,7

Tabla 4. Grupos de seguridad de los refrigerantes.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

En 1990, dentro del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUE) decidieron la supresión de los refrigerantes halogenados entre los que se encontraban R-11 – R-12 – R-22 y R-502.

Al momento de suceder esto se empezaron a desarrollar nuevos refrigerantes exentos de cloro o también llamados Hidrofluorocarbonados (HFC) quienes reemplazaron a los clorofluorados (CFC); el primer gran cambio fue reemplazar el R-12 por el HFC R-134a y en sustitución del R-502, que se emplea en bajas temperaturas como sustitución de este apareció el HFC 404-A que es una mezcla azeotrópica de R-134a, R-125 y R-143a.

Para este tipo de refrigerantes se debe tener en cuenta que contiene un aceite incongelable el cual no es compatible con los refrigerantes minerales o sintético utilizado por los CFC.

Refrigerante R134a

Este es un refrigerante HFC y sustituye a R12 en nuevas instalaciones, Este refrigerante no daña la capa de ozono, posee gran estabilidad térmica y química, baja toxicidad y no es inflamable, pasee gran compatibilidad con la mayoría de materiales.

Su miscibilidad parcial con los aceites poliésteres (POE) a base de éster, por tal razón se debe preverse que el retorno del aceite al compresor sea el correcto; se recomienda colocar un filtro en la aspiración ya que estos aceites tienden a limpiar y arrastrar impurezas

Las presiones de aspiración son más bajas y sus temperaturas de descarga son 10% menores que el R-12, por otra parte sus temperaturas de condensación son ligeramente más altas; tiene baja capacidad térmica pero alta conductividad térmica, sus aplicaciones son aire acondicionados para autos, refrigeradores domésticos y en transporte frigorífico en temperaturas positivas.

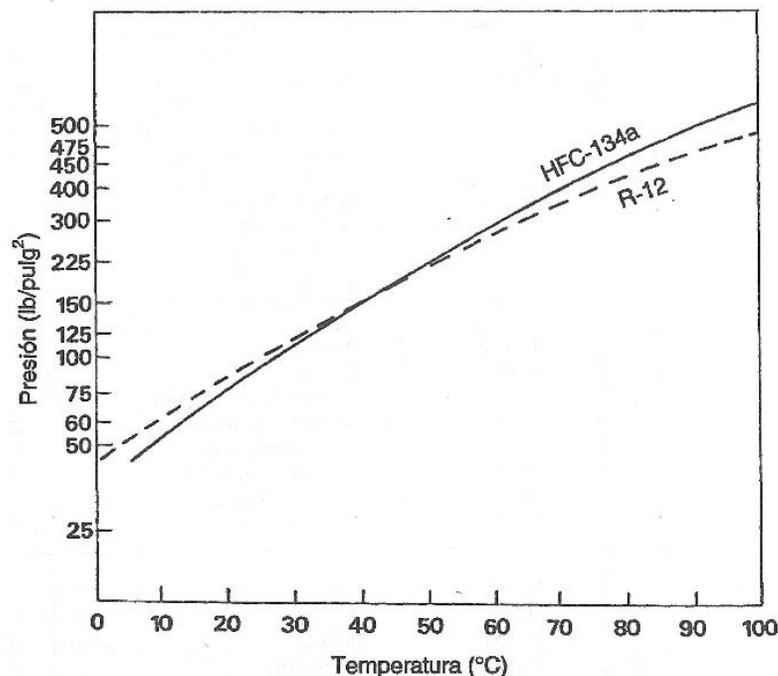


Figura 32. Grafica de presión Vs temperatura para los refrigerantes R-12 y HFC-134a.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

Cuando su temperatura de evaporación llega hasta -10°C tiene un rendimiento igual que el R-22, pero es recomendable no descender a menos de -20°C , para los intercambiadores de calor no hay necesidad de cambiar su superficie pueden usar la misma que para el R-12.

PROPIEDADES FISICAS		R 134A
Formula química		CH ₂ F-CF ₃
Nombre químico		1,1,1,2- Tetrafluoroetano
Peso molecular	(Kg/Kmol)	102
Punto de ebullición	(°C)	-26.2
Punto de congelación	(°C)	-101
Temperatura crítica	(°C)	101.1
Presión crítica	(bar)	40.67

Densidad crítica	(Kg/l)	0.51
Densidad del líquido (25°C)	(Kg/l)	1.206
Densidad del líquido (0°C)	(Kg/l)	1.293
Densidad del vapor (25°C)	(Kg/m ³)	32.25
Densidad del vapor (0°C)	(Kg/m ³)	14.41
Presión de vapor (25°C)	(bar)	6.657
Presión de vapor (0°C)	(bar)	216.4
Viscosidad del líquido (25°C)	(cP)	0.202
Presión superficial (25°C)	(mN/m)	7.9
Solubilidad del R134a en agua	(%)	0.15
Capacidad volumétrica refrig. (-25°C)	(Kg/m ³)	1192.11
Inflamabilidad		No

Tabla 5. Características de refrigerante R-134a.
Fuente: Manual de refrigerantes para sistemas de refrigeración.

Su punto de ebullición se produce a una presión atmosférica de 1.013 Bar, la temperatura máxima de descarga es de 125°C.

Este es compatible con el cobre, latón, hierro fundido y aluminio con sus aleaciones, por el contrario no es compatible con el zinc, plomo y las aleaciones de aluminio con más de un 5% de magnesio entre otros como:

COMPATIBILIDAD CON LOS MATERIALES

ELASTOMEROS			PLASTOMEROS				
	C	PC	NC		C	PC	NC
Goma Butílica	X			Propileno	X		
Neopreno	X			PVC	X		
Buna N	X			Poliétileno	X		
Buna S		X		Nylon	X		
Goma fluorada			X	Poliestireno		X	
Goma natural	X			PTFE	X		
Goma siliconada		X		Poliacetileno	X		
Goma EPDM	X			Resina epoxi	X		
Polisulfúrica	X			ABS		X	

C = Compatible PC = Poco Compatible NC = No Compatible

Tabla 6. Materiales compatibles con el refrigerante R-134a.
Fuente: Manual de refrigerantes para sistemas de refrigeración.

Presenta mayor riesgo de fugas que el R-12, es recomendable que las uniones no sean roscadas sino soldadas y tener mayor cuidado en la comprobación de fugas, debe utilizarse un detector especial que es ionico-electronico, adicional a esto las válvulas de expansión deben ser las adecuadas para este refrigerante las cuales ya existen en el mercado, de igual manera los filtro secadores a utilizar deben ser los recomendados por el fabricante.

1.2.3.6 SEPARADORES DE ACEITE

Los compresores para su correcto funcionamiento deben utilizar gran cantidad de lubricante o aceite, pero esto genera el riesgo de que este llegue a los intercambiadores térmicos, lo cual haría descender su eficacia y que se acumule en las vías del fluido frigorígeno si este no tiene buena miscibilidad con el aceite.

Por tal razón se debe realizar una separación efectiva y rápida de la mezcla de vapores polucionados con aceite que provienen del compresor para retornarlos al cárter del mismo en el menor tiempo, unos deflectores o filtros de tela metálica se encargan de reducir la velocidad de salida de este vapor de una manera brusca, el aceite ya separado llega al cárter por medio de un tubo de retorno en el cual en su inicio se encuentra una aguja unida a un flotador que regula la cantidad de aceite que va a pasar a los mecanismos del compresor.

Todo lo anterior se realiza en un recipiente que se denomina separador de aceite, el tamaño y capacidad de este va en relación con el fluido frigorígeno, la potencia

del compresor con el fin de que la separación del aceite pueda hacerse fácilmente, para hacer una correcta instalación del separador debe tenerse en cuenta la previa introducción de la cantidad de aceite incongelable necesaria para colocar el flotador en posición de funcionamiento.

1.2.3.7 RECIPIENTES DE LÍQUIDO

Reciben el fluido frigorífero líquido que viene del condensador, sus dimensiones les permiten contener la mayor parte de la carga de fluido de la instalación. Se monta en forma vertical u horizontal esta depende de la válvula de salida, este asegura la alimentación del líquido.

En los sistemas frigoríficos herméticos domésticos que usan tubos capilares se suprimen los recipientes del líquido, el fluido va directamente del condensador al evaporador, lo importante de estos tipos de sistemas es que el condensador debe tener la capacidad de contener la carga del fluido, evitando así las sobrepresiones del sistema.

1.2.3.8 BOTELLAS DE ASPIRACIÓN

Estas botellas evitan que aspiren líquido demás al compresor, están ubicadas en un punto cercano al compresor y en posición vertical. En caso que el evaporador, durante un paro del compresor se llene de fluido en estado líquido, la forma de evitar el “golpe de líquido” es que en su punto de salida se haga caer dicho fluido al fondo del recipiente.

El funcionamiento de estas botellas es sencillo, esta tiene un orificio de entrada y uno de salida en la parte superior, el de entrada arroja directamente el fluido al fondo del recipiente, el de salida o de succión del compresor tiene una forma de “U”, que inicia dentro de la botella y termina en la parte superior de la misma; cuando el compresor realiza la succión el extremo que está dentro de la botella

succiona todo el fluido en forma de gas que hay, evitando que se genere un accidente mecánico.

En la parte inferior del recipiente se encuentra un pequeño orificio el cual permite drenar el líquido de la aspiración y el aceite que se encuentra en el fondo de la botella.

1.2.3.9 FILTROS

En esta sección se hablaran de 3 tipos de filtros los cuales son:

- **Filtros de impurezas**

Al momento del montaje de la instalación, por más cuidado que se pueda tener muchas veces pueden quedar residuos en las tuberías que luego llegaran a los equipos térmicos o de compresión, por consiguiente se busca doblar la cantidad de filtros y reducir el paso de impurezas, este filtro cuenta con una pequeña malla removible que funciona como segundo filtro, esta pieza también tiene dos racores con cuellos conicos o por bridas según la dimensiones de los tubos; se debe tener en cuenta que en el cuerpo del filtro hay una flecha en relieve que indica por donde debe ingresar el fluido para que la maya del filtro cumpla con su función.

- **Filtros de aspiración**

Este tipo de filtros se presentan o tienen una presentación en un cuerpo cilíndrico que en uno de sus extremos hay una brida la cual brinda el acceso al cartucho filtrante, estos cartuchos filtrantes son reemplazables ya que su función es muy importante porque protegen al compresor, realizan la limpieza y descontaminación de los circuitos sin dejar de lado su función que es la de filtrar el fluido.

- **Filtros de aceite**

Gracias a construcción especial estos filtros permiten que el aceite que retorna al cárter del compresor sea limpio y sin impurezas, la característica principal de este tipo de filtros es que pueden lograr un filtrado fino de aproximadamente 12 micrones, utilizando materiales como celulosa, encolado, plegado.

1.2.3.10 CARTUCHOS FILTRANTES

Se conocen varios tipo de cartuchos filtrantes que dependiendo del resultado que se quisiera obtener se pueden utilizar temporal (cartuchos de fieltro) o permanentemente (cartuchos de tela y rejillas de acero inoxidable) en el circuito del fluido.

Los cartuchos de fieltro retienen las partículas sólidas y participan eficazmente en la limpieza del circuito después del desgaste de los arrollamientos del motor o bien durante la puesta en marcha de una instalación, estos se colocan en el filtro de aspiración y tienen un filtrado aproximado de 10 micrones.

Los cartuchos de tela y rejillas realizan una limpieza con multiples telas que permiten una buena descontaminación del circuito, reforzar la deshidratación, neutralizar los acidos y el filtrado de la mayoría de impurezas del sistema; estos tienen un filtrado de 140 micrones y estos están ubicados en el tubo de aspiración o también pueden emplearse en el de líquido.

1.2.3.11 VISORES DE LÍQUIDO

Son los indicadores del estado físico o control de nivel del líquido que se encuentra en el circuito o instalación del fluido frigorígeno, dependiendo del tipo de visor y de las características del mismo permiten la verificación del estado de sequedad del fluido mediante una pastilla impregnada de sal química, para

identificar si el deshidratador está funcionando eficientemente o ya debe ser reemplazado.

Los dos colores de indicación que manejan estos visores son el color verde y el color amarillo, el amarillo indica que hay un exceso del agua en el fluido y el color verde que la cantidad de agua en el fluido es admisible y está por debajo del nivel de máximo permitido; es importante resaltar que este cambio de color es reversible pasa de verde a amarillo y de amarillo a verde sin necesidad de cambiar el indicador cuando se cambia el deshidratador.

A continuación se observara los niveles máximos de parte por millón (PPM) de agua que indican los visores en los refrigerantes R12-R22-R502.

Fluido frigorígeno	Contenido de agua ppm (mg H ₂ O/Kg fluido)		
	Verde (seco)	Cambio de color	Amarillo (húmedo)
R12	máx. 15	15-35	min. 35
R22	máx. 60	60-125	min. 125

1.2.3.12 VÁLVULAS DE RETENCIÓN

Son utilizadas para unidades las cuales manejan más de dos evaporadores con diferentes temperaturas, normalmente se ubican en las líneas de aspiración de los evaporadores que trabajan a baja temperatura; su función principal es evitar que los gases de los evaporadores más caliente pasen a los evaporadores fríos, puesto que si pasan se condensan y al momento de re arrancar el sistema puede generarse un “golpe de líquido”. Estas válvulas son muy sencillas constan de tres partes básicas que son un resorte, un pistón, una guía de pistón y una válvula aplicada.

1.2.3.13 DESHIDRATADORES

También son conocidos como filtros secadores, la función primordial de estos deshidratadores es el de regular el nivel del agua dentro del fluido refrigerante,

dependiendo del tipo de refrigerante el valor máximo de agua en partes por millón varía de la siguiente manera:

Tipo de refrigerante	R12	R22	R502	R134a
PPM (mg H₂O/Kg de fluido)	15	60	30	75

Los deshidratadores deben tener unas características básicas para que su eficiencia en el trabajo se pueden destacar el producto deshidratante utilizado, la velocidad del refrigerante con que atraviesa el deshidratador, el diámetro del mismo lo que con lleva a otras ventajas que es la disminución de pérdidas de carga.

Los deshidratadores se componen de seis piezas básicas que son: un filtro, un anillo de cierre, un resorte, materia deshidratante, dos tipos de mallas, cuerpo del deshidratador.

El fluido refrigerante ingresa al deshidratador pasando por un pequeño filtro, luego llega pasa por el resorte que hace presión sobre el anillo de cierre, la función de estas dos piezas es comprimir la materia deshidratante a medida que se va desgastando para que no genere ningún tipo de rozamiento y no produzca polvo que puede ser enviado fuera del deshidratador, enseguida del anillo se encuentran dos tipo de mallas metálicas una gruesa y otra más fina que son hechas en latón niquelado o Monel, lo que ayuda a impedir el paso de suciedad y por último el cuerpo del deshidratador esta construido en cobre o acero y a sus extremos se encuentran las tomas para los racores.

MATERIAS DESHIDRATANTES	
Alúmina activada	<ul style="list-style-type: none"> - Se puede dejar permanentemente. - Absorbe 10% de su peso en humedad. - No presenta transformación (en polvo o salmuera). - Forma un ligero lodo a la presencia de humedad.

	<ul style="list-style-type: none"> - Al saturarse de aceite disminuye el poder de absorción. - Es gran neutralizador. - Colocar un buen filtro en el interior del deshidratador.
Gel de sílice	<ul style="list-style-type: none"> - Posee características similares que la Alúmina activada. - Tiene mayor rendimiento en líquidos que en gases. - Su nivel de absorción es menor que la Alúmina activada.

Este tipo de filtros se presentan o tienen una presentación en un cuerpo cilíndrico que en uno de sus extremos hay una brida la cual brinda el acceso al cartucho filtrante, estos cartuchos filtrantes son reemplazables ya que su función es muy importante porque protegen al compresor, realizan la limpieza y descontaminación de los circuitos sin dejar de lado su función que es la de filtrar el fluido.

Estos filtros permiten ser reemplazados en servicio, al recambio de las partes cíclicas. El compresor al estar asegurado su función primaria es el filtrado del líquido, la limpieza y descontaminación. Estos están hechos para hacer un filtro más detallado en el orden de 12 micrones gracias a su elemento filtrante (celulosa, encalada plegada), el retorno al cárter de los compresores de un aceite limpio

El orificio de la tubería de aspiración situado en la parte superior de la botella permite que el compresor aspire este fluido en forma de vapor, lo que evita posibles accidentes.

2. INGENIERÍA DE PROYECTO

2.1 PARÁMETROS DEL DISEÑO

Para llevar a cabo el diseño de la cámara de refrigeración planteada anteriormente, se tiene como parámetros iniciales los siguientes puntos:

- La cámara de refrigeración estará situada en el barrio San Benito en la ciudad de Bogotá, Colombia por lo tanto se tomara una temperatura ambiente de 20°C aproximadamente.
- Según lo acordado con el representante de la empresa CURTIPIEL, el área que puede ser usada para instalar la cámara de refrigeración es de 3.20m de profundidad por 2.10m de ancho para un total de 6.72m².
- Con el fin de evitar un FLASH-GAS se coloca un rango de seguridad del 10% menos al valor de la entalpia obtenida.
- El material seleccionado para armar las paredes, techo y suelo es el poliuretano inyectado el cual es el más comercial en el mercado para cámaras de refrigeración.
- Para evitar la carga por conducción por las paredes de la cámara de refrigeración, se realiza el cálculo del espesor del aislante homogéneo que se va a utilizar para esta cámara de refrigeración.
- Las presiones que se tomaron para este diseño son 25 PSI en el sistema de presión baja y de 100 PSI en el sistema de presión alta.

- El diseño de esta cámara de refrigeración se plantea para el almacenaje de pieles sin procesar de becerros con una duración mínima aproximada de 5 días (120 horas).

2.2 CÁLCULOS DEL DISEÑO

Con las operaciones matemáticas que se desarrollaran a continuación se quiere dar a conocer cuál es la cantidad de carga que se va a desalojar de la cámara de refrigeración (Q_{TOTAL}), de igual manera cual es el espesor adecuado para el aislante y cuál es el trabajo y la potencia de cada uno de los componentes del sistema trabajando con el refrigerante que se ha seleccionado.

Los resultados que se obtienen son basados en la información y características del producto que se va a almacenar que en este caso son pieles de becerro (330 unidades).

2.2.1 CALCULO DEL AISLANTE

Para este cálculo se tomó como materia prima el poliuretano inyectado sus características básicas son obtenidas por medio de su ficha técnica; como el coeficiente de conductividad térmica, el flujo de calor máximo estándar que se recomienda para el diseño de las cámaras de refrigeración es de 8 Kcal/h por m^2 de encerramiento, ya que el rango de perdidas esta entre 6 y 8 Kcal/h por m^2 por razones de economía energética.

Los datos que se deben tener para hallar el espesor del aislante son:

Temperatura exterior o del ambiente (T_1)	20	°C
Temperatura interior de la camara (T_2)	2	°C
Diferencia de temperaturas (ΔT)	18	°C
Flujo de calor máximo (Q)**	8	Kcal/h
Coeficiente de conductividad térmica (λ)*	0.025	Kcal/h m °C

Cuadro 10. Condiciones del ambiente de la cámara de refrigeración.
Fuente: Autores

*Este dato es obtenido de tablas que estandarizan la conductividad térmica del poliuretano inyectado.

** Dato sacado de PABLO MELGAREJO MORENO. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. Ed. Madrid Vicente, 1995.

Partimos de la siguiente ecuación:

$$Q = S * K * \Delta T$$

Ecuación

1

Siendo:

Q = cantidad de flujo de calor

S = superficie total de la cámara de refrigeración

K = coeficiente global de transmisión con aislante térmico

ΔT = diferencia de temperaturas

Despejando K de la ecuación 1:

$$K = \frac{Q}{S * \Delta T}$$

Ecuación 2

Donde K (coeficiente global de transmisión con aislante homogéneo) es igual a uno sobre la suma de los coeficientes superficiales de transmisión de calor más el espesor del material aislante sobre el coeficiente de conductividad térmica.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_i}}$$

Ecuación

3

Utilizando la ecuación 4 se despeja e para conocer el espesor del aislante

$$e = \left(\frac{\Delta T}{Q} \right) - \left(\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \right) * \lambda$$

Ecuación

4

Con resolviendo la ecuación del coeficiente superficial de calor ya se puede calcular el espesor de la cámara.

$$h = a + b * v^n$$

Ecuación

5

Velocidad del aire en la cámara (m/s)	1
velocidad del aire en el ambiente (m/s)	3
a*	4.83
b*	3.30
n*	1

*datos obtenidos de la Tabla 3. Estados de la superficie dependiendo de la velocidad del aire, en la página 30 de este trabajo.

$$h_e = 4.83 + 3.30 * 3^1$$

$$h_i = 4.83 + 3.30 * 1^1$$

$$h_e = 4.83 + 9.9$$

$$h_i = 4.83 + 3.3$$

$$h_e = 14.73 \text{ Kcal/h} * m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h_i = 8.13 \text{ Kcal/h} * m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$e = \left[\left(\frac{18^\circ\text{C}}{8 \text{ Kcal/h}} \right) - \left(\frac{1}{14.73 \text{ Kcal/h} * m^2 \text{ } ^\circ\text{C}} + \frac{1}{8.13 \text{ Kcal/h} * m^2 \text{ } ^\circ\text{C}} \right) \right] * 0.025 \text{ Kcal/h} * m \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$e = \left[\left(2.25 \frac{h}{\text{Kcal}} \text{ } ^\circ\text{C} \right) - (0.06789 \text{ h/Kcal} * m^2 \text{ } ^\circ\text{C} + 0.12300 \text{ h/Kcal} * m^2 \text{ } ^\circ\text{C}) \right] * 0.025 \text{ Kcal/h} * m \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$e = [(2.25 \text{ h/Kcal } ^\circ\text{C}) - (0.19089 \text{ h/Kcal} * \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})] * 0.025 \text{ Kcal/h} * \text{m} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$e = [2.05911 \text{ h/Kcal} * \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}] * 0.025 \text{ Kcal/h} * \text{m} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$e = 0.05147 \text{ m} = 5.14777 \text{ cm}$$

El espesor necesario para el aislante de la cámara de refrigeración debe ser de 5 cm de poliuretano.

2.2.2 CALCULO DEL EVAPORADOR

Para realizar los cálculos del evaporador se tienen en cuenta distintas variables:

Dimensiones de la cámara de refrigeración que va estipulada según la empresa CURTIPIEL, el tipo de producto que se va a almacenar y la temperatura requerida al interior de la cámara para la conservación de nuestro producto.

Naturaleza del producto	Calor específico kJ/kg · K		Calor latente kJ/kg	Grado higrométrico	Tendencia al secado	Movimiento del aire	Temperatura recomendada para conservación		Duración máxima almacenado	Observaciones
	Antes congelación	Desp. congelación					corta (detalle)	larga (mayor)		
Carnicería										
Despojos	3,350	1,675	230,175	90	A	M	0/+2°	-12°/-18°		
Cordero (cong.)					G		-12°	-18°/-20°		
Cordero fresco	2,805			82	B		+2°/+3°	0°/+2°		
Buey (cong.)					G	V		-20°/-25°		
Buey cong. (cons.)				60/70	G	M	-5°	-5°/-7°		
Buey fresco	3,225	1,715	238,550	83	B	V	+2°/+4°	0°/+2°		
Buey salado				70	E		+4°	0°/+1°		
Caballo	3,305						+2°/+4°	+1°/+3°		
Hígado fresco	3,305	1,800	244,820	83	B		+2°/+4°	0°/+1°		
Picadillo de carne					F		+4°/+8°	+2°/+4°		
Carnero (cong.)					G		-12°	-12°/-18°		
Carnero fresco	2,805			82	B		+1°/+5°	0°/+2°		
Tripa (cong.)					C		+7°	-10°/-12°		
Tripa fresca	3,475	1,715	255,285	90			+1°/+2°			
Vaca (cong.)							-12°	-12°/-18°		
Vaca fresca	2,930	1,630	209,250	82	B		+2°/+4°	+1°/+3°		
Conservas					G			+4°		

Tabla 7. Conservación de productos.

Fuente: Pierre Rapin-Patrick Jacquard, Formulario del frío. Marcombo

Según la tabla anterior, la conservación de las pieles esta en entre los 1°C y 3°C, para nuestro proyecto trabajaremos una temperatura de conservación de 2°C,

como trabajaremos en el barrio san Benito en Bogotá tomaremos la temperatura ambiente de 20°C.

Ya se puede pasar a definir los tipos de elementos que vamos a utilizar teniendo en cuenta los datos que tenemos.

Dimensiones de la cámara internamente	
Ancho (m)	2.0
Profundidad (m)	3.10
Altura (m)	2.40
Temperatura	
Temperatura ambiente (°C)	20
Temperatura de la cámara (°C)	2
Diferencia de temperatura (°C)	18

Cuadro 11. Características de la cámara de refrigeración.

Fuente: Autores

Con estos datos se inicia el cálculo de la superficie de la cámara descontando el espesor de las paredes de la cámara.

$$S = 2[(\text{ancho} * \text{alto}) + (\text{ancho} * \text{profundidad}) + (\text{profundidad} * \text{altura})]$$

$$S = 2[(2 \text{ m} * 2.4 \text{ m}) + (2 \text{ m} * 3.1 \text{ m}) + (3.1 \text{ m} * 2.4 \text{ m})]$$

$$S = 2[(4.8 \text{ m}^2) + (6.2 \text{ m}^2) + (7.44 \text{ m}^2)]$$

$$S = 2[18.44 \text{ m}^2]$$

$$S = 36.88 \text{ m}^2$$

En el sistema se encuentran 4 tipos pérdidas para calcular la carga total de refrigeración

- Perdida a través de las paredes (Q_p)

Para este cálculo se toma la superficie total de la cámara (S), el coeficiente de transmisión según el aislante que se utilice (K) y la diferencia de la temperatura del ambiente y la de la cámara al interior (ΔT).

$$Q_p = S * K * \Delta T * 24 \text{ horas}$$

Importante: dentro de este trabajo se omite este cálculo puesto que se calculó el espesor del aislante para evitar este tipo de pérdidas.

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

Tabla 8. Coeficientes de transmisión.
Fuente: Alarcón Creus José. Tratado practico de refrigeración automática. Marcombo

- Perdida por servicio (Q_s)

Para este concepto se tienen en cuenta las perdidas por la apertura de las puertas, el calor emitido por los bombillos la entrada y salida de las personas con el material que se va almacenar, para todos estos hay un porcentaje que estima de una manera adecuada cuales serían las perdidas por esta razón.

Servicio fuerte	Aberturas frecuentes. Debe añadirse un 25% a la cantidad de calor que penetra por las paredes.
Servicio normal	Aberturas en horas determinadas durante la jornada. Añádase un 15% a la cantidad de calor que penetra por las paredes.

Cuadro 12. Tipos de pérdidas por servicio
Fuente: Autores

Importante: dentro de este trabajo se omite este cálculo puesto que las veces de apertura de la puerta son limitadas y la luz artificial la mayor parte del tiempo estará apagada.

- Perdida por carga del producto (Q_c)

Se obtiene multiplicando la cantidad de producto que ingresa a la cámara durante el día (W_{piel}) por su calor específico (C) y la diferencia de temperaturas de la cámara y el ambiente (ΔT).

Como el ingreso de pieles no es el mismo cada día, entonces se realiza un promedio de ingreso de pieles el cual es de 30 pieles por día para un total de 105 kg diarios.

Cantidad en kilos que entra en cada carga (kg)	105
Temperatura del producto a su entrada (°C)	20
Temperatura del producto a obtenerse en el interior (°C)	2
Calor específico del producto (KJ/Kg * °C)	2.930

$$Q_c = W_{piel} * C * \Delta T$$

$$Q_c = 105 \text{ Kg} * 2.930 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{C} * (20^\circ\text{C} - 2^\circ\text{C})$$

$$Q_c = 307.65 \text{ KJ/}^\circ\text{C} * (18^\circ\text{C})$$

$$Q_c = 5537.7 \text{ KJ}$$

- Perdida por carga de aire (Q_{aire})

Esta dada por la diferencias de entalpías del ambiente y el cuero (Δh), que se obtienen mediante el diagrama psicrométrico, la densidad del aire (ρ_{aire}) y el volumen de la cámara de refrigeración (V).

Densidad del aire (kg/m ³)	1.1993
Humedad relativa del aire (%) [*]	70

Humedad relativa del cuero (%)	60
Volumen de la cámara (m ³)	14.88
Entalpia del cuero (KJ/Kg)**	10.467
Entalpia del aire (KJ/Kg)**	55.824

$$\Delta h = h_{aire} - h_{piel}$$

$$\Delta h = 55.824 \frac{KJ}{kg} - 10.467 \frac{KJ}{Kg}$$

$$\Delta h = 45.357 \frac{KJ}{Kg}$$

$$Q_{aire} = \rho_{aire} * \Delta h * V$$

$$Q_{aire} = 1.1993 \text{ Kg/m}^3 * 45.357 \text{ KJ/Kg} * 14.88 \text{ m}^3$$

$$Q_{aire} = 809.4221 \text{ KJ}$$

- Pérdidas totales (Q_{total})

Se suman todas las pérdidas que pueden encontrarse en el sistema, con esto se encuentra el total de pérdidas que va a tener el sistema y que el evaporador debe contrarrestar.

$$Q_{total} = Q_{aire} + Q_{carga}$$

$$Q_{total} = 809.4221 \text{ KJ} + 5537.7 \text{ KJ}$$

$$Q_{total} = 6347.1221 \text{ KJ}$$

*Dato obtenido de la página del IDEAM en un rango de estudio entre los años 2009-2012

**Datos obtenidos por medio del diagrama psicrometrico. Ver anexo N°1

Para no tener el problema de escarcha miento en la unidad condensadora generalmente se le da un trabajo de 16 horas a la unidad condensadora por lo cual la carga total la dividimos por estas 16.

$$Q_{total\ de\ trabajo} = Q_{total} / horas\ de\ trabajo$$

$$Q_{total\ de\ trabajo} = 6347.1221\ KJ / 16$$

$$Q_{total\ de\ trabajo} = 396.6951\ KJ$$

2.2.3 CALCULO DEL COMPRESOR

Para la correcta selección del compresor que se debe usar se debe tener en cuenta cual va a ser la potencia y el trabajo necesarios para que el sistema funcione adecuadamente bajo los parámetros que se establecieron en el diseño como se muestran a continuación:

Masa en el sistema (kg)	140.1574
Flujo másico del sistema (Kg/h, ciclo de 10 min)	93.4383
Tabla de entalpías, entropías, presiones y temperaturas.	Ver anexo N°2

Conversión de unidades que se deben tener en cuenta:

$$1\ KJ = 0.94782\ Btu$$

$$1\ KJ/Kg = 0.430\ Btu/Lbm$$

$$1\ Btu/Lbm = 2.326\ KJ/kg$$

$$1\ Kw = 3412.14\ Btu/h$$

$$1\ Btu/h = 1.055056\ KJ/h$$

$$1\ Hp = 2544.5\ Btu/h$$

$$m = \frac{Q_{total}}{\Delta h}$$

$$m = \frac{6347.1221KJ}{45.357\ KJ/Kg}$$

$$m = 140.1574 \text{ Kg}$$

$$\dot{m} = \frac{140.1574 \text{ Kg}}{1.5 \text{ h}}$$

$$\dot{m} = \frac{m}{\text{tiempo de ciclado}}$$

$$\dot{m} = 93.4383 \text{ Kg/h}$$

Parte 1: Potencia necesaria del compresor

$$P_{\text{compresor}} = \dot{m} * (h_2 - h_1)$$

$$P_{\text{compresor}} = 93.4383 \text{ Kg/h} * (270.979 \text{ KJ/Kg} - 242.2063 \text{ KJ/Kg})$$

$$P_{\text{compresor}} = 93.4383 \text{ Kg/h} * (28.767 \text{ KJ/Kg})$$

$$P_{\text{compresor}} = 2687.9395 \text{ KJ/h} \text{ ó } 2547.675 \text{ Btu/h}$$

Realizando la conversión de Btu/h a caballos de potencia el compresor debe estar dentro del rango de:

$$2547.675 \text{ Btu/h} = 1.0013 \text{ hp}$$

Parte 2: Trabajo realizado por el compresor

$$W_{\text{compresor}} = m * (h_2 - h_1)$$

$$W_{\text{compresor}} = 140.1574 \text{ Kg} * (270.979 \text{ KJ/Kg} - 242.2063 \text{ KJ/Kg})$$

$$W_{\text{compresor}} = 140.1574 \text{ Kg} * (28.767 \text{ KJ/Kg})$$

$$W_{\text{compresor}} = 4031.9079 \text{ KJ} \text{ ó } 3821.5113 \text{ Btu}$$

2.2.4 CALCULO DEL CONDENSADOR

Para el condensador se utilizan los mismos parámetros que para el cálculo del compresor a diferencia que las entalpias varían por la función que cumple el evaporador.

Parte 1: Potencia necesaria del condensador

$$P_{condensador} = \dot{m} * (h_2 - h_3)$$

$$P_{condensador} = 93.4383 \text{ Kg/h} * (270.9302^{KJ/Kg} - 88.0674^{KJ/Kg})$$

$$P_{condensador} = 93.4383 \text{ Kg/h} * (182.8928^{KJ/Kg})$$

$$P_{condensador} = 17086.3883 \text{ KJ/h } \text{ Ó } 16194.7691 \text{ Btu/h}$$

Parte 2: Trabajo realizado por el condensador

$$W_{condensador} = m * (h_2 - h_3)$$

$$W_{condensador} = 140.1574 \text{ Kg} * (270.9790^{KJ/Kg} - 88.0833^{KJ/Kg})$$

$$W_{condensador} = 140.1574 \text{ Kg} * (182.8957^{KJ/Kg})$$

$$W_{condensador} = 25634.1866 \text{ KJ } \text{ Ó } 24296.5948 \text{ Btu}$$

2.2.5 CALCULO DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN

$$P_{valvula \ de \ expansion} = \dot{m} * (h_3 - h_4)$$

$$P_{valvula \ de \ expansion} = 0$$

En la potencia como en el trabajo la válvula de expansión tiene como resultado 0 por que no tiene diferencia de entalpias, por lo tanto no tiene trabajo mecánico.

La válvula a utilizar será una **Danfoss TN 2 068Z3542**, con conexión roscada con ecualizador de presión interno.

2.2.6 SELECCIÓN DE EQUIPOS

Con los cálculos ya realizados se determina usar:

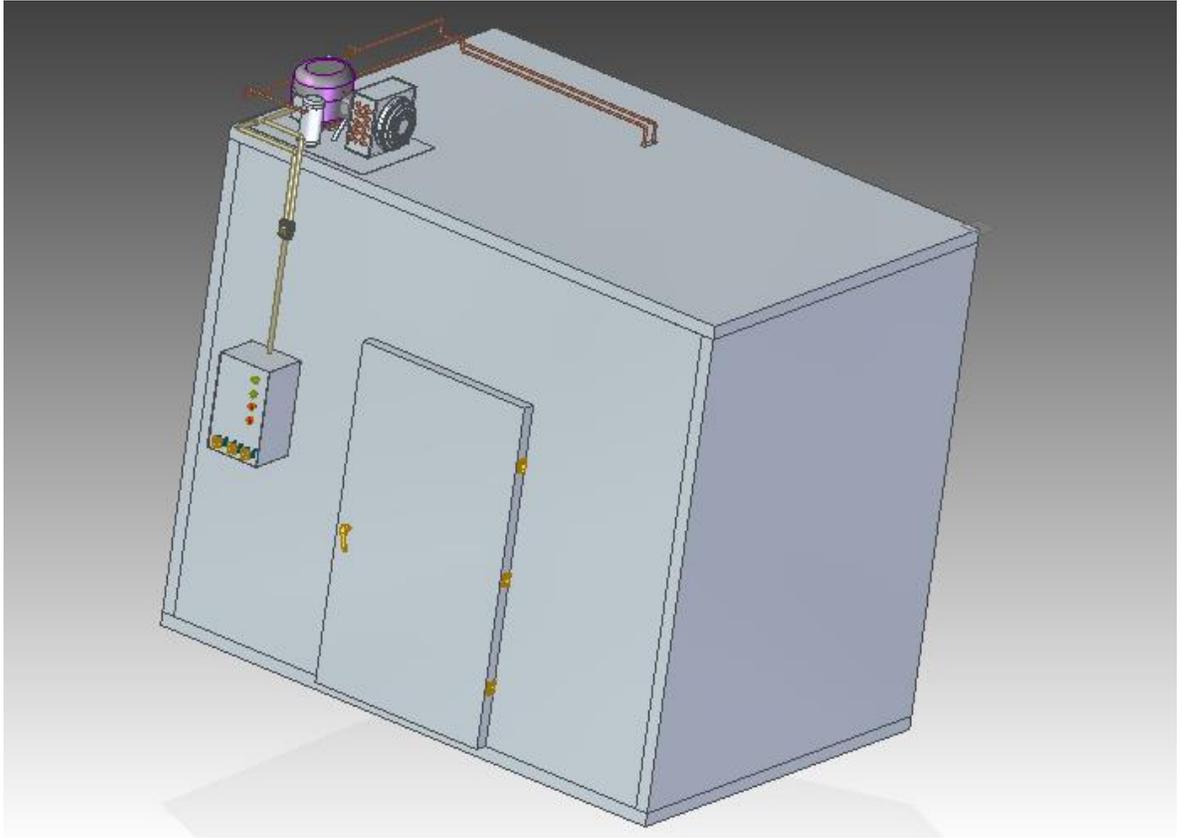
- Evaporador de 6000 Btu/hora.
- Un compresor hermético de 1.5 hp de 60 Hz
- Un condensador de 20000 Btu/hora.

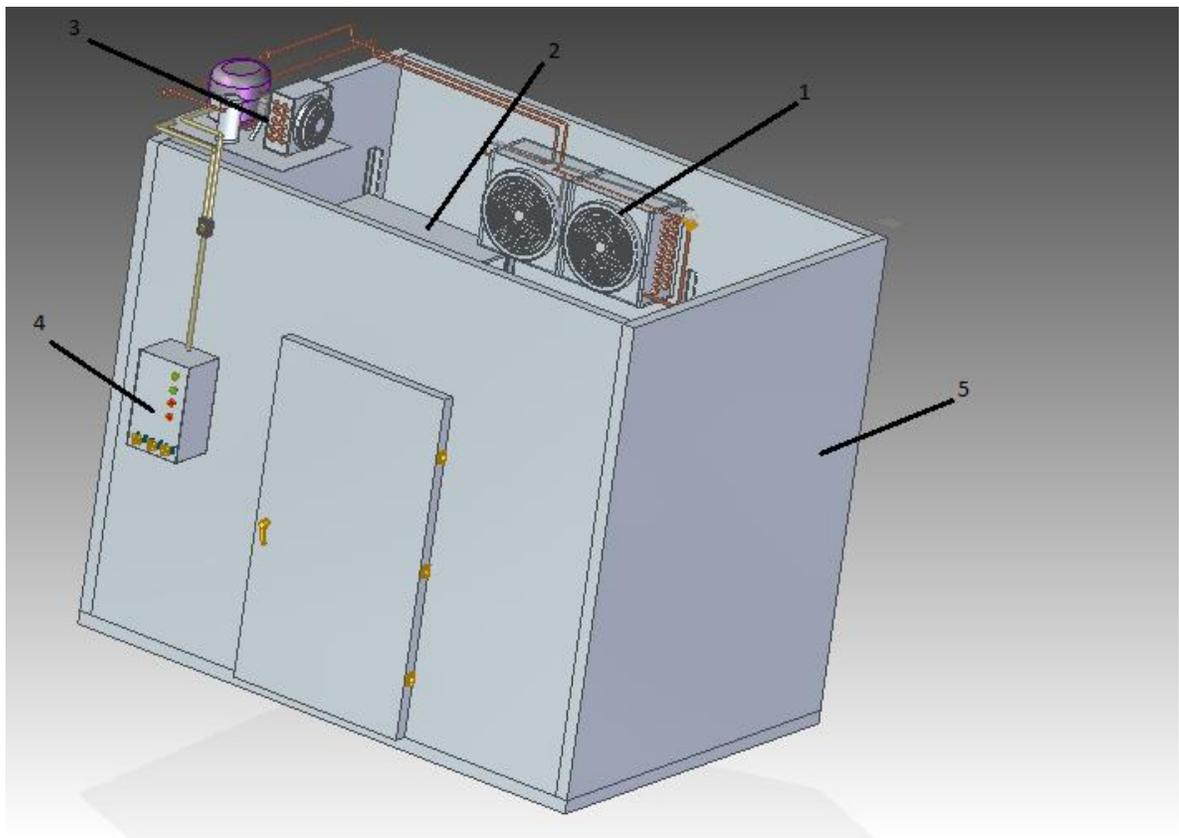
Estos equipos están sugeridos bajo el diseño y el lugar donde se podría construir la cámara de refrigeración.

3. PLANEACIÓN Y DISEÑO DE LA CÁMARA DE REFRIGERACIÓN

La cámara de refrigeración está compuesta por los siguientes elementos:

- Estructura de la cava
- Sistema de refrigeración
- Sistema de control y mando

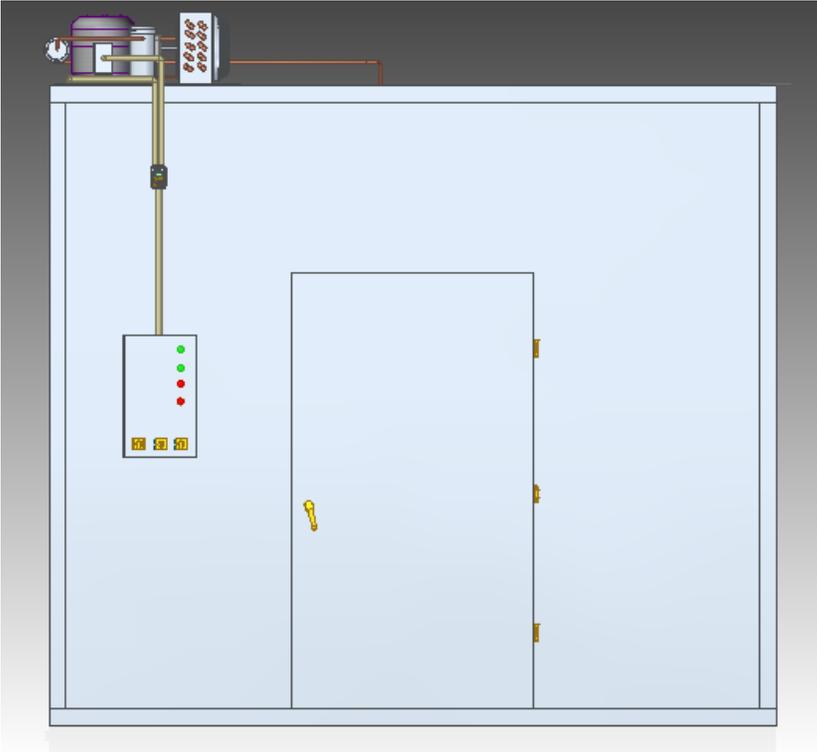




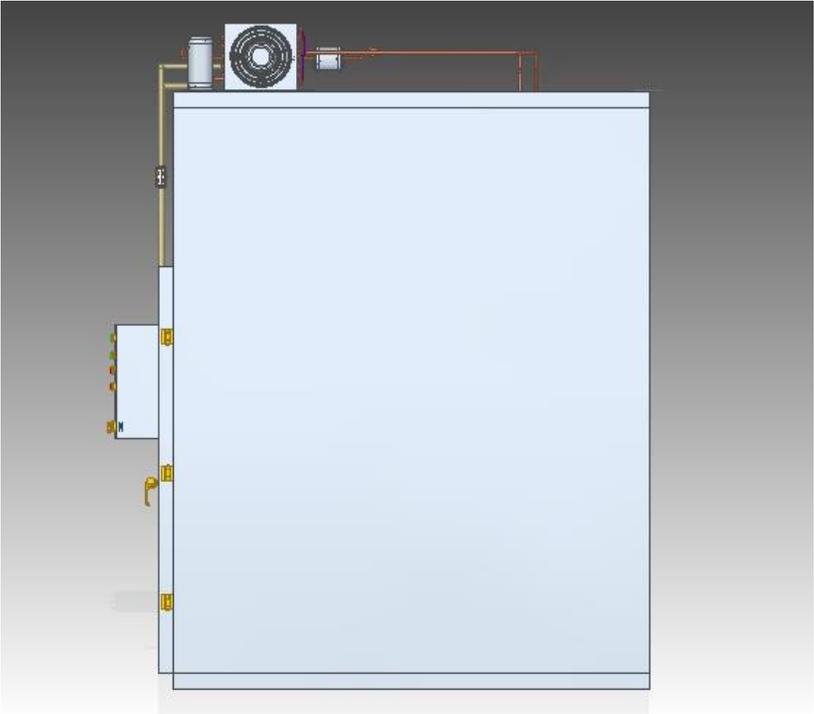
LISTADO DE PARTES

1. Evaporador
2. Estante
3. Unidad condensadora
4. Tablero de mando
5. Módulo de cámara

VISTA FRONTAL



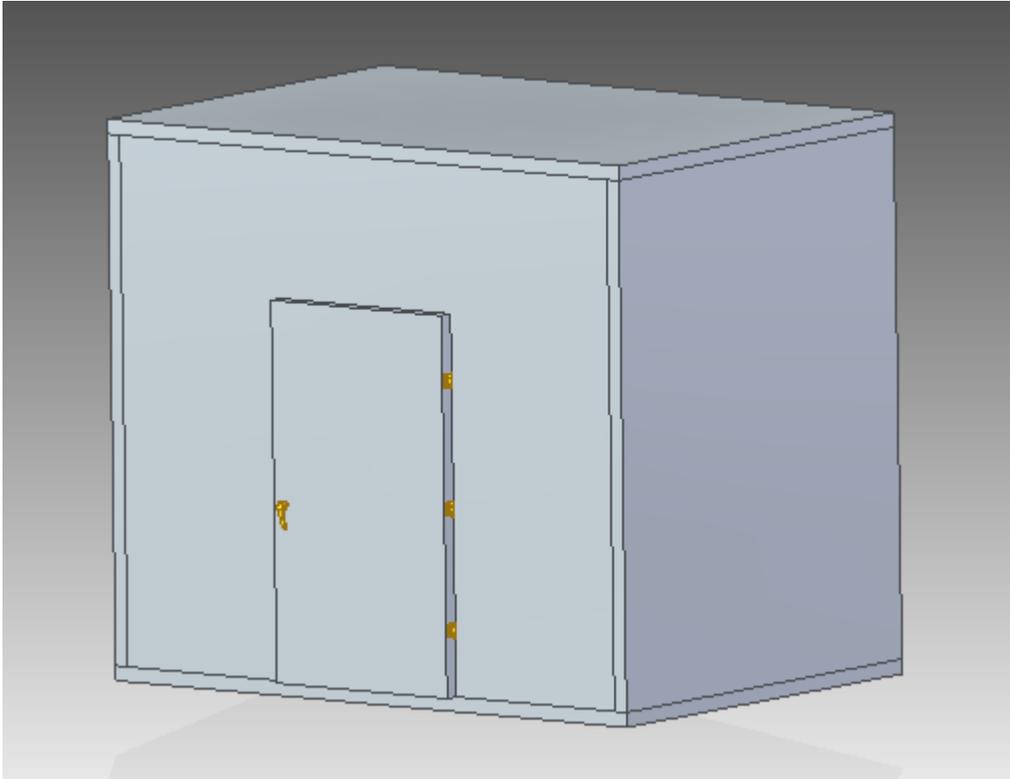
VISTA LATERAL



ENSAMBLE ESPECÍFICO

CONJUNTO ESTRUCTURAL

La estructura de la cámara de refrigeración está compuesta por módulos armables de poliuretano con un espesor de 50 mm y una puerta con medidas de 1800mm x 1000mm de acero inoxidable.

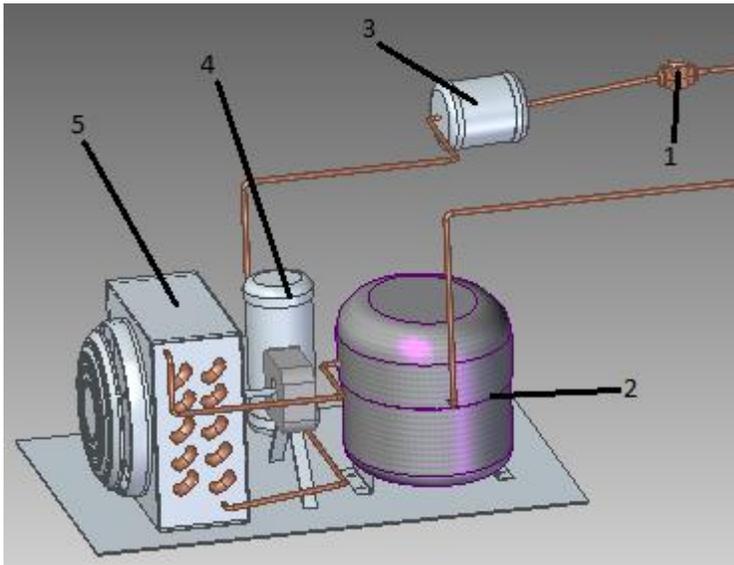
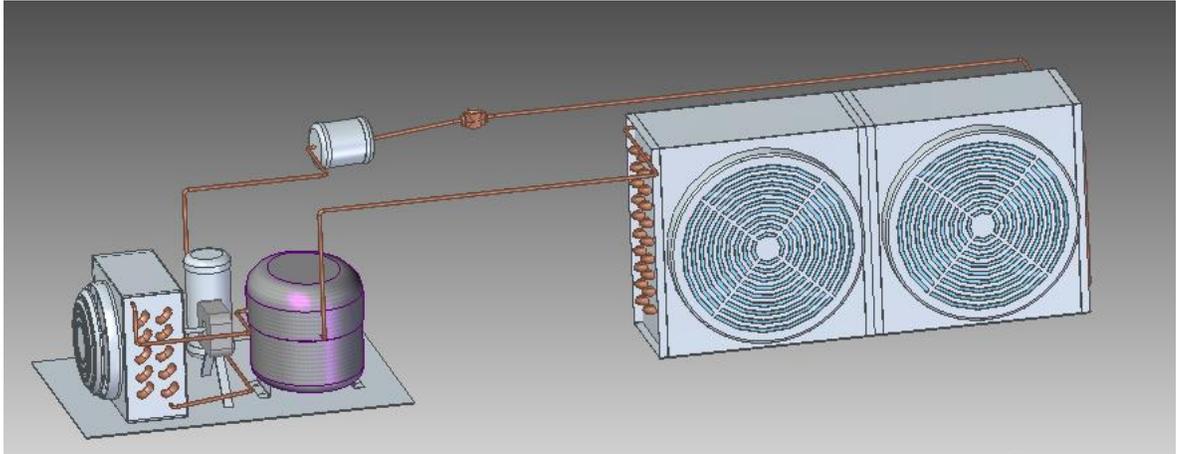


CONJUNTO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración consta de los siguientes elementos

- Condensador
- Compresor
- Evaporador
- Tanque líquido
- Válvula de expansión

- Filtro secador
- Mirilla visor
- Líneas de tubería de alta
- Líneas de tubería de baja

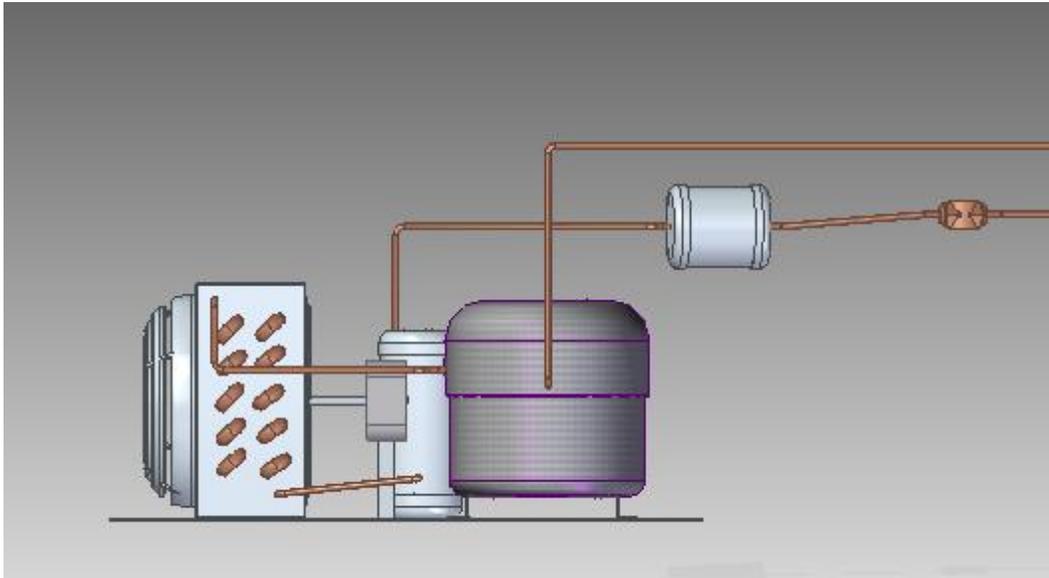


Listado de partes

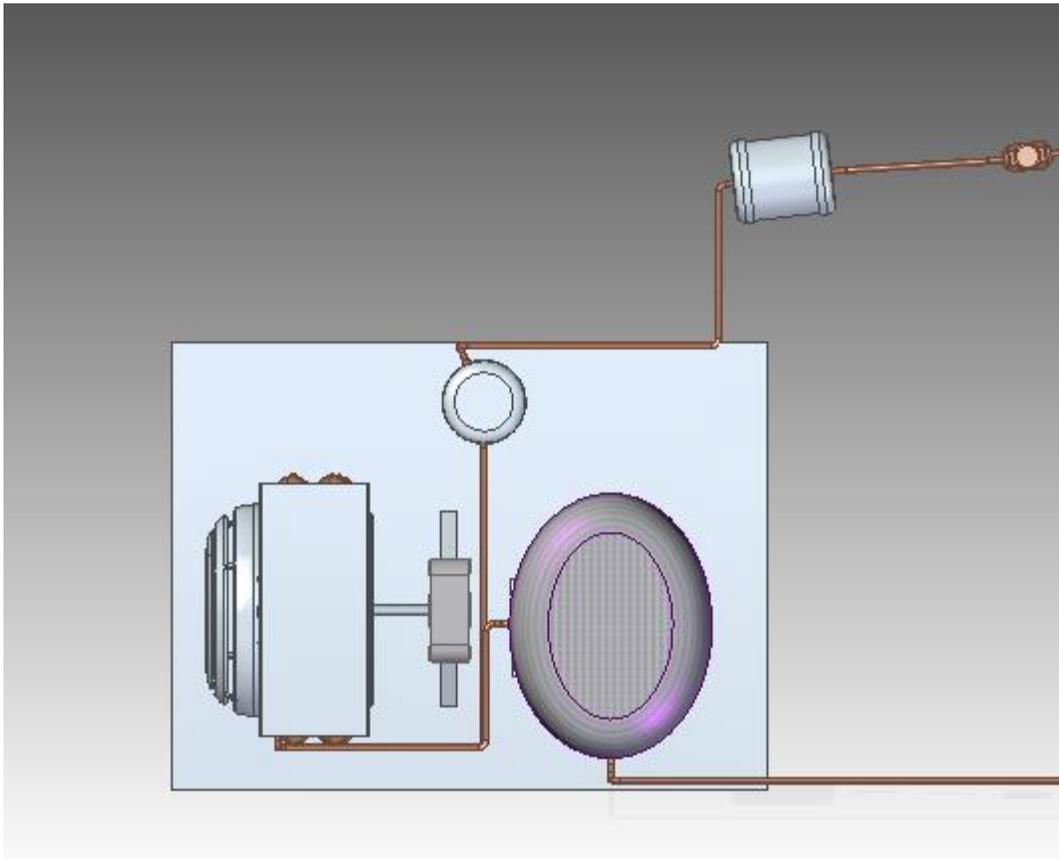
1. Mirilla visor
2. Compresor
3. Filtro secador
4. Tanque liquido

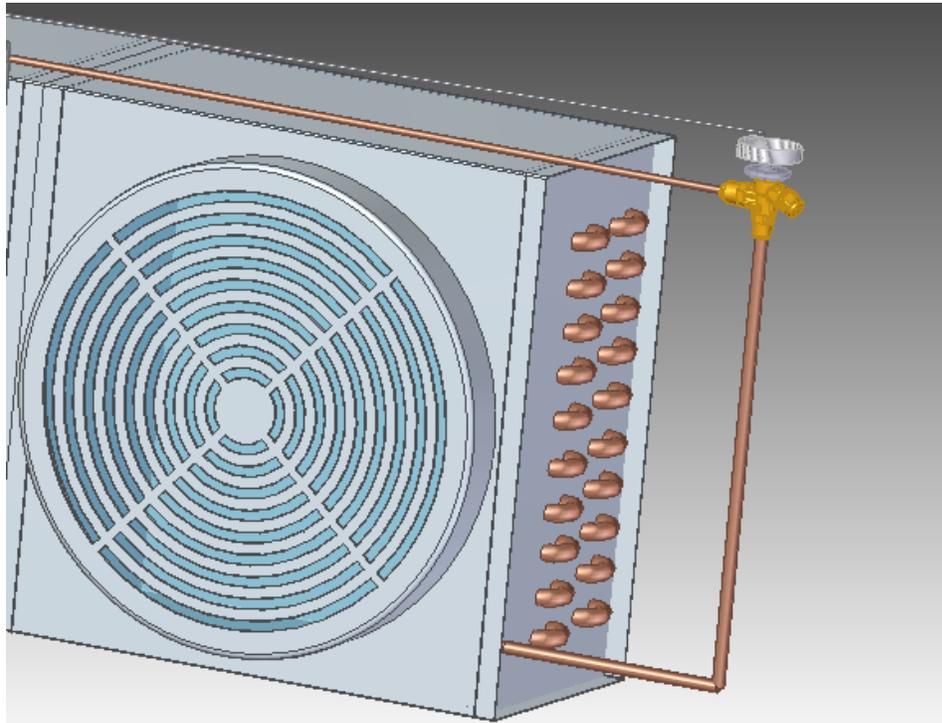
5. Condensador

VISTA FRONTAL

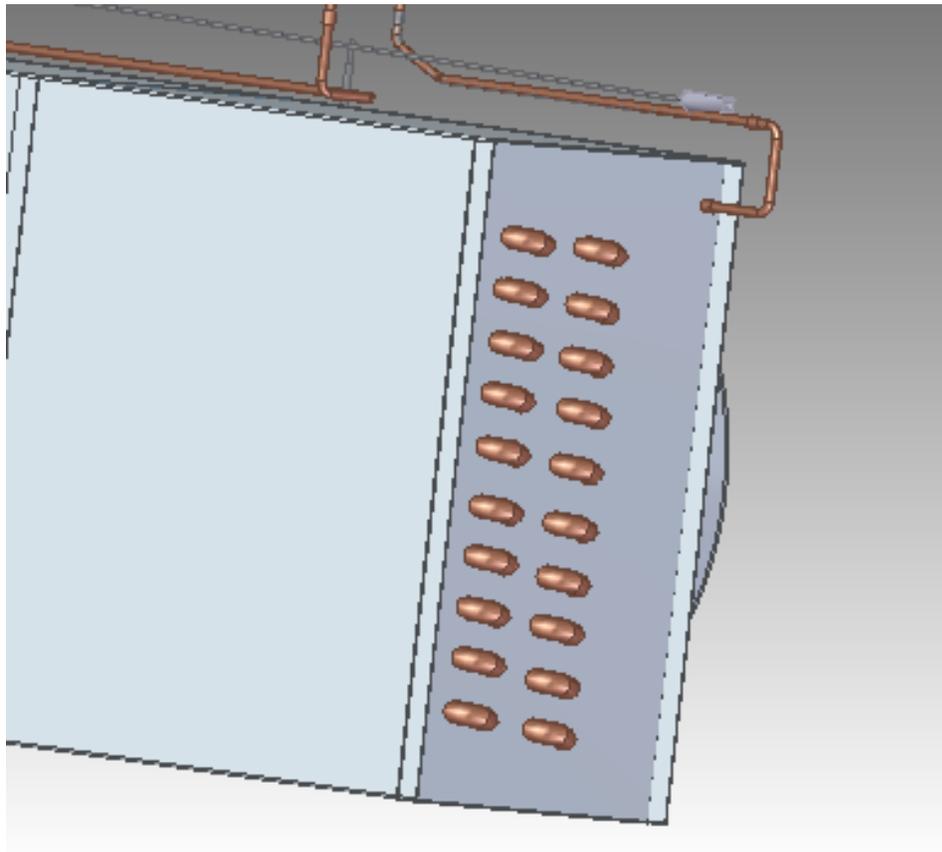


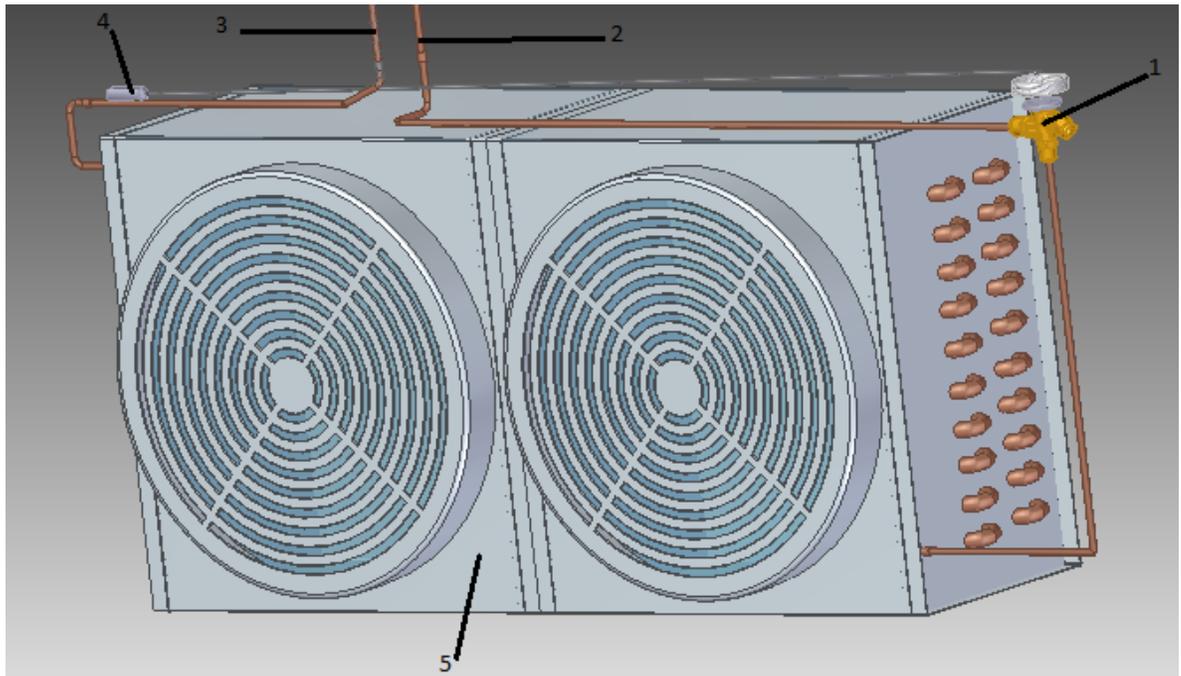
VISTA SUPERIOR





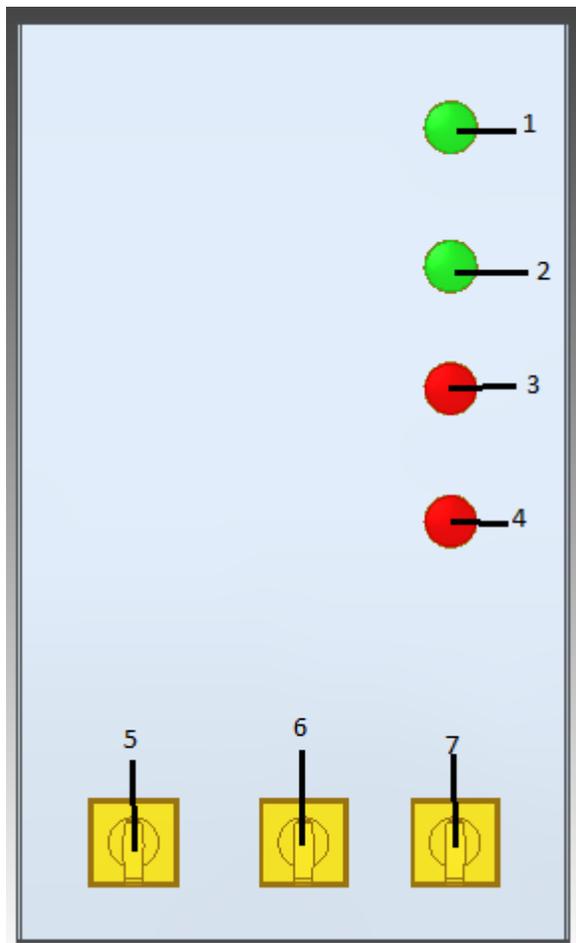
DETALLE DE CONEXIÓN DE EVAPORADOR CON VÁLVULA DE EXPANSIÓN





LISTA DE PARTES

1. Válvula de expansión
2. Tubería de alta
3. Tubería de baja
4. Bulbo
5. Evaporador



LISTADO DE PARTES

1. Compresor
2. Evaporador
3. p/ eléctrico
4. resistencia
5. M/ ventilador
6. M/ compresor
7. c/ eléctrico

4. ADECUACIÓN DEL LUGAR PARA LA CÁMARA

Para el momento en el cual se vaya a instalar la cámara de refrigeración se deben cumplir ciertos parámetros para hacer una correcta instalación.

4.1 ADECUACION DEL LUGAR Y ARMADO

- Se debe montar la cámara frigorífica según las instrucciones del fabricante
- Fijar en el suelo los soportes de 8 a 12 cm de altura y dejar colocada la instalación de desagüe de la cámara
- Después se debe montar el piso de la cámara encima de los soportes y conectar el desagüe al piso. Es muy importante que el piso quede nivelado.
- Se procede a seguir con el proceso de montaje las paredes, techo y puerta.
- Instalar el sistema de seguridad o emergencia, el detector de gas refrigerante y la cortina de puerta.
- Se monta el equipo de iluminación en el interior de la cámara y el termostato de ambientación de la cámara antes de sujetar el evaporador, se instala en el mismo la válvula de expansión con su correspondiente bulbo.
- Se marcan los puntos de sujeción en el techo, realizando los orificios, sujetando el evaporador con tornillos y pasantes.
- Se realizan las perforaciones necesarias para pasar los elementos sensores del termostato, cable y las tuberías de aspiración y líquido.

NOTA: no pueden ir por la misma canalización que las tuberías de gas refrigerante y los cables eléctricos, los capilares o las sondas de temperatura.

4.2 MONTAJE DE LA UNIDAD CONDENSADORA

- Se sujeta la unidad condensadora al soporte que está anclado en la parte superior de la cámara, se ubica el intercambiador de calor a la línea de aspiración, es importante que tenga una posición totalmente horizontal o vertical, lo más cerca posible de la unidad condensadora.

4.3 MONTAJE DEL CIRCUITO DE GAS REFRIGERANTE

- La unión entre elementos depende del sistema de ensamblaje: por tuerca o abocardado y por soldadura rígida
- Colocar la tubería de aspiración desde la condensadora al intercambiador calor.
- Las curvas deberán ser codos prefabricados y soldados con soldadura rígida
- Luego seguir montando desde la entrada del intercambiador de calor a la salida del evaporador
- Por último, montar la línea de líquido desde la válvula solenoide (se encuentra a la salida de la unidad condensadora) hasta la válvula de expansión termostática, pasando por el intercambiador de calor.

4.4 CARGA DEL REFRIGERANTE

- Se debe cargar el gas refrigerante del sistema por el lado de alta presión.
- Se coloca la botella del gas encima de una báscula para pesar la cantidad que debemos de introducir al sistema.
- En la primera fase de carga, se debe verificar la presión de condensación en el manómetro de alta.

- En la segunda fase de carga o ciclo de trabajo, verificamos el recalentamiento o aumento de temperatura.

4.5 AISLAMIENTO DE LA TUBERIA

- Se debe cubrir con material aislante las tuberías, la válvula de expansión y los orificios de la cámara

4.6 VERIFICAR LA INSTALACION FRIGORIFICA

- Inspeccionar el visor de líquido que no tenga ningún indicio de humedad en el circuito y que pasa solo líquido.
- En caso de que presente rastro de humedad se debe proceder a examinar el filtro deshidratador o si es conveniente cambiar por uno nuevo.
- Al dar inicio al equipo se debe verificar que no se presente ningún tipo de ruido extraño que pueda inducir a que una parte este mal sujeta o mal colocada.
- Una vez terminado el ensamble y comprobando que todos los elementos estén ubicados y colocados en los lugares indicados, se debe proceder a realizar un registro de temperatura para tener un promedio de la misma.
- Al tener la cámara de refrigeración en su funcionamiento normal y asegurándose que todos los componentes del sistema estén bien, se puede visto bueno para iniciar el proceso de almacenamiento de las pieles.

5 EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1 COTIZACIONES DEL PROYECTO

De acuerdo con los parametros calculados anteriormente se realizaron la siguientes cotizaciones:



Señores:		Ciudad:	Bogotá
Contacto:	Sr. Cristian Ramirez	Fecha:	31/07/2015
Telefono:		Validez:	30 Días
Dirección:		Cotizacion	150731-FA60

Cantidad	Descripción	V/Unitario	V/Total
----------	-------------	------------	---------

Cuarto frio para acondicionamiento compuesto de:

1	Unidad condensadora completa ensamblada con compresor COPELAND (Americano) Modelo ZS09 comprende: separador de aceite, botella de líquido, control de alta y baja presión, caja interconexiones eléctricas al tablero, para la línea de líquido se instalara filtro secador, válvula, solenoide, indicador de líquido, base y ensamble total a la unidad. Para refrigerante 134a, 404#,507#.	\$ 5.925.000	\$ 5.925.000
1	Compresor hermético (sellado) tipo CS14K6E-TF5, para operar con refrigerante 134, 404#,507#, trifásica 208/230 voltios de rosca con las válvulas de servicio y resistencia de cárter.	\$ 2.992.500	\$ 2.992.500
1	Evaporador baja silueta EBB L 047 A -12°C de evaporación da 5234 BTU/H.	\$ 1.455.000	\$ 1.455.000
1	Válvula de servicio succión y descarga para el compresor.	\$ 240.000	\$ 240.000
1	Válvula de expansión para refrigerante	\$ 163.500	\$ 163.500
1	Control de temperatura marca full gauge MT512.	\$ 112.500	\$ 112.500
25	Paneles de poliuretano pared de 80 mm por 2,50 mts de altura.	\$ 95.000	\$ 2.375.000
6	Paneles de poliuretano para Techo de 50 cm por 3.00 mts de altura.	\$ 95.000	\$ 570.000
SUB-TOTAL			\$ 13.833.500
Dto			\$ 3.130.000
TOTAL			\$ 10.703.500

CONDICIONES COMERCIALES

Precios: En pesos colombianos, IVA no incluido.

Calle 39Sur No. 26A - 17, Tel: (+57-1) 472 0990, Fax: (+57-1) 720 4086
Bogotá, Colombia

Cantidad	Descripción	V/Unitario	V/Total
Pago:	60% Anticipo 20% Previo a la entrega 20% Contraentrega		
Lugar de entrega:	A convenir		
Tiempo de entrega:	30 - 45 días después de recibida la orden y el anticipo		
Validez:	30 días contados a partir de la fecha de esta oferta.		
Garantía:	Doce (12) meses sobre defectos de fabricación, no se incluyen partes de desgaste.		
Montaje e instalación:	Incluido esta la mano de obra de la instalación y puesta en marcha de los equipos. No se incluyen accesorios adicionales a los ofertados ni adecuaciones civiles, eléctricas mecánicas e hidráulicas.		

Cordialmente.

CARLOS CEPEDA

Tel: (+57 1) 472 0990

Cel: (+57) 316 833 2573

e-mail: carlocepedav@gmail.com

Calle 39 Sur No. 26A - 17

Bogotá, Colombia

Visite nuestra página web: www.maquipan.co

BOGOTÁ D.C., AGOSTO 01 DE 2015

Señor: CRISTIAN RAMIREZ

COTIZACIÓN NRO. 99999

En atención a su solicitud, nos permitimos cotizarle los siguientes productos

HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS					
Ref.	Descripción	Código	Unidad	Precio	Total
99999	UNIDAD CONDENSADORA DE 134A: ENSAMBLADA CON MOTOR COMPRESOR MODELO CS 032E-115-501 3 FASES VARI. PANEL CONDENSADOR POR AIRE FORZADO, SEPARADOR DE ACEITE, CONTROL DE ALTA Y BAJA, CAJA DE CONEXIONES ELÉCTRICAS, BOTELLA DE LÍQUIDO, BASE Y ENSAMBLE COMPACTO DE LA UNIDAD. OPERA CON REFRIGERANTE 134A EN MEDIA TEMPERATURA. COPELAND.	30038	1	\$ 4.032.000,00	\$ 4.032.000
99999	EVAPORADOR DE 6030 BTU/HORA REF.	EFA4489	2	\$ 1.265.807,00	\$ 2.731.614
99999	VALVULA DE EXPANSIÓN CREF - JW SPORLAN	10313	1	\$ 100.030,00	\$ 100.030,00
99999	GAS REFRIGERANTE R134A 1 TARRO DE UN KILO	100010	1	\$ 23.495,00	\$ 23.495,00
99999	TERMOSTATOS REPTUT-72 CLANFOSS		1	\$ 101.149,00	\$ 101.149
PANEL DE 3" (80mm)					
Ref.	Descripción	Código	m ²	Precio	Total
99999	PANELES DE POLIURETANO PARED DE 80 MM POR 2,50mts de ALTURA		25	\$ 82.202,00	\$ 2.055.050
99999	PANELES DE POLIURETANO TECHO DE 80 MM DE 3,00mts de ALTURA		6	\$ 82.202,00	\$ 493.212
99999					
99999					
PANEL DE 2" (60mm)					
Ref.	Descripción	Código	m ²	Precio	Total
99999	PANELES DE POLIURETANO PARED DE 60 MM POR 2,50mts de ALTURA		25	\$ 69.910,00	\$ 1.747.750
99999	PANELES DE POLIURETANO TECHO EXPANDIDO DE 60 MM DE 3,00mts de ALTURA		6	\$ 69.910,00	\$ 419.460
99999					
99999					

Observaciones: Precios no incluyen flete, favor confirmar cantidades.	Total Items	11.708.780
Nota: En caso de requerir el panel de 2" se solicitan 15 días hábiles para su elaboración.	Transporte	
	Impuestos (IVA - 16%)	1.872.602
	Total Cotización	13.578.382

Validez de la Oferta: 5 Días
 Forma de Pago: CONTADO
 Tiempos de Entrega: A CONVENIR, PREVIA CANCELACION
 Lugar de Entrega: PUNTO REFRIMARKET

NO HAY GARANTÍA SOBRE PARTES Y ACCESORIOS ELÉCTRICOS
 POR FAVOR NO EFECTUAR RETENCIÓN EN LA FUENTE SEGÚN LEY 1429 DEL 29 DE DICIEMBRE DE 2010

Cordialmente,
FABIO BENAVIDES
 7957570 EXT: 107
ventas3@refrimarket.com.co
 CALLE 66 No 14-33

REFRIMARKET COLOMBIA S.A.S.
 CL 66 No 14-33
 PBX.57 (1) 7957570
 BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

NOTA: Es importante resaltar que con los proveedores se puede llegar a un acuerdo para una disminucion en el costo de todos los insumos y la instalcion de la camara de refrigeracion.

5.2 COSTOS ALUMNOS

A continuación se observara a detalle cuanto es el costo del proyecto desde la aprobación del anteproyecto basándose en las normativas actuales (2015) como lo son el valor de SMLMV, el valor de la hora de trabajo de un ingeniero de acuerdo a su experiencia según ACIEM, valor promedio de transporte, alimentación y papelería según los lugares donde se van a realizar cada una de las actividades.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
Costo de horas de trabajo realizadas	Hora	360	\$12.833	\$4.620.000
Viáticos durante el proyecto	Dia	60	\$10.400	\$624.000
Costo de impresiones texto	Hojas	600	\$200	\$120.000
Impresión de planos	Hojas	10	\$2.000	\$20.000
Uso de software para el diseño del proyecto	Programas	2	\$100.000	\$200.000
Carpeta para presentación de proyecto	Copias	3	\$7.000	\$21.000
Empastados de tesis	Copias	3	\$9.000	\$27.000
Grabación de tesis en cd's	Copias	3	\$6.000	\$18.000
Estuches para cd's	Cd's	3	\$1.000	\$3.000
TOTAL				\$5.593.000

6 CONCLUSIONES

- Materias vistas como termodinámica, transferencia de calor, turbo máquinas, mecánica de fluidos fueron primordiales a la hora de realizar este diseño del circuito de refrigeración ya que los cálculos de este diseño fueron desarrollados manualmente teniendo en cuenta el lugar donde se va a realizar el proyecto.
- Para toda la selección de equipos fue necesario tener el cálculo del espesor del aislante, la carga que debía extraer el evaporador, la capacidad del condensador, como la potencia del compresor necesaria y las necesidades del diseño más relevantes que intervienen en un cuarto frío.
 1. Clima
 2. Lugar de ubicación
 3. Tipo de producto, cantidad y su temperatura adecuada
 4. Calor específico del producto.
- Los diseños de este proyecto fueron realizados con el software solid edge st6 y solid edge st7 ya que este es el software usado por la universidad.
- Realizando este proyecto se demuestra todo lo aprendido en conocimiento como en lo práctico obtenido durante toda la carrera universitaria, lo que facilitó la creación de los manuales para el uso y mantenimiento de este proyecto.
- Este proyecto da la oportunidad en crecer profesionalmente ya que se muestra nuevas aplicaciones en la industria de los cueros, fortalece la responsabilidad y disciplina de los estudiantes y de la empresa en el área ambiental.

- Para el desarrollo de este proyecto se presentaron varias dificultades, una de estas fue el ajustar los horarios para la elaboración de este proyecto ya que cada uno de los integrantes tenían compromisos tanto familiares como laborales, lo cual se resolvió aplicando un horario de trabajo en el cual se le daría prioridad al proyecto y así llegar a la culminación de este.
- Los estudiantes involucrados dejan una herramienta en mano de CURTIPIEL para mejorar el proceso de los cueros y disminuir la contaminación que desechan y así poder inculcar en la Universidad Los Libertadores a generar proyectos que mejoren el sector mecánico en el sector ambiental.

7 BIBLIOGRAFÍA

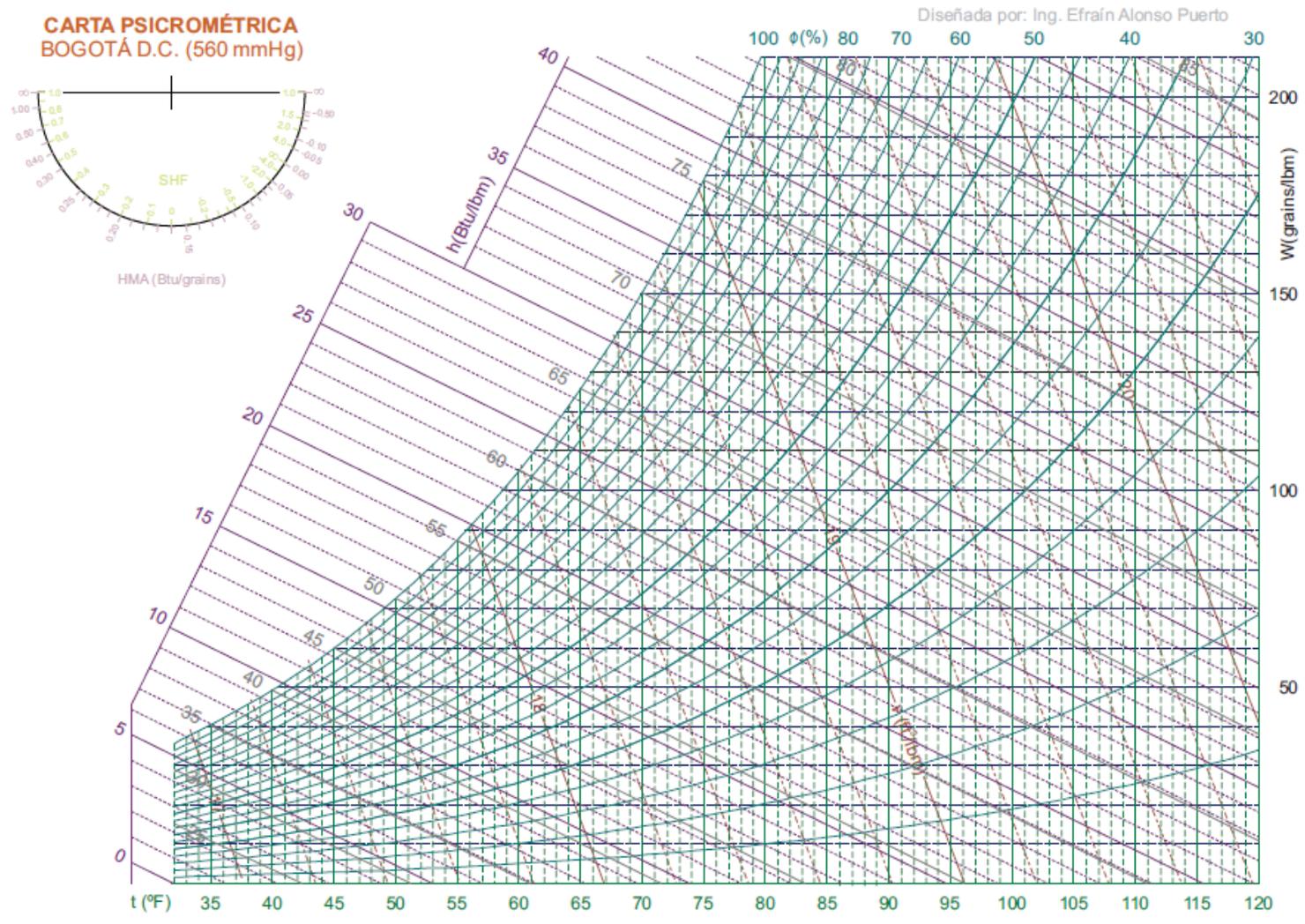
- YUNUS A. CENGEL Y MICHAEL A BOLES. Termodinámica, Quinta edición, MCGraw-Hill Interamericana, México, 2006.
- INCROPERA, David P de Witt y OTROS. Fundamentos de transferencia de calor. Ed. Pearson Educación, 2000.
- JACQUARD Patrick y OTROS. Formulario del frio. Ed. Marcombo, 2000.
- PABLO MELGAREJO MORENO. Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. Ed. Madrid Vicente, 1995.
- JOSE ALARCON CREUS. Tratado practico de refrigeración automática. Ed. Marcombo, 1998.
- ROY J. DOSSAT. Principios de refrigeración, Novena edición. Ed. Compañía editorial continental, 1991.
- EDWARD G. PITA. Principios y sistemas de refrigeración. Ed. Limusa S.A. De C.V., 2000.
- ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, NTC 5315 “sistemas de refrigeración mecánicos usados para enfriamiento y calefacción requisitos de seguridad”. Editada 2004-12-13.
- ALCALDÍA DE BOGOTÁ. DECRETO 1594 DE 1984 “usos del agua y residuos líquidos”. Fecha de Expedición 26/06/1984.

- FRANCESC BUQUE. Manuales practicos de refrigeración y aire acondicionado.Ed. Marcombo, 2006.
- DOSSAT. Roy J. Principios de la refrigeración. Ed. CECSA, 1990.
- COPELAND. Manual de refrigeración. Ed. Copeland, 2000.
- Normativa MI-IF de refrigeración y aire acondicionado

ANEXOS

ANEXO N°1

DIAGRAMA PSICOMÉTRICO A LA ALTURA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

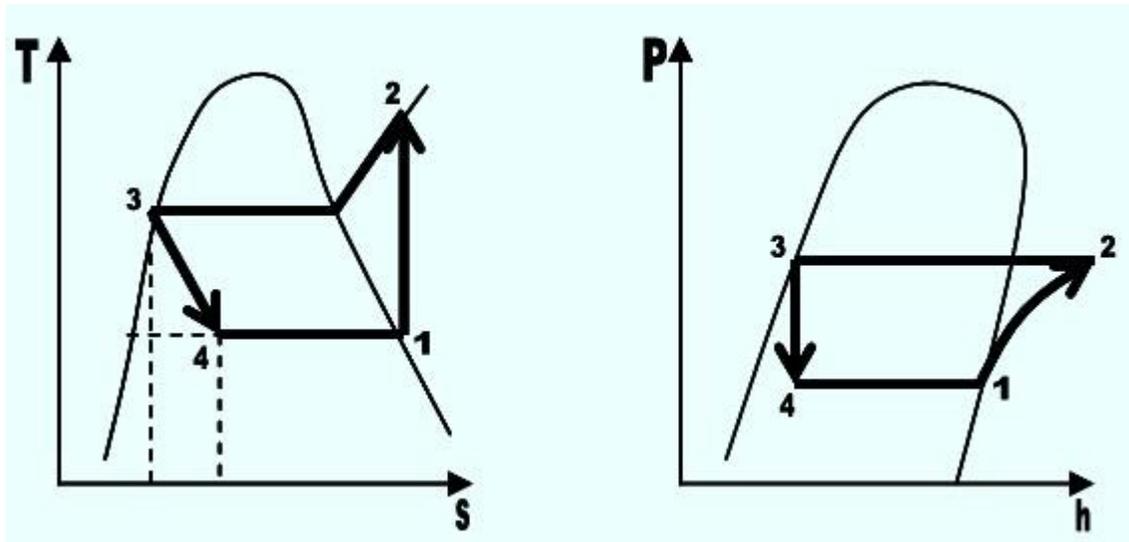


ANEXO N°2

EXPLICACION PARA CREACIÓN DE TABLA DE T, P, H, S.

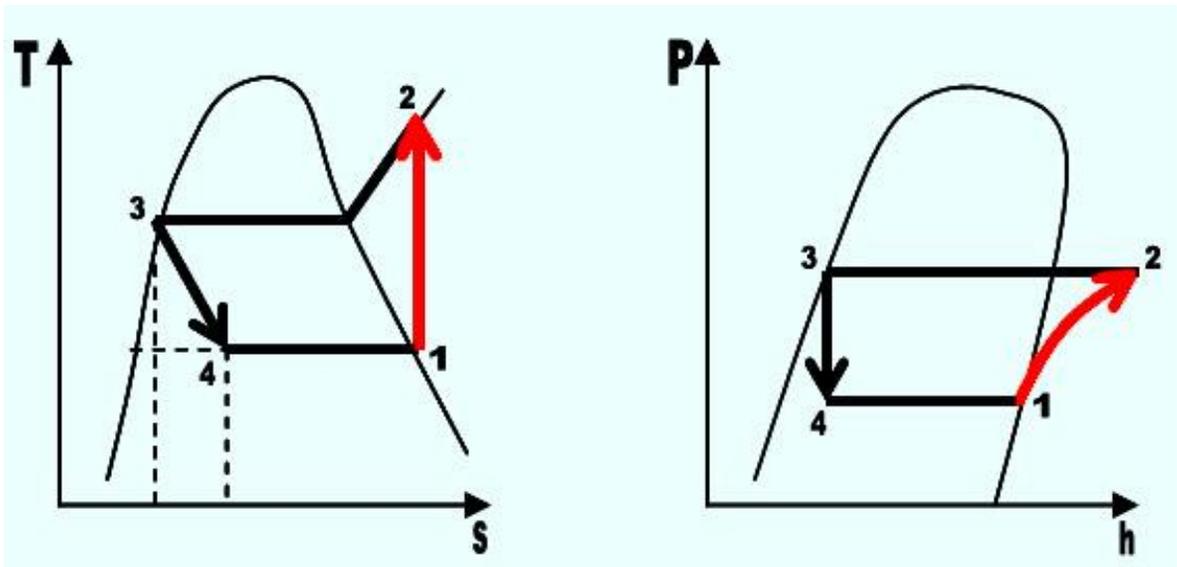
El primer paso para calcular y poder designar las partes de la unidad condensadora es armar una tabla donde se pueda conocer presión, temperatura, entalpia y entropías.

Se comienza con estipular las gráficas de presión-entalpia y temperatura-entropía definiendo el ciclo termodinámico y sus puntos.

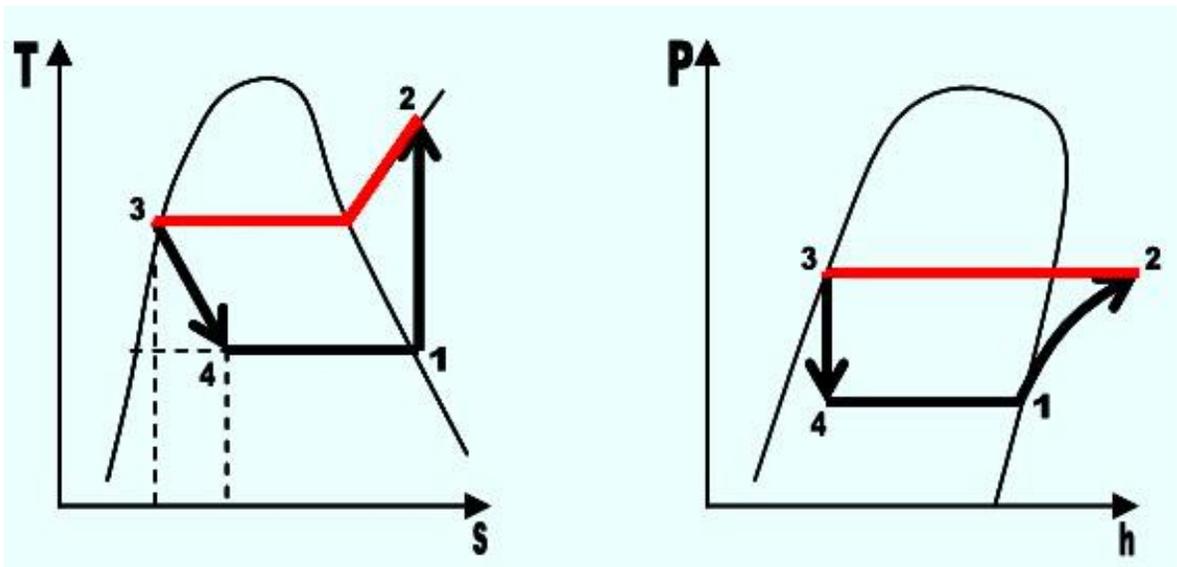


Primero se definen las presiones a trabajar, presión de alta en la cual se ubica el condensador y presión de baja donde se encuentra el evaporador en este caso se trabajara con 25 PSI para baja y 100 PSI para alta.

Se toma como punto de inicio el punto ubicado sobre la línea de saturación de gas para el refrigerante R134a con una presión de 25 PSI, con estas dos variables se ubica en un libro de termodinámica en el apéndice 2 la tabla A-12E y se toma la temperatura entalpia y entropía de vapor saturado.

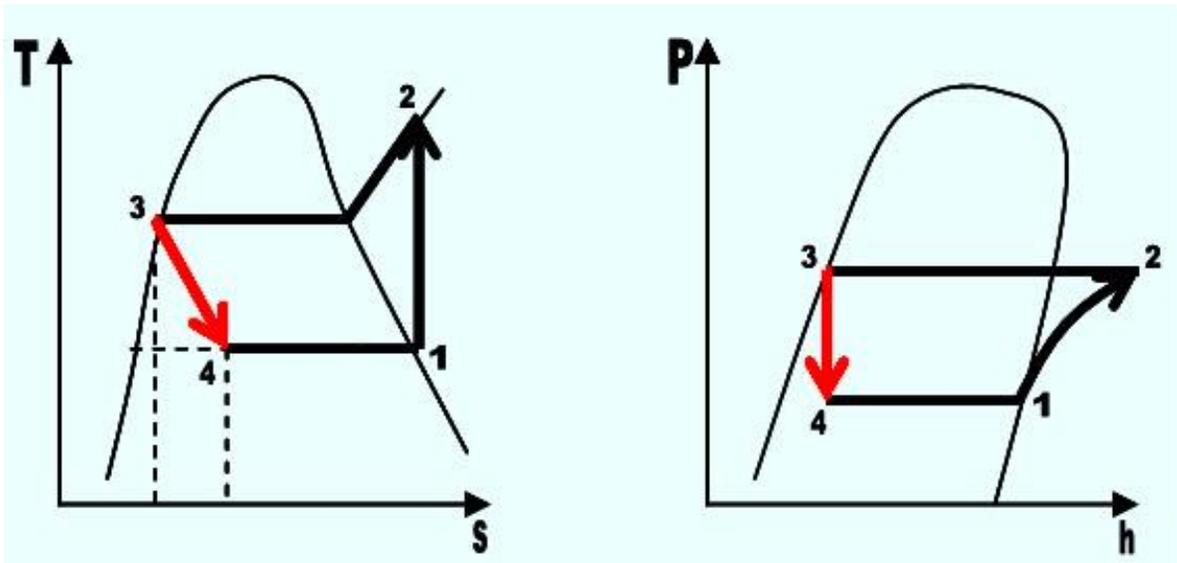


Como se muestra en la gráfica de T-S la S del punto 1 es igual a la del punto 2 con esta S ubicamos la tabla A-13E de refrigerante R134a sobrecalentado y con la presión de 100 PSI se busca la entalpia del punto 2; en este caso que no se encuentra la S por tal razón se debe interpolar para saber su temperatura y su entalpia.

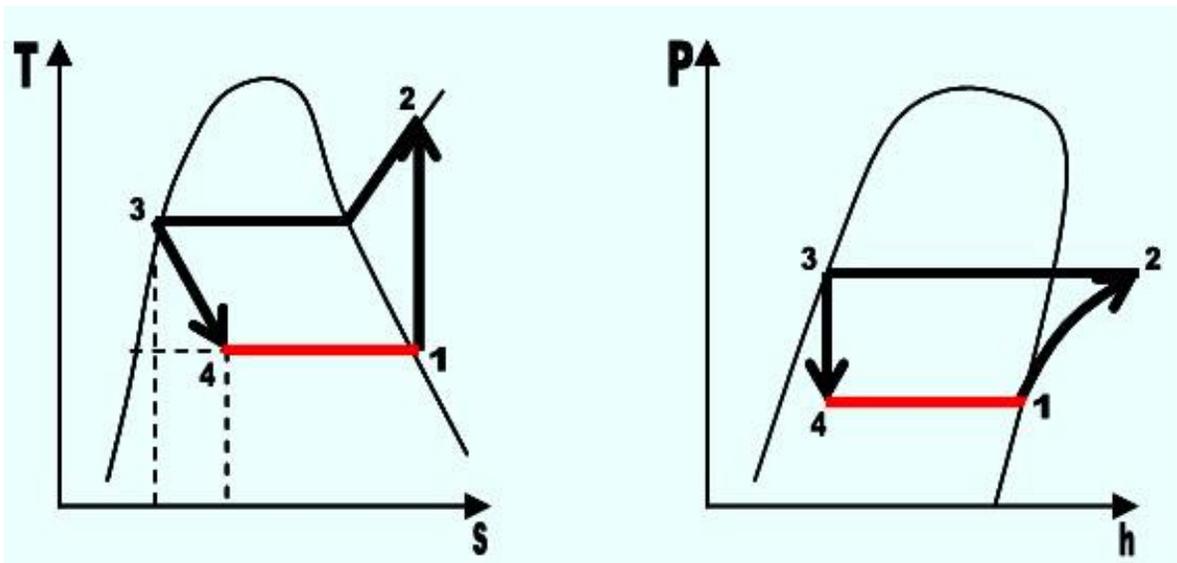


Lo siguiente que se hace es tomar la gráfica P-h, se sabe que la presión 2 es igual a la presión 3, con la presión de 100 PSI se ubica en la tabla A-12E de saturación

de líquido como se observa en la figura y se toman los datos de temperatura entropía y entalpía de líquido saturado.



Para el punto 4 por las gráficas se define que la presión del punto 4 es igual al punto 1, al igual que la temperatura y entalpía del punto 3 es igual al punto 4.



El único valor a encontrar es el de la entropía, este se obtiene al determinar la calidad de la mezcla de líquido y gas que existe en ese punto por medio de la ecuación:

$$x = \frac{h - h_f}{h_{fg}}$$

Donde:

h: es la entalpia del punto 4

h_f: es la entalpia del líquido saturado

h_{fg}: es la entalpia de la mezcla liquido-gas

x: porcentaje de calidad de la mezcla.

Los **h_f** y **h_{fg}** se obtienen en la tabla A-12E a una presión de 25 PSI.

Después de calcular la mezcla por medio de la entalpia se aplica la ecuación de mezcla pero utilizando las entropías:

$$s = s_f + (s_{fg} * x)$$

Donde:

S: es la entropia del punto 4

S_f: es la entropia del líquido saturado

S_{fg}: es la entropia de la mezcla liquido-gas

Como resultado final se obtiene una tabla asi:

TABLA CON NOMENCLATURA DE SISTEMA DE UNIDADES AMERICANAS

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
h ($\frac{Btu}{Lbm}$)	104.13	116.50	37.869	37.869
P (PSI)	25	100	100	25
T ($^{\circ}F$)	7.17	90	79.12	7.17
S ($\frac{Btu}{Lbm \cdot R}$)	0.22462	0.22462	0.07879	0.0824438

TABLA DE SISTEMA DE UNIDADES INTERNACIONAL SI

	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
h ($\frac{KJ}{Kg}$)	242.2063	270.979	88.0832	88.0832
P (Bar)	1,72369	6,89476	6,89476	1,72369
T (°C)	-13,79444	32,2222	26,177778	-13,79444
S ($\frac{Btu}{Lbm \cdot R}$)	0.22462	0.22462	0.07879	0.0824438

ANEXO N°3

	<ul style="list-style-type: none"> - Válvula de expansión cerrada - Válvula solenoide cerrada - Líneas de refrigerante dobladas 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiarlo • Ajustarla • Revisar bobina quemada o ajuste del termostato • repararlas
<p>2. EL COMPRESOR FUNCIONA PERO NO ENFRÍA</p>	<ul style="list-style-type: none"> A) falta de refrigerante por <ul style="list-style-type: none"> a) válvulas parcialmente cerradas b) filtro obstruido c) fugas de refrigerante d) válvula de expansión desajustada e) líneas de refrigerante dobladas f) bulbo de válvula de expansión mal colocado 	<ul style="list-style-type: none"> • abrirlas • limpiar filtro o cambiarlo • Revisar fugas y repararlas • Ajustarla • Repararla • Colocar correctamente limpiando el lugar

	<p>g) capilar dañado</p> <p>B) termostato dañado o desajustado</p> <p>C) compresor que no comprime</p> <p>D) falta de capacidad debido a:</p> <p>a) equipo chico</p> <p>b) mayor carga en el espacio acondicionado</p> <p>c) voltaje menor que el requerido</p> <p>d) condensador sucio</p>	<p>de contacto con el tubo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambiarlo o ajustarlo • Cambiarlo o ajustarlo • Revisar y reparar plato de calculas • Notificar a la persona indicada para hacer estudio respectivo • Notificar a la persona • Comprobar con voltímetro • Limpiar condensador con cepillo de fluxes
3. EL COMPRESOR PARA POR ALTA	A) condensador sucio	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar el condensador con

<p>PRESIÓN</p>	<p>B) falta de circulación de agua de condensación por:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Tubería de agua y filtros sucios b) Válvulas de agua parcialmente cerradas c) Bomba de agua sucia o gastada d) Torre de enfriamiento no funciona <p>C) válvulas del compresor parcialmente cerradas</p> <p>D) presostato dañado o desajustado</p> <p>E) líneas de refrigeración dañadas</p>	<p>cepillo para fluxes. en caso de incrustación mayor, esta limpieza deberá ser hecha por personal especializado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpiarlos • Abrirlas • Limpiarla o repararla • Consultar manual respectivo • Abrirlas • Cambiarlo o ajustarlo • Repararlos
-----------------------	---	--

	F) demasiada carga de refrigerante	<ul style="list-style-type: none"> • Evacuar refrigerante sobrante
4. EL EQUIPO ENFRÍA DEMASIADO	<p>A) termostato dañado o desajustado</p> <p>B) presostato dañado o desajustado</p> <p>C) válvula solenoide no cierra</p> <p>D) válvula de expansión desajustada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiarlo o ajustarlo • Cambiarlo o ajustarlo • Revisarla y repararla • ajustarla
5. VIBRACIONES Y RUIDOS	<p>A) anclajes sueltos del equipo</p> <p>B) baleros sin lubricar o gastados</p> <p>C) partes del gabinete flojas</p> <p>D) bases anti vibratorios apretadas o en mal estado</p> <p>E) baleros o cojinetes desgastados</p>	<ul style="list-style-type: none"> • apretarlos • lubricar o cambiar • cambiar empaques y apretar tornillos • aflojarlas o cambiarlas • revisar y cambiarlos

<p>6. EL COMPRESOR CICLA FRECUENTEMENTE</p>	<p>A) presostado con diferencial mal ajustado</p> <p>B) reloj funcionando mal</p> <p>C) circulación deficiente de refrigerante</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ajustarlo • revisar, repararlo o cambiarlo • Revisar que no existen fugas de agua o refrigerante, y que la carga del refrigerante este completa
<p>7. PERDIDA DE ACEITE EN EL COMPRESOR</p>	<p>A) no funciona el calentador del cárter</p> <p>B) equipo mal instalado</p> <p>C) presostato dañado o</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar y reparar • Notificar a la persona indicada para hacer estudio respectivo • Revisar contactos y conexiones • Revisar o cambiar capacitares • Revisar o cambiar bobinas • Revisar o cambiar motores • Cambiarlo

	<p>desajustado</p> <p>D) válvula de servicio parcialmente cerrada</p> <p>E) circulación deficiente de aire</p> <p>F) líneas de refrigerante dañadas</p> <p>G) demasiada carga del refrigerante</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abrirla • Verificar que los espacios entre el equipo y paredes u objetos cercanos sea suficiente para permitir el paso de aire • No deben conectarse ductos en la circulación de aire del condensador • Aumentar ventilación del lugar de instalación del condensador • Repararlas • Evacuar el refrigerante sobrante
--	--	--

ANEXO N°4

MANUAL DE OPERACIÓN

Operación al arrancar por primera vez el equipo

Para el equipo que se arranca por primera vez: una vez que la instalación ha sido terminada y se ha revisado que no existen fugas de agua o del refrigerante, se deberá preceder a efectuar las siguientes operaciones:

- 1- Comprobar que la alimentación eléctrica es la misma que se indica en la placa

- 2- Los tamaños de los fusibles y elementos deben ser los correctos
- 3- Todas las conexiones y contactos eléctricos deberán estar bien sujetos
- 4- El equipo deberá contar con todos sus empaques, aislamientos y pintura completos y en buen estado
- 5- Todas las válvulas de servicio y de paso deberán estar abiertas
- 6- La válvula solenoide deberá operar correctamente
- 7- El nivel de aceite está correcto
- 8- Los controles de seguridad y el interruptor de flujo deberán proteger efectivamente
- 9- El agua de condensación circulará a la temperatura específica.
- 10- Apretar los tornillos de la base del compresor
- 11- Antes de arrancar el equipo se deberá comprobar que el consumo de la corriente y las presiones del refrigerante sean las correctas
- 12- Observar el funcionamiento del equipo cuidándolo de vibraciones y ruidos extraños
- 13- La mirilla indicará el color correcto y no se observarán burbujas

Operaciones para arrancar el equipo después de un paro por temporada, se deberá comprobar que:

- 1- El condensador está limpio y libre de suciedad e incrustaciones
- 2- Los fusibles están completos y todas las conexiones y contactos están apretados
- 3- Todos los equipos deberán contar con su pintura, empaques, tornillos y aislamientos completos y en buen estado
- 4- No existan fugas de agua o refrigerante. En caso contrario se deberá reparar y completar la carga de gas refrigerante
- 5- El nivel de aceite está correcto
- 6- Todos los controles están calibrados y que operen correctamente
- 7- Las válvulas de servicio y de paso están abiertas
- 8- La tubería no haya sido dañada y que conserve su buen estado
- 9- El agua de condensación circula a la temperatura correcta

- 10-Los calentadores del Carter funcionen por lo menos durante 8 horas antes de arrancar el equipo
- 11-Cuando se arranque el equipo, se vigile que tanto la presión del refrigerante así como el consumo de corriente sean los correctos
- 12-El equipo funcione libre de vibraciones o ruidos extraños
- 13-La mirilla muestre el color correcto y no se observen burbujas

Mantenimiento preventivo

- 1- Limpiar el condensador con cepillo para fluxes. En caso de que los tubos se encuentren muy incrustados, se deberá tener cuidado de encomendar este trabajo a una empresa especializada que cuenten con personal experimentado
- 2- Revisar que no existen fugas de agua o refrigerante, y que la carga del refrigerante este completa
- 3- Revisar que todos los tornillos, empaques y pintura se encuentren completos y en buen estado, cambiando o pintando las puertas que lo requieran
- 4- Apretar todos los tornillos de bases y gabinete
- 5- Limpiar y apretar todas las conexiones y contactos eléctricos
- 6- Comprobar el consumo de corriente eléctrica
- 7- Revisar las presiones del refrigerante
- 8- Comprobar el correcto funcionamiento de todos los controles
- 9- Revisar el funcionamiento del calentador del cárter del compresor
- 10-Revisar niveles de aceite
- 11-Practicar análisis y tratamiento de agua según se recomienda en el manual respectivo

Limpiar filtros de agua y revisar válvulas de corte de agua.

ANEXO N°5