

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA FRIGORÍFICO DE
LA PLANTA "SURIMI" DEL INSTITUTO
TECNÓLOGICO PESQUERO DEL PERÚ**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

LUIS HENRI, TORREJÓN VARGAS

PROMOCIÓN 2 000-II

LIMA-PERÚ

2 013

ÍNDICE

	Pág.
PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN	3
1.1 GENERALIDADES	3
1.2 OBJETIVO	4
1.3 ALCANCE	4
1.4 LIMITACIONES	5
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE PLANTA ANTIGUA	6
2.1 CARACTERÍSTICAS.	6
2.2 ESQUEMA FRIGORÍFICO	13
CAPÍTULO III: CONCEPTOS GENERALES DE LA REFRIGERACIÓN	14
3.1 GENERALIDADES	14
3.2 DIFERENCIAS DE SISTEMAS FRIGORIFICOS SEGÚN TIPO DE COMPRESOR	30
3.2.1 Compresores alternativos	30
3.2.2 Compresores de tornillo	31
3.2.3 Diferencias principales entre sistemas según compresor	33
3.3 AMONIACO Vs. HCFCs	33

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE PLANTA FRIGORÍFICA NUEVA.	37
4.1 CARACTERÍSTICAS	37
4.2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA.	37
4.2.1 Carga térmica por transmisión de calor	39
4.2.2 Carga térmica por cambios de aire	40
4.2.3 Carga térmica por tipo de producto	43
4.2.4 Carga térmica por iluminación	45
4.2.5 Carga térmica por motores eléctricos	45
4.2.6 Carga térmica por personas	46
4.2.7 Carga térmica total horaria	46
4.3 CÁLCULO TÉRMICO DE PLANTA.	49
4.3.1 Carga térmica en el túnel de congelamiento 1 y 2	49
4.3.2 Carga térmica en la cámara frigorífica	51
4.3.3 Selección de principales componentes	54
4.4 ESQUEMA FRIGORÍFICO.	59
CAPÍTULO V: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PLANTA NUEVA.	60
5.1 COMPRESORES.	60
5.2 EVAPORADORES DE TIRO FORZADO.	61
5.2.1 Evaporadores de Túnel de congelados N° 1 y 2	61
5.2.2 Evaporadores de Cámaras de congelados.	62
5.3 CONDENSADOR EVAPORATIVO.	62
5.4 SISTEMA DE EXPANSIÓN.	63
5.5 TANQUES DE ALMACENAMIENTO.	63

III

5.5.1 Tanque receptor de líquido con termosifón.	63
5.5.2 Separador de líquido/ Tanque de baja presión	64
5.5.3 Tanque purgador de aceite	65
5.6 BOMBA DE AMONÍACO	66
5.7 VALVULAS Y CONTROLES.	66
5.8 SISTEMA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	66
5.9 AISLAMIENTO TÉRMICO	67
CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA	69
6.1 PRESUPUESTO.	69
6.2 AHORRO ENERGÉTICO	72
CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	75
PLANO	76
ANEXOS	77
Anexo 1 : Compresores	
Anexo 2: Evaporadores	
Anexo 3: Condensador evaporativo	
Anexo 4: Válvula de expansión manual	
Anexo 5: Bomba de amoníaco	

PRÓLOGO

El presente informe de ingeniería trata sobre el proyecto electromecánico para la repotenciación del sistema frigorífico de la planta “Surimi” del ITP, mediante la renovación de los equipos antiguos para mejorar la eficiencia y ahorro de energía mediante un sistema Centralizado con compresores de tipo Tornillo, utilizando amoniaco como gas refrigerante.

Este informe consta de seis capítulos. En el primer capítulo se presenta el propósito de este informe y la mejora de las instalaciones.

En el segundo capítulo se describe el funcionamiento de la planta antigua, indicando la relación de los equipos empleados, así como el esquema frigorífico de funcionamiento de la misma.

En el tercer capítulo se brinda la fundamentación teórica en cuanto a los conceptos generales de la Refrigeración, se indican las diferencias principales en cuanto al uso del amoniaco como refrigerante principal.

En el cuarto capítulo, se realiza el análisis térmico y el esquema frigorífico de la nueva instalación.

En el quinto capítulo, se brindan las especificaciones técnicas de los equipos y componentes de la planta frigorífica nueva.

En el sexto capítulo se indican los metrados y costos de la inversión del proyecto; además de la evaluación y el cálculo del ahorro de energía comparando la carga eléctrica instalada en la planta antigua, contra la carga eléctrica instalada en la planta nueva.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

Los sistemas frigoríficos de gran envergadura, por lo general se diseñan con equipos fabricados para trabajar con gas refrigerante Amoniac (NH₃) al 99.95%, debido a sus grandes propiedades físico-químicas como agente frigorífico.

El principal componente de un sistema frigorífico es el Compresor, el cual a sufrido grandes modificaciones a través de los años. En general en las instalaciones antiguas de sistemas de congelados, se encuentran sistemas frigoríficos equipados con compresores de tipo pistón de doble etapa; en los últimos años la tendencia es utilizar compresores frigoríficos tipo Tornillo (helicocentrífugos), los cuales poseen mejores performances para trabajos a bajas temperaturas (-30°C) logrando con ello una disminución significativa del consumo de energía eléctrica, obteniendo además por su diseño ahorro en los gastos de manutención de estos equipos.

Los demás componentes del sistema: Condensador evaporativo, Evaporadores, Tanques de almacenamiento, válvulas y controles, también son tratados en este informe.

La planta frigorífica a repotenciar, constaba de dos túneles de congelamiento de pescados de 5 TM/8h, además de una cámara frigorífica para mantener congelados (-30°C) de 180 TM . La nueva planta frigorífica se calculó para la misma capacidad que la antigua, pero cambiando el tipo de sistema frigorífico empleado.

1.2 OBJETIVO

El proyecto consiste en la repotenciación de la planta “Surimi” del ITP, mediante la renovación de los equipos antiguos los cuales se basan en un sistema frigorífico que cuenta con varios compresores de diversas capacidades; centralizados con un solo condensador de tipo casco y tubos, el cual utiliza agua para el intercambio de calor, por equipos tipo tornillo lo cual mejorará la eficiencia y el ahorro de energía.

1.3 ALCANCE

Este proyecto contempla los siguientes alcances.

Determinar la carga frigorífica necesaria para la capacidad requerida, con lo cual se seleccionaran los equipos y demás componentes frigoríficos a emplear en la nueva instalación.

Determinar el ahorro energético por el cambio de sistema antiguo a moderno, principalmente por la introducción de nuevas tecnologías, haciendo la respectiva evaluación económica.

Elaborar los costos y presupuestos de todos los equipos y componentes necesarios para la correcta instalación.

Indicar las especificaciones técnicas de los equipos y componentes principales del sistema.

1.4 LIMITACIONES

Se realizará la evaluación económica, solo desde el punto de vista técnico. No se realizará considerando los costos de producción proyectados, por ser un Informe de Suficiencia.

CAPITULO II

DESCRIPCION DE PLANTA ANTIGUA

2.1 CARACTERISTICAS

La planta "Surimi" contaba con una antigüedad de 35 años, al momento de plantearse su repotenciación, dicha planta se encuentra ubicada en el terminal pesquero de Ventanilla en las instalaciones del ITP (Instituto Tecnológico Pesquero del Perú) a continuación se muestra el plano de distribución de ambientes de trabajo:

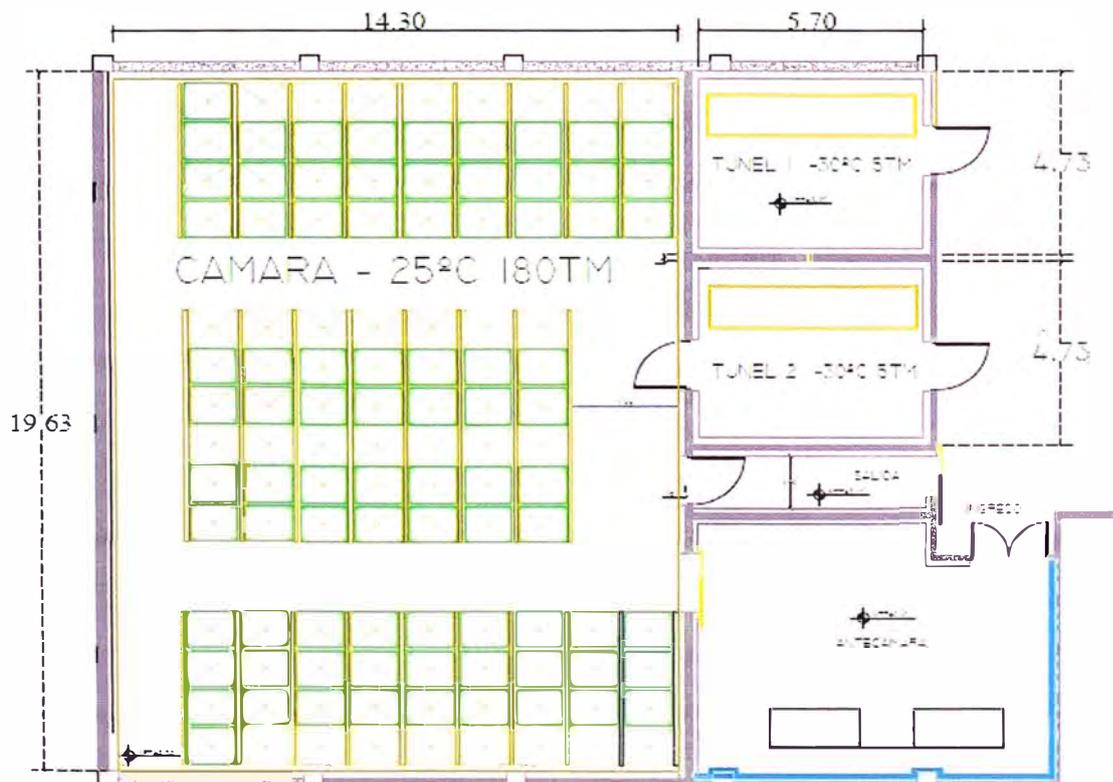


Fig. 2.1: Distribución de ambientes de trabajo

El sistema frigorífico constaba de un Tándem de compresores de Alta y Baja presión centralizados con un tanque recibidor y un tanque acumulador en baja presión, conjuntamente con un condensador de casco y tubos enfriados por una torre de enfriamiento.

A continuación se describen los principales componentes del sistema, asimismo se indican las potencias eléctricas que consume cada equipo los cuales nos servirán para hacer el comparativo de la mejora de eficiencia energética con respecto al sistema repotenciado.

Descripción de Equipos:

Compresores de Alta presión:

Cantidad	03
Marca	Mycom
Modelo	N4WB - Z
Nº de Cilindros:	4
Refrigerante	Amoniaco
Velocidad	980 r.p.m.
Capacidad @	-5°C : 196,805 kcal/hr
Motor eléctrico	Siemens
Potencia eléctrica	56KW / 75HP 440V/3 /60Hz

Compresores de Baja presión:

Cantidad	:	03
Marca	:	Mycom
Modelo	:	N6WB - Z
Nº de Cilindros:		6
Refrigerante	:	Amoniaco
Velocidad	:	980 r.p.m.
Capacidad @ -40°C	:	118,628 kcal/hr
Motor eléctrico	:	Siemens
Potencia eléctrica	:	45KW / 60HP 440V/3 /60Hz

Evaporador Túnel Nº 1:

Cantidad	:	01
Marca	:	Baltimore
Modelo	:	UC3-224-R-A-HG
Refrigerante	:	Amoniaco
TD	:	5.5 °C
Alimentación de líquido	:	Recirculación de amoniaco.
Descongelamiento	:	Gas caliente.
Número de Ventiladores	:	4
Potencia de los ventiladores	:	0.6 KW – 440V – 60Hz – 3Ø
Diámetro de los ventiladores	:	61 cm.
Capacidad del ventilador	:	277m ³ /seg
Tiro	:	18m

CAPITULO II

DESCRIPCION DE PLANTA ANTIGUA

2.1 CARACTERISTICAS

La planta "Surimi" contaba con una antigüedad de 35 años, al momento de plantearse su repotenciación, dicha planta se encuentra ubicada en el terminal pesquero de Ventanilla en las instalaciones del ITP (Instituto Tecnológico Pesquero del Perú) a continuación se muestra el plano de distribución de ambientes de trabajo:

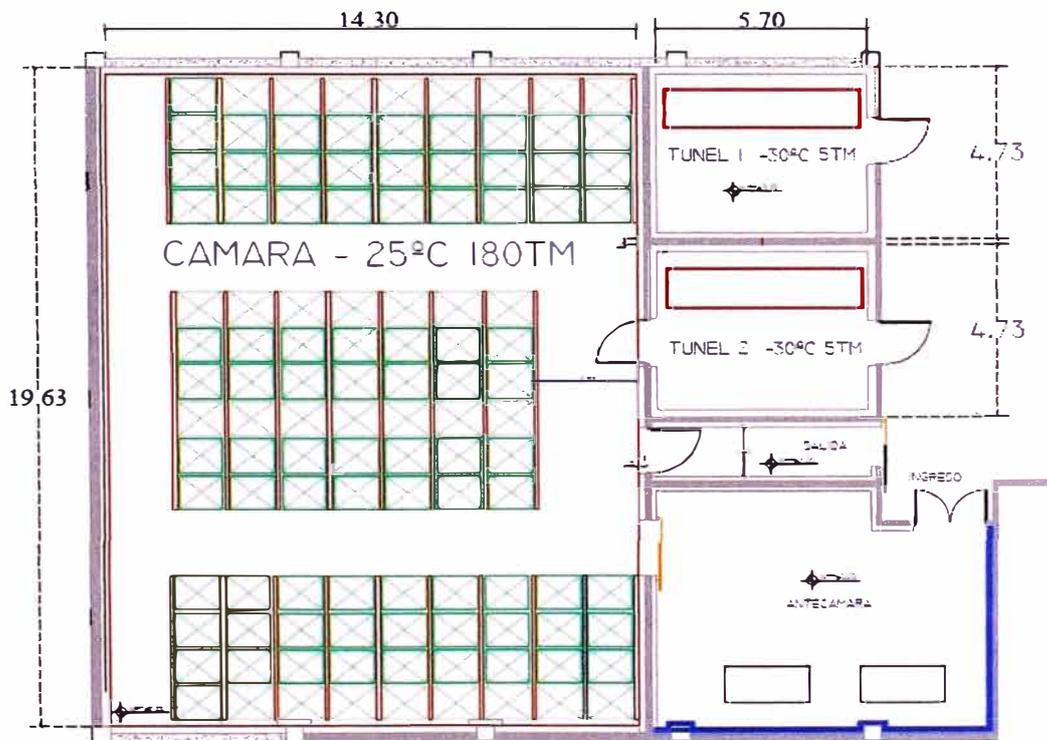


Fig. 2.1: Distribución de ambientes de trabajo

Diámetro de los ventiladores	61 cm.
Capacidad del ventilador	277m ³ /seg
Tiro	18m

Condensador de Casco y Tubos:

Cantidad	01
Marca	BALTIMORE
Modelo	CV-150
Refrigerante	Amoniaco
Temperatura de succión	-5 °C
Temperatura de descarga	35°C
Capacidad	696,982 kcal/h

Torre de enfriamiento:

Cantidad	01
Marca	QYM
Modelo	TE-550
Medio	Agua recirculada
Temperatura de ingreso	32 °C
Temperatura de salida	28°C
Capacidad	696,982 kcal/h
Número de ventiladores	2
Potencia de los ventiladores	2.5KW- 440V – 60Hz – 3Ø
Diámetro de los ventiladores	122cm.

Número de bombas	:	1
Potencia de las bombas	:	0.70 Kw – 440V – 60Hz – 3Ø
Caudal de las bombas	:	0.5 m ³ /min.

Acumulador de succión:

Cantidad	:	01
Marca	:	Philips
Modelo	:	D-70-20
Tipo	:	Vertical
Refrigerante	:	Amoniaco
Temperatura de succión	:	-30.5 °C
Capacidad	:	211,680 kcal/h
Diámetro tubería de entrada	:	101 mm ó 4”
Diámetro del tanque	:	610mm
Largo del tanque	:	3,048 mm

Tanque recibidor:

Cantidad	:	01
Marca	:	Philips
Refrigerante	:	Amoniaco
Temperatura de descarga	:	35° C
Diámetro del tanque	:	305 mm
Largo del tanque	:	1,524 mm

Bomba de amoniaco:

Cantidad : 02
 Marca : Hermetic
 Refrigerante : Amoniaco

CUADRO N° 2.1**RESUMEN DE LAS CARGAS ELECTRICAS INSTALADAS****EQUIPO ANTIGUO**

ITEM	EQUIPO	CANT.	CARGA UNITARIA (KW)	CARGA TOTAL (KW)
1	COMPRESOR DE ALTA	3	56	168
2	COMPRESOR DE BAJA	3	45	135
3	EVAPORADOR TUNEL 1	1	0.6x4	2.4
4	EVAPORADOR TUNEL 2	1	0.6x4	2.4
5	EVAPORADOR CÁMARA	3	0.37x2	2.22
6	TORRE DE ENFRIAMIENTO	1	5.70	5.70
7	BOMBAS DE AMONIACO	1	2	2
TOTAL DE CARGA ELECTRICA INSTALADA (KW)				317.72

2.2 ESQUEMA FRIGORÍFICO

A continuación se presenta el esquema frigorífico de la planta antigua, en la que se puede notar la gran cantidad de compresores que se utilizaban:

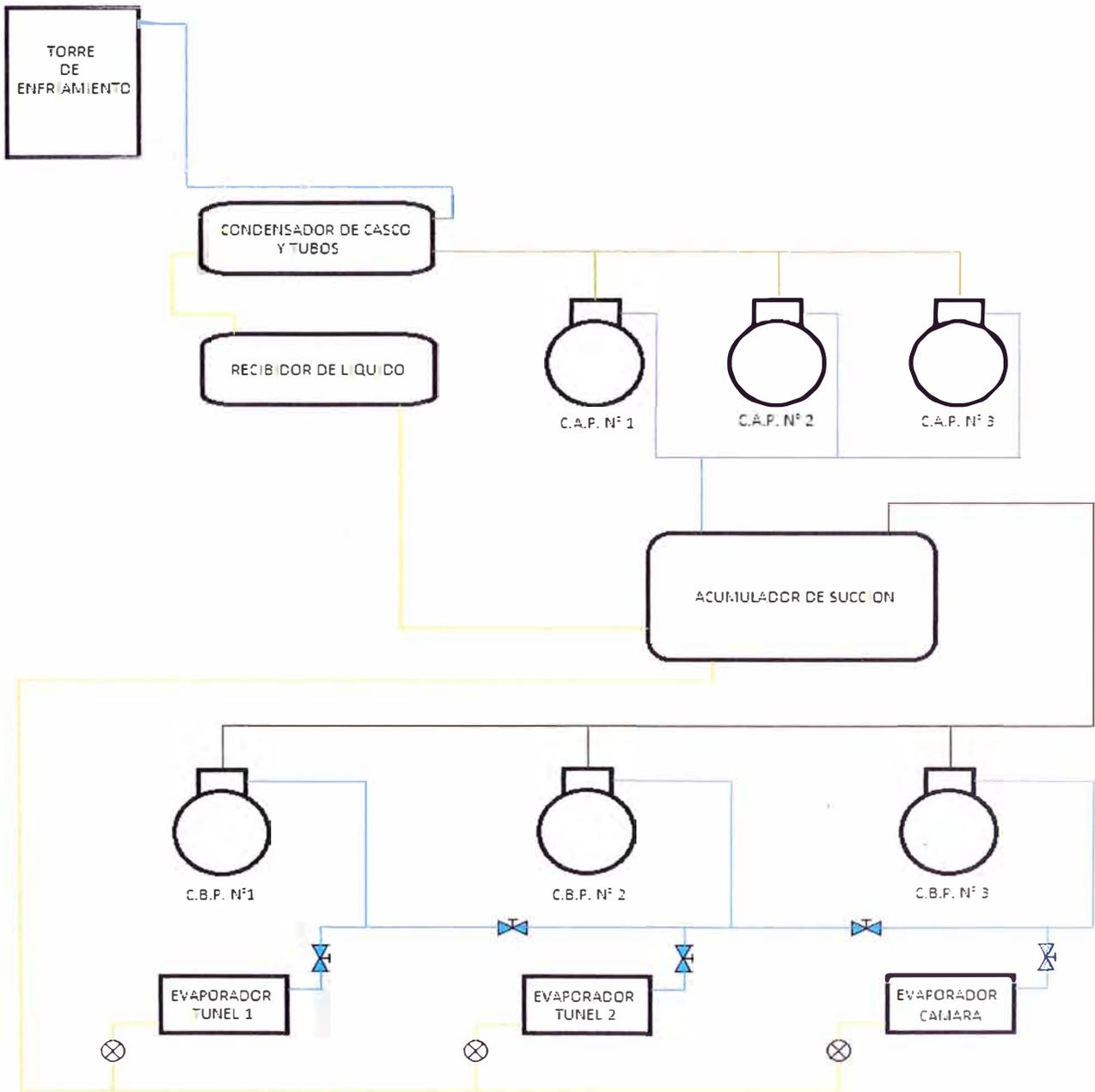


Figura 2.2: Esquema frigorífico de planta antigua.

CAPITULO III

CONCEPTOS GENERALES DE LA REFRIGERACION

3.1 GENERALIDADES

Desde los momentos en que la personas emigraron a las grandes ciudades creció la necesidad de abastecimiento de alimentos básicos para vivir y se hizo necesaria prolongar los tiempos de almacenamiento y preservación de los alimentos.

El congelamiento industrial de alimentos se inicia en la segunda mitad del siglo XIX, uno de los primeros embarques de carne de res en buenas condiciones se hizo en un despacho desde Buenos Aires a Francia en un barco frigorífico, fue entonces cuando Clarence Birdseye, padre del consumo de productos congelados, introdujo el primer congelador de placas de doble contacto para uso comercial en 1929. Esto dió al consumidor una gran cantidad de opciones de tener frutas, vegetales, pescado, etc.

El crecimiento económico y la industrialización seguidos de la segunda guerra mundial, dieron un gran empujón al crecimiento de la industria de los alimentos congelados, para en los años 60's y 70's crecer a grandes saltos. La congelación es un método económico de mantener la calidad, el valor nutritivo y las propiedades sensoriales de los alimentos durante largos períodos.

La congelación es el proceso que cambia el contenido de agua de un producto a hielo y reduce la temperatura del producto desde el ambiente hasta la de almacenamiento, el almacenamiento de producto congelado es el mantenimiento de un producto a una temperatura constante, por lo general a -18°C o inferior. Si se congela a menor temperatura se reduce la velocidad de deterioro e incrementa la vida de almacenamiento.

Hablaremos de los procesos de congelación más adecuados y de las consideraciones necesarias para tener una buena calidad con costos sustentables.

PRINCIPIOS GENERALES PARA ALMACENAR Y DISTRIBUIR PRODUCTOS CONGELADOS.

Cuando se tiene un proceso y manipulación adecuada, los alimentos congelados tienen todas sus características similares a la de los productos frescos. Generalmente el congelamiento preserva el sabor, textura y valores nutritivos mejor que cualquier otro método de preservación.

La calidad de los productos congelados depende de cómo el producto congelado se manipuló, de que tan bueno fue su congelamiento y de no perder la cadena de frío, durante su almacenamiento y distribución.

Al tener un congelamiento lento las reacciones físicas y bioquímicas del producto hacen que se degrade. Gradualmente estas reacciones reducen la calidad del producto congelado, teniendo como base que el tiempo de congelamiento depende del tipo

de producto, el método de congelamiento y las condiciones de almacenamiento del producto. Los microorganismos no se desarrollan en alimentos que se mantienen a una temperatura por debajo de -14°C a -12°C ; a temperaturas entre -1°C y 3°C , las bacterias pueden desarrollarse, pero no pueden hacerlo los organismos que intoxican los alimentos. Los problemas sanitarios, en general, van asociados a la manipulación de algún tipo de organismo antes de la congelación, después de la congelación o en ambos casos. La mayoría de los alimentos congelados se cocinan antes de ser comidos, lo cual es interesante porque la cocción puede destruir las bacterias dañinas o los productos bacterianos finales, incluso no es cierto que todas las materias dañinas o todos los microorganismos se destruyan por cocción. Solamente deberán congelarse alimentos de buena calidad. Deben prepararse, tratarse y envasarse en condiciones sanitarias y congelarse a una velocidad tal que se evite el deterioro por razón del desarrollo bacteriano. Después de la congelación, los alimentos deben conservarse a temperaturas uniformes adecuadas para el almacenaje de congelados; es decir, de -18°C para abajo. Después de la descongelación, deberán emplearse adecuadamente bajas temperaturas de refrigeración, hasta que el producto se consuma.

PROCESO DE CONGELAMIENTO.

Es importante diferenciar entre "Congelamiento" y el "Almacenamiento de Congelado".

El congelamiento se refiere al proceso mediante el cual el calor del producto es removido, reduciendo la temperatura del mismo y cambiando el estado de la mayoría

del agua contenida en el producto desde líquido a sólido (hielo), una temperatura de -18°C (0°F) es el estándar de congelamiento en la industria alimenticia. Ahora el “Almacenamiento de congelado” se refiere a mantener el producto a una temperatura constante (por debajo de la temperatura de congelamiento) durante un periodo de tiempo, a medida que el calor es removido del producto, se dan tres etapas en el cambio de temperatura. Las diferentes partes del producto pasan a través de las tres etapas en diferentes tiempos.

- 1) El periodo durante el cual la temperatura del producto es llevada hasta el punto de congelamiento, corresponde a la remoción del calor sensible arriba del punto de congelamiento.
- 2) El segundo periodo corresponde al periodo en el cual el agua contenida en el producto cambia de líquido a sólido (Hielo) y tiempo en el cual la temperatura permanece constante. En esta etapa se está retirando el calor latente del producto.
- 3) El tercer periodo corresponde al periodo durante el cual el producto es llevado desde el punto de congelamiento hasta la temperatura deseada. Este periodo corresponde al periodo durante el cual se retira el calor sensible del producto después de congelado.

Una temperatura homogénea del producto se logra cuando el producto se mantiene sin ganancia ni pérdida de calor.

El tiempo de congelamiento es determinado por la razón de transferencia de calor, la cual depende del producto (forma y características bio-químicas) y del método de congelamiento. La velocidad a la que el calor es movido desde el centro del producto a la superficie del mismo es determinada por la conductividad térmica del producto. La velocidad a la cual el calor es retirado de la superficie del producto se denomina Coefficiente de Transferencia de Calor. La razón de congelamiento es la velocidad a la cual la formación de hielo se mueve dentro del producto.

La razón a la cual el calor es removido del producto está determinada por la resistencia a transferir calor en la superficie y la velocidad de transferencia dentro del producto mismo.

Existen varios métodos para calcular la razón de remoción de calor y su tiempo de congelamiento. Aunque cálculos empíricos pueden ser usados para aproximar los tiempos de congelamiento, generalmente estos tiempos son obtenidos mediante pruebas de laboratorio y de campo.

EFECTO DEL CONGELAMIENTO EN EL PRODUCTO FINAL

La función del congelamiento es preservar los alimentos mientras se mantiene su alta calidad. Esto se logra reduciendo la temperatura del producto y de esa manera hacer más lento el proceso de deterioro del producto, que se da por la oxidación de las grasas, el crecimiento de microorganismos, reacciones enzimáticas y la pérdida de humedad de la superficie del producto.

En el pasado, se usaban métodos poco técnicos, mediante los cuales se obtenían productos deshidratados, se tenían pérdidas de peso en adición a otros efectos de deterioros de producto, dándose pérdidas en peso de hasta 5% o más, hoy en día esas pérdidas se han reducido, gracias al avance en la tecnología y a la implementación de equipos adecuados. Se habla que un equipo de congelamiento eficiente debe operar con pérdidas en peso no mayores de 1.5%, por ejemplo el color de la carne congelada depende de la velocidad de congelación. Unos ensayos en los que unas piezas de bistec de buey pre-empaquetados, se congelaron por inmersión en un líquido o por exposición a un chorro de aire entre los -7 y -40°C revelaron que el chorro de aire congelando a -29°C produce un color muy similar al del producto sin congelar. Para obtener los mejores resultados, fue necesario tener una temperatura inicial de 0°C . El sabor no parece que quede afectado por la congelación, pero la ternura puede ser afectada, dependiendo del estado de la carne, de la velocidad y la temperatura final de la congelación. Una congelación más rápida a temperatura más baja se vio que aumenta la ternura; sin embargo, no se ha llegado a ningún consenso sobre este efecto. El pan se congela entre los -9 y -7°C . Para la congelación de todas las estructuras celulares es necesario enfriar el pan pasando por la fase de congelación o de extracción de calor latente tan rápidamente como sea posible, para preservar la estructura celular. Dado que la tasa de pérdida de humedad aumenta con las bajas temperaturas, el pan debe enfriarse rápidamente por toda la gama desde la temperatura inicial hasta el punto de congelación y pasando por él.

PERDIDA DE PRODUCTO

Hay tres causas básicas de la pérdida del producto.

- Pérdidas mecánicas, se pierde producto debido al atascamiento del producto o al lanzamiento del mismo fuera del medio contenedor o transportador.
- Daño del producto
- Deshidratación del producto.

La deshidratación es de particular interés debido a que es más difícil de detectar y cuantificar y frecuentemente es el de mayor impacto. Se da debido a la inevitable pérdida de vapor de agua que ocurre cuando el producto es expuesto al aire frío o a otro medio frío. La formación de escarcha en los serpentines es indicio de deshidratación en el producto. Enfriamientos rápidos y congelamiento reducen la deshidratación por dos razones. Al reducir rápidamente la temperatura del producto, se minimiza la razón de evaporación del agua. Y segundo al tener un congelamiento rápido se acorta el tiempo de permanencia del producto durante el cual ocurre la pérdida de agua. Para lograr un enfriamiento rápido y congelamiento no solo basta de tener un medio frío (sea agua u otro producto) sino se debe tener una correcta distribución del medio alrededor del producto, por lo que se debe tener especial cuidado en el diseño de la distribución de aire.

Altas velocidades de aire contribuyen a una mejor transferencia de calor, con lo que se tiene una mayor razón de congelamiento y menor pérdida de peso por deshidratación.

Aunque un exceso en la velocidad del aire puede llevar a pérdidas mecánicas de producto o si este no es empacado adecuadamente se puede llegar a aumentar la

deshidratación, además que esto implicaría mayor potencia en motores de ventiladores, es decir mayor consumo energético.

METODOS DE CONGELAMIENTO

Existen tres métodos principales de equipos de congelamiento, diferenciados por el método de transferencia de calor. Cada uno de ellos además puede ser aplicado en sistemas por lotes (BATCH) o sistema continuo.

CHORRO DE AIRE

Se emplea el aire como medio para transferir el calor. Es el método de transferencia de calor más usado ya que el aire es un medio económico. Y es por ello que de este método existe gran variedad de diseños.

Las temperaturas de diseño de la refrigeración por chorro varían según la industria. La mayoría de los diseños están en el rango de -30 a -40°C. Los congeladores por chorro necesitan un aislamiento suficiente y unas buenas barreras de vapor. Si es posible, debe colocarse el congelador por chorro de tal modo que las diferencias de temperatura entre él y las áreas adyacentes sean las mínimas, con el fin de disminuir los costos del aislamiento y las pérdidas frigoríficas.

Las puertas de entrada a los congeladores por chorro deben ser de accionamiento motorizado y deben preverse vestíbulos adecuados, que constituyan cierres de aire para disminuir la infiltración del aire exterior

CONTACTO DIRECTO

En un congelador por contacto directo la transferencia de calor se logra por la conducción. Donde una superficie refrigerada entra en contacto directo con el producto o el paquete sobre uno o más lados para transferir el calor.

CRIOGENICO

Los congeladores criogénicos usan Nitrógeno o Dióxido de Carbono gas en forma líquida o sólida para remover el calor a través de contacto directo con el producto y del gas criogénico.

CONGELAMIENTO SEGÚN LA FORMA DE DISPOSICION DEL PRODUCTO CONGELADORES POR LOTES (BATCH FREEZER)

Cuartos de Almacenamiento ó Cámara por Chorro

Este es uno de los métodos menos usados hoy en día. Es extremadamente lento y es uno de los sistemas menos eficientes para congelamiento. Además que por ser lento el congelamiento puede dañar las características del producto en sí, tales como sabor, textura y peso. La temperatura de este tipo de cuartos no es estable ya que al momento de ingresar producto nuevo las temperaturas pueden subir afectando la calidad del producto congelado. El producto congelado por este sistema es más propenso a perder peso por deshidratación. No debería considerarse como equipo de congelación, aunque a veces es empleado para este fin. La congelación en una cámara de almacenamiento tiene tantas desventajas que sólo debería usarse en casos de emergencia. Dado que una cámara de almacenamiento no está diseñada para

la congelación, las baterías de enfriamiento pueden escarcharse tan rápidamente, que la capacidad frigorífica total se reduce por debajo del nivel necesario para la adecuada temperatura de almacenamiento. El espacio de aire entre las bandejas es por lo menos el 50% del espesor del producto. Ya que no se controla la circulación del aire, la transmisión de calor resultante en la zona interfacial producto/aire es poco eficaz, por consiguiente, la cámara por chorro ofrece condiciones aceptables para una gama de productos limitada, tales como los que tienen secciones transversales importantes (la carne en camales).

Túnel Estacionario

Consiste de un cubículo aislado, equipado con un serpentín refrigerado y ventiladores que circulan aire sobre el producto de forma controlada. El producto puede estar almacenado en cajas de cartón o bandejas. El equipo es diseñado normalmente para un producto en particular o un grupo de productos de características similares. Por ejemplo, si el túnel es diseñado para congelar productos en cartones y se usa para congelar guisantes este podría llegar a presentar un alto grado de deshidratación, debido a las altas velocidades que se le da al aire en el caso de túneles para congelar productos encartonados. El producto normalmente ingresa al túnel en bandejas las cuales a su vez están organizadas en coches transportadores, dichos coches ingresan y salen del túnel de forma manual. Los productos se colocan en bandejas que se ponen en una estantería. Las estanterías se disponen de modo que exista un espacio de aire por encima y por debajo de cada nivel de

bandejas y se meten y sacan del túnel manualmente. El elemento humano es importante al momento de situar las estanterías dentro del túnel. La prevención de las derivaciones (BY-PASS) de aire es la clave para un proceso de congelación efectivo.

Con un buen diseño, prácticamente todos los productos pueden ser congelados usando este sistema. Es uno de las más comunes formas de congelamiento. Las verduras enteras, en rebanadas o en forma de dados pueden congelarse en cajas de cartón, sin envasar, sobre bandejas, en una capa de 30 a 40 mm de espesor. Las espinacas, el brócoli, las tortas de carne, los filetes de pescado y los alimentos preparados se congelan a menudo en envases en este tipo de equipos. También pueden congelarse envases de gran diámetro y carnes enteras en camales, empleando diferentes diseños de estantería. La capacidad del sistema depende del espesor del producto y de su composición, así como de la existencia de envase. La presión estática en estas cámaras es considerable y las velocidades del aire están en promedio entre 2,5 y 7,5 m/s siendo la de 6 m/s la más corriente. Las velocidades entre 2,5 y 5 m/s dan resultados más económicos. Una velocidad de aire más baja producen una congelación lenta del producto y velocidades superiores aumentan considerablemente los costos unitarios de congelación.

CONGELADORES EN LINEA Congelador en Carros Móviles.

En esta forma de congelar se usan carros similares a los del sistema “Por Lotes”, pero con la diferencia que estos son empujados o movidos mediante

un sistema automático (normalmente hidráulico). Este sistema tiene básicamente las mismas ventajas y desventajas del sistema por lotes, con la disminución de mano de obra. Es la versión más mecanizada de un túnel de congelación estacionario, tiene estanterías provistas de ruedas. Las estanterías o los carros se mueven normalmente sobre carriles, mediante un mecanismo impulsor que a menudo es accionado hidráulicamente. Los productos con tiempos de congelación diferentes deben tener pistas o carriles separados, lo cual sería un inconveniente.

Congeladores de Placa de Contacto

La mayoría de la congelación por contacto se hace en congeladores de placas manuales o automáticos o en cintas móviles continuas de acero inoxidable. Los congeladores de placas son apropiados para la congelación de productos envasados, aunque muchas veces se emplean para congelar filetes de pescado y diversos líquidos, como café, sopa y jugos. En el congelador de placas, el producto es comprimido firmemente entre unas placas metálicas. Este es uno de los sistemas de congelamiento más usados, por su eficiencia debido a que las superficies frías (Placas) entran en contacto directo con el producto por dos partes (tipo sándwich).

Las placas se enfrían gracias a que en su parte interior cuenta con un circuito de canales (similares a un serpentín) por el cual circula refrigerante a baja temperatura. Debido a que se puede hacer la carga y descarga del producto en forma automática se puede considerar como un sistema en línea. Las placas

son móviles para permitir el ingreso del cartón y una vez cargada la placa, esta es movida por un sistema hidráulico, que hace que las placas presionen las caja de producto, quedando así en contacto dos de la caras de la caja con las placa superior e inferior, lográndose una transmisión de calor por conducción, hecho que lo hace uno de los más eficientes. Al tener buena transferencia los tiempos de congelamiento se hacen más cortos y por ende la calidad del producto

Existen congeladores de placa verticales y horizontales en arreglos que permiten hacer su función de manera automática. La ventaja de la eficiencia en la transferencia de calor, decrece a medida que se incrementa el espesor de la caja o del producto en sí. En la práctica se usan espesores de hasta 62 mm.

Otra ventaja es que al estar en contacto el producto con las placas al momento de congelarse el producto se minimiza la posibilidad de que se deforme por el crecimiento del mismo al congelarse. La deshidratación se hace mínima, por tener tiempos cortos de congelamiento y normalmente el producto normalmente esta empacado. Además su diseño es bastante compacto manejando capacidades considerables de producto en espacios relativamente pequeños. En general, los congeladores de placas horizontales manuales tienen de 15 a 20 placas. El producto se coloca sobre bandejas de metal en el extremo de la línea de envasado, se carga en una estantería o en un carrito y se transporta hasta el congelador. Las bandejas se cargan manualmente entre las placas. Un congelador de placas horizontales puede ser

automatizado haciendo que toda la batería de placas se mueva hacia arriba y hacia abajo con un sistema elevador. Al nivel del transportador de carga, las placas se separan y los envases que se han acumulado en un transportador de alimentación son empujados entre las placas. Esta acción descarga simultáneamente una hilera de envases congelados en el extremo opuesto de las placas. El ciclo se repite hasta que son repuestos todos los envases congelados. A continuación las placas se cierran y todas las placas suben.

Congeladores Individuales de contacto IQF (INDIVIDUAL QUICK FREEZER)

Es un sistema de congelamiento individual continuo que se usa para productos líquidos o semi-líquido. El producto es congelado rápidamente por contacto entre dos bandas de acero inoxidable, una plana y la otra corrugada, en continuo movimiento. A la descarga del congelador el producto es cortado o partido en trozos los cuales son llevados por un transportador a la zona de empaque.

Congeladores de Lecho Fluidizado IQF

Este sistema usa aire, tanto para congelar como para transportar el producto, el producto fluye a través del congelador en un cojín de aire frío, el cual rodea completamente el producto obteniendo una óptima eficiencia en la transferencia. Se usa normalmente en el congelamiento individual (IQF) de frutas, vegetales, camarón, carne troceada y otros productos de tamaño medio. Es una buena aplicación para productos que tienden a pegarse durante el congelamiento. Se manejan tiempos de congelamiento desde 5 a 25

minutos dependiendo del tamaño del producto. Al tener una tasa de transferencia alta, se reduce las posibilidades de deshidratación, se presta para diseñar congeladores bastante compactos y fáciles de adaptar a procesos en línea.

Congeladores IQF de Banda Recta

Básicamente consta de un transportador horizontal (puede ser malla o banda metálica), el cual atraviesa un BLAST FREEZER, en sentido transversal al fluido de aire frío. Existen modernas versiones de este congelador que controlan el flujo de aire frío verticalmente combinando el concepto de lecho fluidizado con banda transportadora. Hay variaciones en las cuales se usan dos bandas en línea recta, con el objeto de que en la primera banda se haga con congelamiento superficial y en la segunda se le dé un congelamiento más profundo. Esta combinación minimiza la deshidratación del producto

Congeladores IQF de Espiral

Es una banda transportadora que lleva el producto y permite que este entre en contacto con el aire frío durante más tiempo que las bandas rectas, ya que una vez el producto entra al cubículo, inicia un recorrido alrededor de un pivota central ya su vez la banda se desplaza en un plano inclinado, formando un espiral alrededor del eje central. Normalmente se usa para congelar productos que tomen más de 10 minutos en congelarse, es decir que permite congelar productos de mayor espesor que los congeladores de banda o lecho fluidizado.

Congeladores Criogénicos

Este método difiere de los anteriores básicamente en que este sistema no está conectado a un sistema de refrigeración mecánico. El medio enfriador es un gas con características especiales, tales como que a la presión atmosférica tiene temperaturas extremadamente bajas. Los gases normalmente usados son el nitrógeno líquido y el Dióxido de Carbono (CO₂). Se puede aplicar este método a transportadores en línea o en espiral. El líquido congelador es esparcido dentro de la zona donde se dispondrá del producto. En muchos casos el medio congelante se evapora inmediatamente entra en contacto con la atmósfera y ese gas es usado para pre-enfriar el producto antes de ser congelado. Además se usan ventiladores para crear una cierta turbulencia en gas para efecto de mejorar la transferencia.

En otros casos el medio congelante líquido (Nitrógeno) o la nieve de CO₂ es esparcida directamente sobre el producto para obtener una transferencia casi perfecta. Este método permite tener temperaturas hasta -196°C con Nitrógeno y -78°C con CO₂ los cuales al ser aplicados de manera correcta mejora las tasas de congelamiento.

El congelamiento rápido obtenido por este método puede llevar a que el producto sufra daños superficiales, por lo que se deben tomar medidas especiales de pre enfriamiento.

3.2 DIFERENCIAS DE SISTEMAS FRIGORIFICOS SEGÚN TIPO DE COMPRESOR.

Los componentes principales de los sistemas de refrigeración son el compresor, condensador, sistema de expansión y evaporador.

El compresor frigorífico es el componente más importante del sistema ya que es el encargado de mover el refrigerante entre el elemento a enfriar y el elemento receptor de esta energía, controla la regulación de refrigerante en el sistema. Se considera al compresor como el componente más crítico del sistema ya que cuenta con más elementos en movimiento y por tanto susceptibles de romperse, por lo que es el responsable de la mayoría de problemas que provocan paros en la producción, además de aportar el mayor consumo de potencia eléctrica en la instalación frigorífica.

Hay diversos tipos de compresores que se usan para diferentes tipos de sistemas de refrigeración, en este caso describiremos los dos tipos de compresores más importantes y marcaremos sus principales diferencias:

3.2.1 Compresores Alternativos.

Este tipo de compresor mueve un pistón hacia delante en un cilindro mediante una biela y un cigüeñal. Si solo se usa un lado del pistón para la compresión, se describe como simple efecto, si se utiliza ambos lados del pistón, las partes superior e inferior, es de doble efecto. Es el compresor más utilizado en los sistemas comerciales.

- La potencia frigorífica por lo general va desde los 5 a 800KW.
- Se producen del tipo en línea, radiales en V, W
- Las velocidades de giro varían entre 1450 – 2900rpm
- Para caudales mayores a 1500m³/hr, se emplean varios compresores.
- Para grandes diferencias de presión se puede trabajar por etapas.

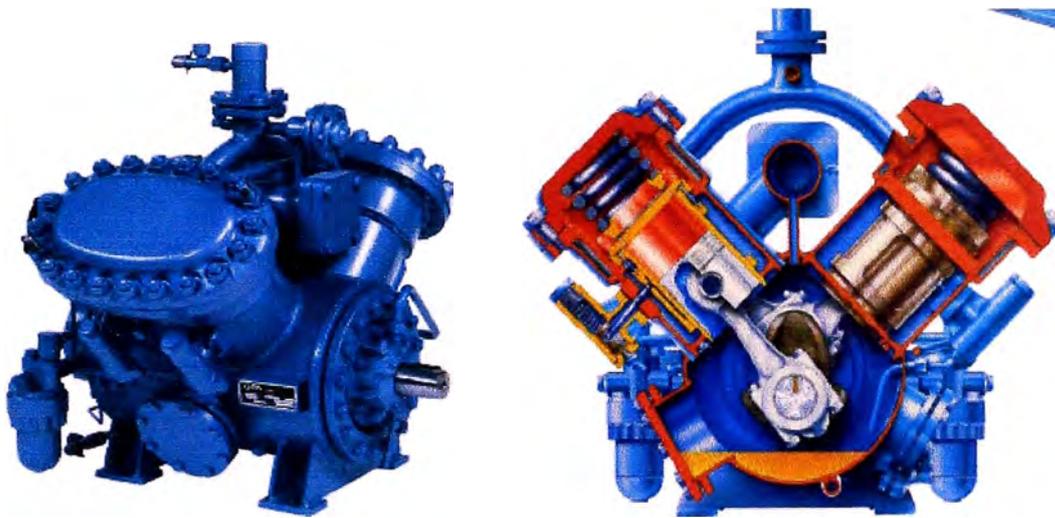


Fig. 3.1: Compresores alternativos tipo pistón.

3.2.2 Compresores de Tornillo.

Es un tipo de compresor relativamente nuevo, el cual es utilizado en potencias superiores a los del tipo alternativo. Giran a velocidades que van entre los 3000 y 10000rpm, no emplean válvulas de aspiración ni de descarga y la compresión se obtiene en el espacio resultante entre los husillos helicoidales de igual diámetro exterior montados dentro de un carter de fundición de alta resistencia. El principal tipo de compresor cuenta con dos tornillos: macho y hembra, es el compresor más utilizado en sistemas de refrigeración industrial.

- La potencia frigorífica por lo general va desde los 100 a 4000KW.
- El aceite entre ambos tornillos cumple doble función: lubricación y cierre.
- En potencias medias – altas, el número de compresores para la misma potencia es mucho menor que el número de compresores alternativos.
- Se logra regular la capacidad de 10% a 100% mediante una válvula de corredera, que cambia el lugar de comienzo de la compresión
- Es fundamental el separador de aceite, el mismo que debe ser enfriado antes de retornar al compresor.

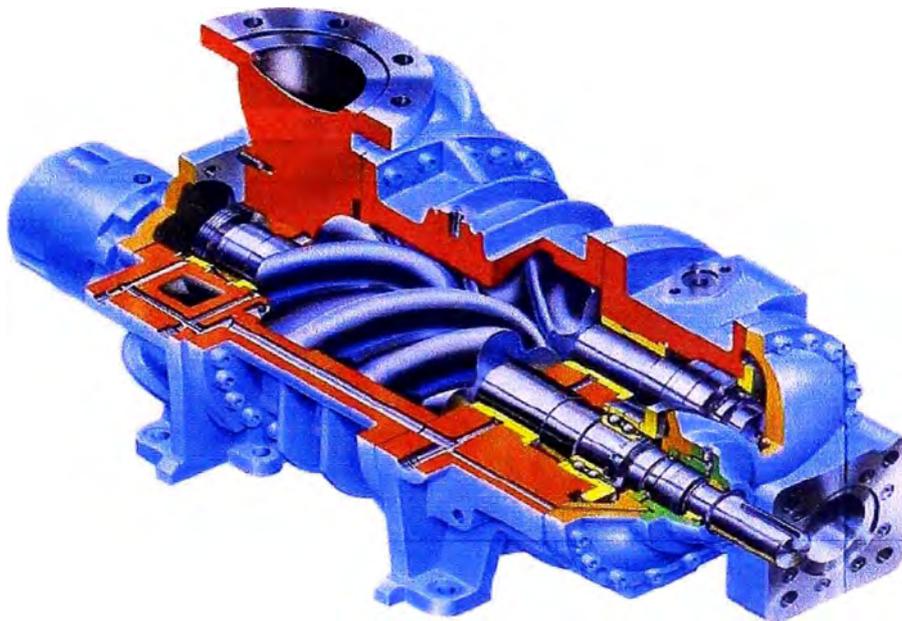


Fig. 3.2: Corte de Compresor de Tornillo

3.2.3 Diferencias principales entre sistemas según compresor

Entre las principales diferencias entre los sistemas que utilizan uno u otro tipo de compresor se tienen las siguientes:

Sistema con compresor Alternativo	Sistema con compresor de Tornillo
<ul style="list-style-type: none"> - Se emplean mayormente en sistemas de baja capacidad. - Mantenimiento frecuente pero sencillo; a menor potencia, menor mantenimiento. - Temperatura de descarga más elevada, por lo que consume mayor cantidad de aceite. - Precio hasta 50% más económico. - En bajas temperaturas se requiere trabajar en etapas. - Regulación de capacidad limitada al 25, 50 , 75 y 100%. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se emplean en sistemas de gran capacidad. - Mantenimiento poco frecuente, se requiere personal altamente calificado. - Consume menor cantidad de aceite que su equivalente en compresor alternativo. - Alto costo inicial. - En bajas temperaturas se puede trabajar con una sola etapa. - La regulación es mas eficiente desde el 10 al 100%.

3.3 AMONIACO VS HCFCs.

Los refrigerantes, son cualquier sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Para obtener una buena refrigeración los refrigerantes deben reunir las siguientes cualidades:

- Características físicas para que pueda repetir el ciclo líquido a gas y gas a líquido.

Adecuada temperatura y presión de servicio lo que redundará en el precio, diseño, construcción y operación de los equipos.

Buen efecto refrigerante, el cual se mide en función de la cantidad de calor que es capaz de absorber desde que entra al evaporador como líquido, hasta que sale como vapor, el efecto de refrigeración se resume como la diferencia entre el calor que contiene el líquido y el calor contenido en el vapor después que pasa por el evaporador. Mientras más pequeño sea el calor específico del refrigerante líquido, mayor será el efecto de refrigeración.

Calor latente de evaporación: El número de calorías a obtener en su ebullición ha de ser muy elevado, a fin de emplear la menor cantidad posible de refrigerante en un proceso de evaporación, para obtener una temperatura determinada.

Punto de ebullición: Debe ser lo suficientemente bajo para que sea siempre inferior a la temperatura de los alimentos que se depositen en el refrigerador para su enfriamiento o conservación.

Temperatura y presiones de condensación: Deben ser bajas para condensar rápidamente a las presiones de trabajo normales y a las temperaturas usuales del medio enfriador que se emplea en el condensador (puede ser aire o agua)

El coeficiente de comportamiento (C.C.) de un refrigerante es la medida de su eficiencia en utilizar la energía gastada en el compresor, en relación con la energía absorbida durante la evaporación. Mientras menos energía necesite el refrigerante para comprimirse, mayor será el C.C. del sistema.

Densidad: Si el refrigerante es de alta densidad, al fluir en las tuberías tendrá mayor fricción y, por tanto, una caída de presión. Por esto, los refrigerantes de

baja densidad tiene más ventajas y pueden ser un factor importante a la hora de seleccionarlos.

Temperatura y presión crítica: Todos los refrigerantes tienen un punto en que no condensan, por grande que sea la presión que se les aplique, este punto se llama punto crítico y la presión correspondiente a dicha temperatura se llama presión crítica. La temperatura crítica de la mayoría de los refrigerantes está por encima de la temperatura de condensación. La presión crítica también debe estar por arriba de la presión de condensación.

Estabilidad:

Estables ante continuos cambios de presión y temperatura.

Estables a la descomposición por contaminación con Aire, aceite o agua.

No deben ser corrosivos. Algunos refrigerantes como el amoníaco reaccionan con la humedad formando el hidróxido de amonio que reaccionan con las tuberías de hierro, cobre o aleaciones, por lo cual se debe tener mucho cuidado a la hora de seleccionar los materiales a emplear en un sistema con amoniaco.

Los refrigerantes deben ser químicamente estables en presencia de aceites lubricantes y no afectar las propiedades fisicoquímicas del lubricante.

Como bien sabemos el refrigerante R22 es el más empleado de los CFCs, pero su uso viene siendo restringido debido a que influye en la degeneración de la capa de ozono y por ende se va a ir reduciendo su producción hasta el año 2030, en que ya no se deberá usar, el amoniaco es el refrigerante más ecológico que existe, ya que la propia naturaleza lo elimina en caso de fugas, a continuación se presenta un cuadro con las principales diferencias entre el R22 y el Amoniaco (R 717)

CUADRO N° 3.1**DIFERENCIAS ENTRE LOS PRINCIPALES REFRIGERANTES**

R22	Amoniaco - R 707
<ul style="list-style-type: none"> - Son miscibles con el aceite. - Sensibles a la humedad. - Precio alto en grandes instalaciones - Se emplea cobre en las instalaciones, alto costo en tuberías para altas potencias. - No es nocivo e irritable. - Se empleará hasta el año 2030 - Daña la capa de ozono. - No es inflamable ni explosivo. - Las fugas no son fáciles de detectar. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se mezcla con el aceite. - No es sensible a la humedad. - Costo muy bajo, principalmente en grandes instalaciones. - Se emplea acero al carbono en las instalaciones, no es compatible con el cobre. - Es nocivo e irritable. - Tiempo de uso indefinido. - No daña la capa de ozono. - Puede ser inflamable y explosivo a ciertas condiciones. - Las fugas se detectan fácilmente por su olor típico. - Tiene mayor coeficiente de transferencia que el R22, hasta cinco veces mayor, por lo que su consumo eléctrico es menor. - Presenta densidad menor que cualquier otro refrigerante.

CAPITULO IV

DISEÑO DE PLANTA FRIGORIFICA NUEVA

4.1 Características.

La planta frigorífica nueva debe permitir la producción en dos túneles de congelamiento de 5TM/Batch y una cámara de conservación de congelados de 180TM, para ello se debe implementar un sistema centralizado, basado en los modernos compresores de tornillo, los cuales representan un ahorro de energía considerable respecto al sistema empleado anteriormente.

Inicialmente debemos calcular la carga térmica requerida para las capacidades mencionadas.

4.2 Metodología de cálculo de la carga térmica.

Para la evaluación de la carga térmica se debe tener en consideración los siguientes criterios de diseño, considerando que estamos en el terminal pesquero de Ventanilla a las orillas del mar:

- Temperatura ambiental de 30°C, la cual se empleará para el cálculo de la temperatura exterior a las paredes de la planta, para los casos de techo se

considerará una tolerancia de 10°C, con lo que la temperatura adyacente al techo será de 40°C, con respecto al piso consideramos un valor estándar de 20°C.

- Se considera el aislamiento del piso de todos los ambientes.
- Se considera el aislamiento de las paredes y techo con planchas de poliuretano inyectado de 30kg/m² con una conductividad térmica de 0.013 kcal/h-m-°C, contando todas ellas con el espesor de 200mm.
- Se considera las siguientes características para los ambientes:

- ***Túnel de congelamiento N° 1 y 2:***

Largo x Ancho x Altura	:	5.70x4.73x3.25 m.
Volumen	:	87.62 m ³
Capacidad x túnel x batch 8h	:	5 TM
Temperatura ingreso materia prima	:	+15°C
Temperatura salida en punto más crítico	:	-18°C
Temperatura ambiente del túnel	:	-30°C
Descongelamiento	:	Hot gas y agua.

- ***Cámara de conservación de congelados:***

Largo x Ancho x Altura	:	19.4x14.3x3.25 m.
Volumen	:	901.62 m ³
Capacidad de almacenamiento	:	180 TM
Temperatura ingreso materia prima	:	-18°C
Temperatura ambiente de la cámara	:	-25°C
Descongelamiento	:	Hot gas y agua.

Las diferentes fuentes de calor que normalmente influyen en el diseño de una planta frigorífica están determinadas por los siguientes factores:

- a) Transmisión de calor a través de paredes.
- b) Cambios de aire.
- c) Tipo de producto.
- d) Iluminación interior
- e) Motores eléctricos al interior del ambiente
- f) Personas en tránsito o laborando al interior.
- g) Otros.

4.2.1 Carga térmica por transmisión de calor.

Es el calor ganado a través de todas las superficies que limitan el espacio que se desee refrigerar: paredes, techo, piso, la cantidad de calor que puede transmitir a través de estas superficies depende de lo siguiente:

- a) Superficie total exterior de la cámara ó túnel.
- b) Aislamiento empleado.
- c) Diferencia de temperatura entre el ambiente exterior donde se encuentra instalada la cámara ó túnel.
- d) A mayor superficie total exterior, mayor será la cantidad de calor que deberá extraerse, si el aislamiento es de mayor espesor , menores serán las pérdidas a través del mismo y más calor deberá absorberse cuanto mayor sea la temperatura entre el exterior y el interior del espacio a refrigerar

La fórmula de la transmisión de calor es:

$$Q1 = U \times A \times (DT) \times 24 \quad (\text{kcal}/24\text{h})$$

Donde

U: Coeficiente global de transmisión de calor

A: Área exterior del ambiente, en m² de cada pared, techo y piso.

DT: Diferencia de temperatura exterior e interior en °C

Para el caso práctico solo se considera el material aislante para el cálculo del coeficiente global de transmisión de calor:

$$U = 1/(0.013)$$

4.2.2 Carga térmica por cambios de aire.

Es el calor que entra en la cámara debido al aire exterior por la apertura de la puerta, este flujo de aire caliente que entra en la cámara representa una carga térmica, pues el aire en las condiciones de temperatura y humedad relativa extremas debe ser llevado a las condiciones de temperatura y humedad relativa de la cámara.

La fórmula de la carga por Cambios de aire es:

$$Q2 = N \times V \times \rho \times (h_e - h_i) \quad (\text{kcal}/24\text{h})$$

Donde:

N : Numero de cambios de aire en 24h

(Tabla 4.1)

- V : Volumen interior de la cámara en m³
- ρ : Densidad del aire en kg/m³, a las condiciones del aire exterior.
- he : Entalpía del aire exterior en kcal/kg (Tabla 4.2)
- hi : Entalpía del aire interior en kcal/ kg (Tabla 4.2)

TABLA N° 4.1
NUMERO DE CAMBIOS DE AIRE EN 24 HORAS

VOLUMEN m ³	TEMPERATURA INTERNA	
	SOBRE 0°C	BAJO 0°C
22.64	20.00	15.30
28.30	17.50	13.50
42.45	14.00	11.00
52.60	12.00	8.30
84.90	9.50	7.40
113.20	8.20	6.30
141.50	7.20	5.60
169.80	6.50	5.00
226.40	5.50	4.30
283.00	4.90	3.80
424.50	3.90	3.00
566.00	3.50	2.60
707.50	3.00	2.30
849.00	2.70	2.10
1,132.00	2.30	1.80
1,415.00	2.00	1.60
2,122.50	1.60	1.30
2,830.00	1.40	1.10

TABLA N° 4.2
ENTALPIA DEL AIRE

TEMPERATURA °C	HUMEDAD RELATIVA					
	90 %	80 %	70 %	60 %	50 %	40%
-40	-14.5	- 14.5	- 14.5	-14.5	-14.5	-14.5
-35	-12.3	-12.3	-12.3	-12.3	-12.3	-12.3
-30	-10.2	-10.2	- 10.3	- 10.3	-10.4	-10.4
-25	-8.2	-8.2	- 8.3	- 8.3	-8.4	-8.4
-20	- 6.2	- 6.2	-6.3	-6.3	-6.4	-6.4
-15	-4.2	- 4.2	-4.3	-4.4	-4.5	-4.6
-10	- 2.1	- 2.2	-2.3	-2.4	-2.5	-2.7
-5	0.2	0.00	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8
0	2.7	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2
5	5.3	4.9	4.5	4.1	3.6	3.2
10	8.2	7.7	7.1	6.5	5.9	5.3
15	11.7	10.8	10.00	9.2	8.4	7.6
20	15.5	14.4	13.4	12.3	11.2	10.1
25	20.2	18.8	17.3	15.8	14.3	12.9
30	25.9	23.9	21.9	19.9	18.8	16.00
35	32.7	30.00	27.5	24.8	22.2	19.6
40	40.9	37.3	33.9	30.5	27.00	23.7
45	50.8	46.00	41.6	37.3	32.9	28.4

Valores expresados en Kcal/kg

4.2.3 Carga térmica por Tipo de producto.

Depende de los siguientes factores la cantidad de calor que está introduciendo dentro de la cámara:

- A.- Tiempo de enfriamiento del producto.
- B.- La frecuencia de ingreso de producto a la cámara.
- C.- Temperatura de entrada y salida del producto.
- D.- Tipo de producto

A.- Tiempo de enfriamiento del producto.

El producto entrega su calor a diferentes ritmos, los cuales son independientes del tamaño del equipo. Los cálculos y la selección del equipo pueden ser hechos basándose en que el producto entrega su calor en un determinado tiempo, pero si el producto entrega su calor más rápidamente de lo que el equipo de refrigeración es capaz de remover, la temperatura de la cámara aumenta.

Los siguientes factores influyen en el tiempo de enfriamiento del producto, por lo cual ellos garantizan una buena evaluación para determinar el más apropiado tiempo de enfriamiento en el cálculo de la carga:

- 1) Temperatura y velocidad del aire sobre el producto
- 2) Envoltura o embalaje del producto
- 3) Forma y tamaño del producto

B.- La frecuencia de ingreso de producto a la cámara.

La cantidad total de kilos cargados dentro del espacio refrigerado dividido entre el total de horas que demora la carga, determina el número equivalente de kilos de producto cargado por hora. La cantidad equivalente de calor que esta carga impone al equipo de refrigeración puede ser determinada dividiendo dicha carga entre el tiempo actual de enfriamiento del producto.

C.- Temperatura de entrada y salida del producto.

Estas temperaturas se pueden establecer de acuerdo al tipo de carga que el producto entrega a su paso por el espacio refrigerado.

D.- Tipo de producto

Algunos productos sobre todo los vegetales y frutas continúan entregando calor debido a su actividad química presente después de ser cosechados. Esta carga debe ser calculada basándose en la máxima cantidad de producto que será almacenada en la cámara, multiplicada por el calor de respiración del producto.

Para nuestro caso se ignora por tratarse de congelamiento de pescado.

Para el caso de cámaras y antecámaras su fórmula es:

$$Q_{31} = M \times C_a \times (T_p - T_i) \quad (\text{Kcal}/24\text{h})$$

Para el caso de Túnel de congelamiento su fórmula es:

$$Q_{32} = m \times (C_a \times (T_p - T_c) + h_s + C_d \times (T_c - T_i)) \quad (\text{Kcal}/24\text{h})$$

Donde:

m : Masa del producto que ingresa en kilos en 24h

C_a : Calor específico antes de su congelamiento en kcal/kg-°C (Tabla 4.3)

C_d : Calor específico después de su congelamiento en kcal/kg - °C (Tabla 4.3)

T_p : Temperatura del producto con que ingresa a la cámara en °C

T_i : Temperatura interior de la cámara en °C

H_s : Calor latente de solidificación en kcal/kg (Tabla 4.3)

4.2.4 Carga térmica por Iluminación.

Su fórmula es:

$$Q_4 = W \times 0.860 \times \tau \quad (\text{kcal/24h})$$

Donde:

W : Potencia total de las lámparas en Watts.

τ : Tiempo de iluminación en horas por día.

4.2.5 Carga térmica por Motores eléctricos

Se produce fundamentalmente por los motores eléctricos de los ventiladores del evaporador, también se tiene en cuenta la resistencia eléctrica del deshielo, que para nuestro caso no se considera pues emplearemos descongelamiento por hot gas y agua. Su fórmula es:

$$Q_5 = HP \times q \times 0.252 \times t \quad (\text{kcal/24h})$$

Donde:

HP : Potencia total de los motores en HP

q : Calor liberado por motores eléctricos en BTU/hr-HP (Tabla 4.4)

t : Tiempo de trabajo de los motores eléctricos durante el día.

4.2.6 Carga térmica por Personas

Su fórmula es:

$$Q_6 = n \times P \times 0.252 \times h \quad (\text{kcal}/24\text{h})$$

Donde:

n : Número de personas.

P : Calor liberado por personas en BTU/h – persona (Tabla 4.5)

h : Tiempo en horas de permanencia al día

4.2.7 CARGA TERMICA TOTAL HORARIA

La carga térmica de enfriamiento para un periodo de 24 horas es la suma de las ganancias de calor calculadas en las secciones anteriores. Es práctica muy común el agregar de 5 a 10% a este valor como un factor de seguridad. El porcentaje empleado depende de la confianza que se tenga en la información para calcular la carga de enfriamiento, por regla general se emplea el 10%

Una vez agregado el factor de seguridad, la carga de 24 horas se divide entre el tiempo de operación del equipo, considerando el tiempo de deshielo del evaporador para determinar la carga media horaria en Kcal/hr. La carga promedio se usa como base para la selección de los equipos frigoríficos.

Su fórmula es:

$$Q = (Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5 + Q6) \times Fs \times (1/T)$$

Donde:

Fs : Factor de seguridad

T : Tiempo en horas de operación de la planta

TABLA N° 4.3
CARACTERISTICAS DE ALGUNOS PRODUCTOS PERECIBLES

PRODUCTO	Punto congelamiento °C	Calor específico Kcal/kg-°C		Calor Latente Kcal/Kg
		Antes Congelamiento	Después Congelamiento	
Anguilas	-0.95	0.70	0.39	50.00
Apio	-1.07	0.94	0.47	75.00
Aves	-2.20	0.79	0.37	58.70
Bayas	-1.73	0.91	0.45	69.00
Berenjenas	-0.89	0.94	0.48	73.00
Camarón	-1.70	0.83	0.45	66.00
Carnero magro	-2.20	0.73	0.41	53.00
Carnero graso	-1.70	0.60	0.35	40.00
Caviar	-6.70	0.70	0.31	45.00
Cebolla	-1.10	0.91	0.46	66.00
Cerdo	-2.20	0.68	0.38	36.00
Cerezas	-2.35	0.87	0.44	66.00
Cerveza	-2.20	0.90		72.00
Cordero	-1.70	0.67	0.30	46.00
Embutidos	-3.30	0.89	0.56	52.00
Espárragos	-1.20	0.94	0.48	75.00
Fresas	-1.16	0.92	0.47	72.00
Huevos	-2.80	0.76	0.40	56.00
Judías verdes	-1.25	0.92	0.47	71.00
Langosta	-2.00	0.81	0.43	62.00
Leche	-0.60	0.94	0.60	70.00
Limonas	-2.16	0.92	0.46	68.00
Mantequilla	-1.10	0.64	0.34	47.00
Manzanas	-2.00	0.86	0.45	67.00
Margarina	-1.10	0.68	0.35	30.00
Naranja	-2.23	0.92	0.44	68.00
Ostras	-2.00	0.84	0.44	63.00
Papa	-1.71	0.80	0.42	58.00
Pera	-1.94	0.92	0.42	67.00
Pescado	-1.10	0.76	0.41	56.00
Plátanos	-2.20	0.80	0.42	60.00
Queso fresco	-8.30	0.64	0.36	50.00
Tocinos	-3.90	0.50	0.30	16.00
Tomates	-0.90	0.93	0.49	75.00
Uvas	-2.15	0.88	0.45	63.00
Vacuno graso	-2.20	0.60	0.35	41.00
Vacuno magro	-1.71	0.77	0.42	56.00
Zanahorias	-1.35	0.87	0.45	66.00

Tabla tomada del libro: Tratado práctico de refrigeración automática: Alarcón Creus

TABLA N° 4.4
CARGA TERMICA EQUIVALENTE POR MOTORES ELECTRICOS

Potencia HP	BTU/H - HP		
	Carga Conectada en el espacio refrigerado	Perdidas del motor fuera del espacio refrigerado	Carga conectada fuera del espacio refrigerado
1/8 - 1/2	4,400.00	2,545.00	1,700.00
1/2 - 3	3,700.00	2,545.00	1,150.00
3 - 20	2,950.00	2,545.00	400.00

TABLA N° 4.5
CARGA TERMICA EQUIVALENTE POR PERSONAS

TEMPERATURA DEL AMBIENTE REFRIGERADO °C	CALOR EQUIVALENTE / PERSONA BTU/H
10.00	720.00
4.40	840.00
-1.10	950.00
-6.70	1,050.00
-12.20	1,200.00
-17.80	1,300.00
-23.30	1,400.00

Tablas tomadas del libro: Tratado práctico de refrigeración automática: Alarcon Creus

4.3 Cálculo térmico de la planta

En base a las formulas encontradas se encontrarán las cargas térmicas para cada uno de los tres ambientes comprendidos:

- A) Carga térmica de Túneles de congelamiento N° 1 y 2
- B) Carga térmica de Cámara de conservación de congelados

4.3.1) Carga térmica en el Túnel de Congelamiento (1 y 2)

Dimensiones:

Largo	5.7 m
Ancho	4.73 m
Altura	3.25 m

Aislamiento:

Poliuretano inyectado (40kg/m ³)	0.013 kcal/m-h-°C
Techo	20 cm
Paredes	20cm
Piso	20cm

Calores específicos del pescado:

Antes del congelamiento	0.76 kcal/kg.°C
Después del congelamiento	0.41 kcal/kg.°C

Parámetros de cálculo:

Ingreso de producto	5 TM/8h
Temperatura al centro del producto	-18°C

Temperatura de ingreso del producto:	15°C
Punto de congelamiento del pescado:	-1.1°C
Temperatura interior	-35°C
Temperatura de evaporación	-40°C
Calor latente de solidificación	58.77 kcal/Kg

a.- Carga térmica por transmisión de calor:

$$\text{Techo : } (0.013/0.20) \times (5.7 \times 4.73) \times [40 - (-35)] \times 24 = 3154.4 \text{ kcal/24h}$$

$$\text{Pared 1: } (0.013/0.20) \times (5.7 \times 3.25) \times [30 - (-35)] \times 24 = 1878.4 \text{ kcal/24h}$$

$$\text{Pared 2: } (0.013/0.20) \times (4.73 \times 3.25) \times [30 - (-35)] \times 24 = 1798.5 \text{ kcal/24h}$$

$$\text{Pared 3: } (0.013/0.20) \times (5.7 \times 3.25) \times [-35 - (-35)] \times 24 = 0 \text{ kcal/24h}$$

$$\text{Pared 4: } (0.013/0.20) \times (4.73 \times 3.25) \times [-25 - (-35)] \times 24 = 239.8 \text{ kcal/24h}$$

$$\text{Piso : } (0.013/0.20) \times (5.7 \times 4.73) \times [20 - (-35)] \times 24 = 2313.2 \text{ kcal/24h}$$

$$\text{TOTAL: } \quad \mathbf{9384.3 \text{ kcal/24h}}$$

b.- Carga térmica por producto:

$$5000/8 \times \{0.76 \times [15 - (-1.1)] + 56 + 0.41 \times [-2.2 - (-18)]\} \times 24$$

$$\text{TOTAL: } \quad \mathbf{1'120,710 \text{ kcal/24h}}$$

c.- Carga térmica por motores eléctricos:

$$3 \times 2.54 \times 3700 \times 0.252 \times 20$$

$$\text{TOTAL: } \quad \mathbf{142,098 \text{ kcal/24h}}$$

e.- Carga térmica Total Horaria:

$$(1'272,192 \times 1.1) / 20 = 69,970 \text{ kcal/24h}$$

4.3.2) Carga térmica en la cámara frigorífica.**Dimensiones:**

Largo	:	19.40 m
Ancho	:	14.3 m
Altura	:	3.25 m

Aislamiento:

Poliuretano inyectado (40Kg/m ³)	:	0.013 kcal/m-h-°C
Techo	:	15 cm
Paredes	:	15cm
Piso	:	15cm

Calores específicos del pescado:

Antes del congelamiento	:	0.76 kcal/kg.°C
Después del congelamiento	:	0.41 kcal/kg.°C

Parámetros de cálculo:

Ingreso de producto	:	180TM/día
Temperatura de ingreso del producto:		-18°C
Humedad relativa exterior	:	70%
Humedad relativa interior	:	90%

Temperatura interior	:	-25°C
Temperatura de evaporación	:	-30°C
Número de cambios de aire	:	2.04 en 24h
Densidad del aire exterior	:	1.136 kg/m ³
Entalpía del aire exterior	:	21.9kcal/kg
Entalpía del aire interior	:	-8.2 kcal/kg

a.- Carga térmica por transmisión de calor:

Techo : $(0.013/0.15) \times (19.4 \times 14.3) \times [40 - (-25)] \times 24 = 37,507.18 \text{ kcal/24h}$

Pared 1: $(0.013/0.15) \times (19.4 \times 3.25) \times [30 - (-25)] \times 24 = 7,212.92 \text{ kcal/24h}$

Pared 2: $(0.013/0.15) \times (19.4 \times 3.25) \times [-35 - (-25)] \times 24 = -983.6 \text{ kcal/24h}$

Pared 3: $(0.013/0.15) \times (14.3 \times 3.25) \times [30 - (-25)] \times 24 = 5,316.74 \text{ kcal/24h}$

Pared 4: $(0.013/0.15) \times (14.3 \times 3.25) \times [30 - (-25)] \times 24 = 5,316.74 \text{ kcal/24h}$

Piso : $(0.013/0.15) \times (19.4 \times 14.3) \times [20 - (-25)] \times 24 = 25,966.5 \text{ kcal/24h}$

TOTAL: 80,336 kcal/24h

b.- Carga térmica por cambios de aire:

$2.04 \times 901.62 \times 1.136 \times [21.9 - (-8.2)]$

TOTAL: 62,892.45 kcal/24h

c.- Carga térmica por producto:

$18000 \times 0.41 \times [-18 - (-25)]$

TOTAL: 516,600 kcal/24h

d.- Carga térmica por iluminación:

$$4,000 \times 0.860 \times 8 = 27,520 \text{ kcal/24h}$$

e.- Carga térmica por motores eléctricos:

$$2 \times 0.75 \times 4400 \times 0.252 \times 18 = 29,937.6 \text{ kcal/24h}$$

f.- Carga térmica por personas:

$$6 \times 1,400 \times 0.252 \times 8 = 16,934.4 \text{ kcal/24h}$$

e.- Carga térmica Total Horaria:

$$(734,220.45 \times 1.1) / 20 = 40,382.1 \text{ kcal/24h}$$

CUADRO N° 4.1**RESUMEN DE LAS CARGAS TERMICAS**

AMBIENTE	TEMPERATURA INTERIOR °C	TEMPERATURA EVAPORACION °C	CARGA TERMICA Kcal/h
TUNEL N° 1	-35	-40	69,970
TUNEL N° 2	-35	-40	69,970
CAMARA	-25	-30	40,382

4.3.3 Selección de principales componentes:

De acuerdo a los datos presentados en el cuadro anterior, se seleccionan los principales componentes, los mismos que se realizarán con los datos técnicos de cada equipo, para nuestro caso se considerarán principalmente a los compresores, evaporadores y al condensador evaporativo.

a) **Compresores de Amoniaco:**

Para la selección del compresor se consideran los siguientes datos de entrada:

Capacidad Frigorífica: en kcal/h

Temperatura de evaporación : En °C

Tipo de enfriamiento del compresor: Por termosifón.

Para nuestro caso, se seleccionará un compresor para cada ambiente a refrigerar: 2 de la misma capacidad para los túneles y 1 exclusivo para la cámara.

Según la tabla de capacidades de la marca Mycom (Japón), los modelos seleccionados serán los siguientes:

Compresores Túnel 1 y 2

MYCOM / N 160VS

Capacidad @-40°C : 78,933Kcal/hr

Potencia eléctrica:100KW/440V/3 /60Hz

Compresor Cámara

MYCOM / N 125 S -M

Capacidad @-30°C : 85,125Kcal/hr

Potencia eléctrica: 45KW/440V/3 /60Hz

En el capítulo 5 se presentan más detalles técnicos de cada uno de estos compresores, adicionalmente en los anexos se presenta la corrida de selección del software del fabricante.

b) Evaporadores:

Para la selección de los evaporadores al igual que para los compresores se parte de los datos encontrados en el cálculo térmico, para ello se consideran los siguientes datos de entrada:

Capacidad Frigorífica: en kcal/h

Temperatura de evaporación : En °C

Temperatura del aire : En °C

Tipo de aplicación.

Tipo de descongelamiento

Cantidad de aparatos a emplear

Para nuestro caso se emplearán un evaporador para cada Túnel y dadas las dimensiones de la cámara y para tener una mejor distribución se empleará tres (3) evaporadores para la cámara de congelados.

Según la tabla de capacidades de la marca GUNTNER (Alemania), los modelos seleccionados serán los siguientes:

Evaporadores Túnel 1 y 2

GUNTNER / AGHN 090.2F/34

Capacidad (-40°C): 80,000Kcal/hr

Cantidad : 1 por túnel

Evaporadores Cámara

GUNTNER / S-AGHN 0.50.2E/24

Capacidad (-30°C): 14,760Kcal/h

Cantidad : 3

En el capítulo 5 se presentan más detalles técnicos de cada uno de estos evaporadores, adicionalmente en los anexos se presenta la corrida de selección del software del fabricante.

c) Condensador evaporativo:

Para el caso del condensador evaporativo, se considerará un solo equipo que cubra toda la capacidad del sistema, luego de haber seleccionado los compresores y evaporadores, para ello se deberá emplear el método del **Calor Total Rechazado**, el que se calcula de acuerdo a cada fabricante de equipos, para ello se necesitan ingresar los siguientes datos:

Capacidad Frigorífica de los evaporadores seleccionados: en KW ó Btu/h

Potencia de motores de compresores seleccionados: En KW ó Btu/h

Temperatura de condensación : 35°C (Lima)

Temperatura de Bulbo Húmedo : 26 °C

Para el caso de nuestro proyecto se procederá de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad frigorífica en evaporadores} &= [(80,000 \times 2) + (14,760 \times 3)] \text{kcal/h} \\ &= 204,280 \text{kcal/h} = 237.50 \text{KW} \end{aligned}$$

$$\text{Potencia de compresores} = [(100 \times 2) + (45)] \text{KW} = 245 \text{KW}$$

Total Calor Rechazado : 482.5 KW

Este valor debe ser multiplicado por el factor de corrección para las condiciones de operación (Temperatura de condensación: 95F y Temperatura de bulbo húmedo: 78.8F), el cual se encuentra de la tabla siguiente:

TABLA 4.6

FACTOR DE CORRECCION DE CALOR DE RECHAZO

Table 2 - Ammonia (R-717) Heat Rejection Factors

Condensing Pres. psig	Cond. Temp. °F	Wet Bulb Temperature, (°F)																	
		50	55	60	62	64	66	68	70	72	74	75	76	77	78	80	82	84	86
152	85	.98	1.09	1.24	1.34	1.44	1.56	1.72	1.90	2.16	2.48	2.70	2.94	3.25	3.57	-	-	-	-
166	90	.83	.91	1.02	1.08	1.14	1.21	1.29	1.40	1.53	1.69	1.79	1.89	2.01	2.12	2.54	3.12	-	-
181	95	.71	.78	.85	.89	.94	.98	1.03	1.09	1.17	1.25	1.29	1.34	1.39	1.47	1.63	1.85	2.12	2.47
185	96.3	.69	.75	.82	.86	.90	.94	.98	1.03	1.10	1.18	1.22	1.26	1.31	1.37	1.51	1.71	1.94	2.25
197	100	.63	.68	.73	.76	.79	.81	.84	.87	.92	.97	1.00	1.03	1.07	1.11	1.20	1.30	1.46	1.63
214	105	.56	.59	.62	.64	.67	.69	.71	.74	.78	.81	.83	.85	.87	.89	.95	1.01	1.10	1.21
232	110	.50	.53	.55	.57	.58	.60	.62	.63	.66	.69	.70	.71	.73	.75	.79	.83	.87	.93

Fig. 4.1 : Tabla tomada del catalogo de fabricante Evapco

Del cuadro anterior, el factor a emplear será f: 1.53:

$$\text{Total Calor Rechazado Corregido} : 482.5 \times 1.55 = 747.9 \text{KW} = 212.66 \text{Ton}$$

Con este valor se selecciona el equipo del fabricante EVAPCO (USA)

Condensador Evaporativo : EVAPCO / PMC 325E

Capacidad : 643,078kcal/hr

Engineering & Dimensions Data PMC-175E-1g to 375E-1g

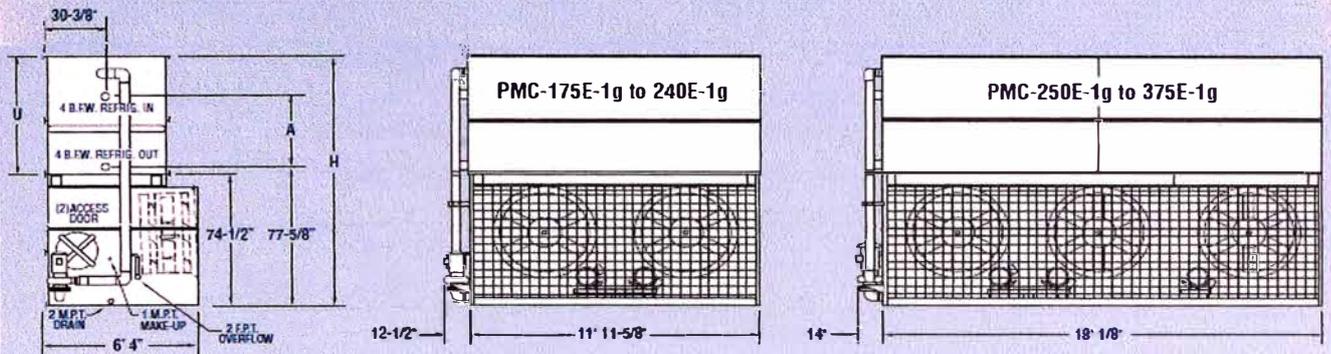


Table 7 Engineering Data

Model No.	R-717 Capacity Tons*	Fans		Weights (lbs)†			Refrigerant Operating Charge lbs.**	Coil Volume ft³	Spray Pump		Remote Sump			Dimensions (in.)		
		HP	CFM	Shipping	Heaviest Section‡	Operating			HP	GPM	Gallons Req'd**	Conn. Size	Operating Weight	Height H	Upper U	Coil A
PMC-175E-1g	124	(2)5	31,300	8,090	5,220	10,410	165	22	2	345	200	8	9,360	130-3/8	57-3/8	30-3/4
PMC-190E-1g	135	(2)5	34,000	8,090	5,220	10,410	165	22	2	345	200	8	9,360	130-3/8	57-3/8	30-3/4
PMC-210E-1g	149	(2)5	33,500	9,050	6,180	11,400	200	28	2	345	200	8	10,350	138-7/8	65-7/8	39-1/4
PMC-220E-1g	156	(2)5	33,000	10,050	7,180	12,440	240	33	2	345	200	8	11,390	147-3/8	74-3/8	47-3/4
PMC-235E-1g	167	(2)7.5	36,600	9,150	6,180	11,500	200	28	2	345	200	8	10,450	138-7/8	65-7/8	39-1/4
PMC-240E-1g	170	(2)7.5	35,500	10,150	7,180	12,540	240	33	2	345	200	8	11,490	147-3/8	74-3/8	47-3/4
PMC-250E-1g	177	(3)5	54,000	10,570	6,210	13,990	185	25	3	515	260	10	12,040	121-7/8	48-7/8	22-1/4
PMC-275E-1g	195	(3)5	48,500	12,080	7,720	15,560	240	33	3	515	260	10	13,600	130-3/8	57-3/8	30-3/4
PMC-295E-1g	209	(3)5	51,900	12,080	7,720	15,560	240	33	3	515	260	10	13,600	130-3/8	57-3/8	30-3/4
PMC-325E-1g	230	(3)5	50,900	13,530	9,170	17,070	300	41	3	515	260	10	15,110	138-7/8	65-7/8	39-1/4
PMC-335E-1g	238	(3)5	50,300	15,030	10,670	18,630	360	49	3	515	260	10	16,670	147-3/8	74-3/8	47-3/4
PMC-360E-1g	255	(3)7.5	57,000	13,690	9,170	17,230	300	41	3	515	260	10	15,270	138-7/8	65-7/8	39-1/4
PMC-375E-1g	266	(3)7.5	56,300	15,190	10,670	18,790	360	49	3	515	260	10	16,830	147-3/8	74-3/8	47-3/4

Fig. 4.2: Hoja técnica tomada del catálogo del fabricante Evapco

4.4 Esquema frigorífico para la nueva planta

De acuerdo al cálculo de carga térmica se diseña el circuito frigorífico con sus distintos componentes, dicho esquema se presenta a continuación.

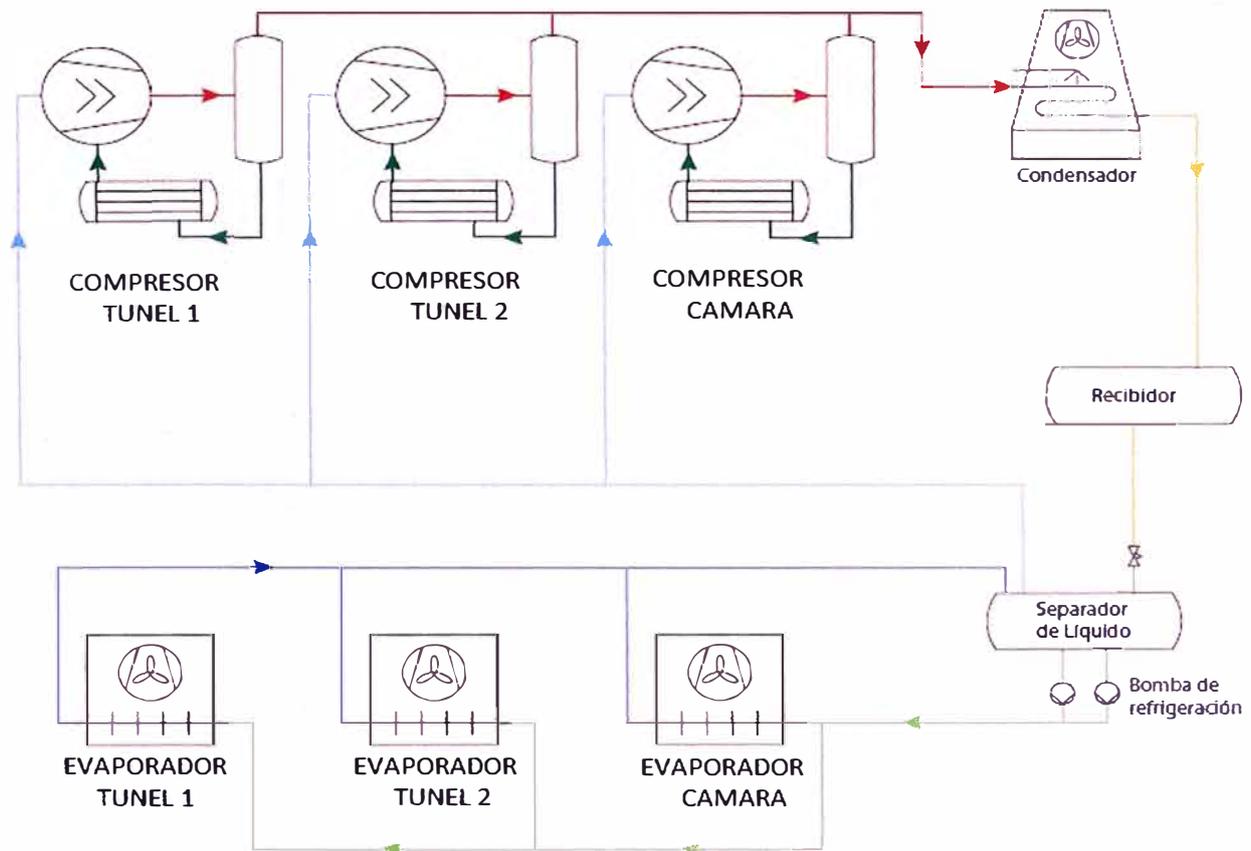


Fig. 4.1: Esquema frigorífico de planta nueva.

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PLANTA NUEVA

Según el cálculo térmico indicado en el capítulo anterior, se procede a seleccionar los equipos de acuerdo a las necesidades, para ello empleamos los catálogos de fabricantes de equipos, así como sus respectivo software de selección, a continuación se presentan las especificaciones técnicas de cada uno de los componentes principales involucrados en el nuevo sistema, según lo siguiente:

Descripción de Equipos:

5.1 Compresores:

Compresor de Túneles 1 y 2:

Cantidad	02
Marca	Mycom
Modelo	N 160VS-HE
Refrigerante	Amoniaco
Velocidad	3600 r.p.m.
Capacidad @-40°C	78,933kcal/hr
Motor eléctrico	WEG
Potencia eléctrica	100KW / 150HP/ 440V/3 /60Hz

Compresor de Cámara de congelados:

Cantidad	:	01
Marca	:	Mycom
Modelo	:	N 125 S-M
Refrigerante	:	Amoniaco
Velocidad	:	3600 r.p.m.
Capacidad @-30°C	:	85,125kcal/hr
Motor eléctrico	:	WEG
Potencia eléctrica	:	45KW / 60HP/ 440V/3 /60Hz

5.2 Evaporadores de Tiro Forzado:**5.2.1 Evaporadores de Túnel de congelados N° 1 y 2:**

Cantidad	:	02
Marca	:	Guntner
Modelo	:	AGHN 090.2F/34 –HOU/6P.M
Refrigerante	:	Amoniaco
TD	:	5.5 °C
Alimentación de líquido	:	Recirculación de amoniaco.
Descongelamiento	:	Gas caliente.
Capacidad (-40°C)	:	80,000kcal/hr
Número de Ventiladores	:	3
Potencia de los ventiladores	:	1.9KW – 440V – 60Hz – 3Ø
Diámetro de los ventiladores	:	90cm.
Capacidad del ventilador	:	19.40m ³ /s

Tiro : 3.5m

5.2.2 Evaporadores de Cámara de congelados:

Cantidad : 03
 Marca : Guntner
 Modelo : S-AGHN 050.2E/24-AOJ/10P.M
 Refrigerante : Amoniacó
 TD : 5.5 °C
 Alimentación de líquido : Recirculación de amoniacó.
 Descongelamiento : Gas caliente.
 Capacidad (-30°C) : 14,760kcal/h
 Número de Ventiladores : 2
 Potencia de los ventiladores : 0.6KW – 440V – 60Hz – 3Ø
 Diámetro de los ventiladores : 50.00 cm.
 Capacidad del ventilador : 3.64 m³/s
 Tiro : 18m

5.3 Condensador evaporativo:

Cantidad : 01
 Marca : EVAPCO
 Modelo : PMC-325E
 Refrigerante : Amoniacó
 Temperatura de condensación : 35°C
 Temperatura de bulbo húmedo : 26°C

Capacidad	:	643,078 kcal/h
Número de ventiladores	:	3
Potencia de los ventiladores	:	4KW- 440V – 60Hz – 3Ø
Diámetro de los ventiladores	:	122cm.
Número de bombas	:	1
Potencia de las bombas	:	2.2 KW – 440V – 60Hz – 3Ø
Caudal de las bombas	:	1.92 m ³ /min.
Material de cubierta	:	Acero inoxidable.

5.4 Sistema de Expansión:

Válvula reguladora manual

Marca	:	Danfoss
Modelo	:	REG 15

5.5 Tanques de almacenamiento:

5.5.1 Tanque receptor de líquido con termosifón:

Cantidad	:	01
Marca	:	MYM
Refrigerante	:	Amoniaco
Tipo	:	Vertical
Temperatura de descarga	:	35° C
Diámetro del tanque	:	812 mm
Largo del tanque	:	3000 mm
Material	:	Acero ASTM A516 – Gr. 70
Presión de prueba	:	24kg/cm ² (350Psi)

Norma de fabricación: Sección 8 Div. 1 del código ASME

El tanque llevará tratamiento térmico de recocido, para alivio de tensiones producidas por la soldadura de acuerdo al código ASME

Todas las conexiones serán ejecutadas en tubería sin costura de acero al carbono ASTM A-53 SCH-80 para diámetros inferiores a 1 ½” y SCH-40 para diámetros mayores a 2”.

5.5.2 Separador de líquido / Tanque de baja presión:

Cantidad	:	01
Marca	:	MYM
Modelo	:	HRC36-118
Tipo	:	Horizontal
Refrigerante	:	Amoniaco
Temperatura de succión	:	-30.5 °C
Capacidad	:	245,680 kcal/h
Diámetro tubería de entrada	:	200 mm ó 8”
Diámetro del tanque	:	914.4mm
Largo del tanque	:	3,048 mm
Material	:	Acero ASTM A516 – Gr. 70
Presión de prueba	:	21kg/cm ² (300Psi)

Norma de fabricación: Sección 8 Div. 1 del código ASME

El tanque llevará tratamiento térmico de recocido, para alivio de tensiones producidas por la soldadura de acuerdo al código ASME

Todas las conexiones serán ejecutadas en tubería sin costura de acero al carbono ASTM A-53 SCH-80 para diámetros inferiores a 1 ½” y SCH-40 para diámetros mayores a 2”.

5.5.3 Tanque purgador de aceite:

Cantidad	:	01
Marca	:	MYM
Modelo	:	OD-125
Tipo	:	Horizontal
Refrigerante	:	Amoniaco
Diámetro tubería de entrada	:	101 mm ó 4”
Diámetro del tanque	:	310mm
Largo del tanque	:	980 mm
Material	:	Acero ASTM A516 – Gr. 70
Presión de prueba	:	21Kg/cm ² (300Psi)

Norma de fabricación: Sección 8 Div. 1 del código ASME

El tanque llevará tratamiento térmico de recocido, para alivio de tensiones producidas por la soldadura de acuerdo al código ASME.

Todas las conexiones serán ejecutadas en tubería sin costura de acero al carbono ASTM A-53 SCH-80 para diámetros inferiores a 1 ½” y SCH-40 para diámetros mayores a 2”.

5.6 Bomba de amoníaco:

Cantidad	02
Marca	Hermetic
Refrigerante	Amoníaco

5.7 Válvulas y controles:

Marca	Danfoss
Refrigerante	Amoníaco

5.8 Sistemas de Tuberías y accesorios:

Todos los materiales utilizados son apropiados para el servicio con amoníaco, de acuerdo con ASME (American Society of Mechanical Engineers). Los componentes en directo contacto con el amoníaco, no contienen cobre, bronce, mercurio, o aleaciones de estos materiales.

Las tuberías para amoníaco son de acero sin costura, del tipo ASTM A-53 Gr.B. Para diámetros inferiores a 1 ½” se utilizarán tuberías Sch 80. Para diámetros superiores o iguales a 1 ½” se utilizarán tuberías Sch 40. Toda unión deberá ir soldada a excepción de las válvulas que se requieran desmontar para su mantenimiento, en este caso se usarán uniones tipo brida. Las tuberías roscadas serán siempre Schedule 80.

Fierro fundido no será usado en ninguna parte del sistema de refrigeración. Para el circuito de agua se usará tubería galvanizada de acero con costura del tipo ISO 65.

Las uniones soldadas se efectúan de acuerdo a:

Tuberías de Acero de diámetros menores o iguales a 1 ½” se soldaron completamente con sistema TIG. Para diámetros mayores de 1 ½” se aplicó con TIG el cordón de raíz, siendo los cordones de terminación aplicados con arco manual.

5.9 Aislamiento térmico:

Todas las tuberías, tanques y accesorios de refrigeración se aislaron con poliuretano de densidad 40Kg/m³ inyectados in situ. Los circuitos aislados son: Succión, líquido sub - enfriado, y retorno húmedo para el circuito de amoníaco. El aislamiento se hizo de acuerdo a norma y se cubrió con chaqueta de aluminio de 0.5mm de espesor. Se incluyen los tanques que trabajarán en el lado de baja presión así como las tuberías de drenajes de agua de los evaporadores que se encuentran en el interior del túnel y la cámara.

A continuación se presenta el cuadro de cargas eléctricas de todos los equipos seleccionados para el proyecto.

En dicho cuadro se muestra la carga unitaria y total de cada componente, se puede notar que la principal carga la tienen los compresores de los túneles:

CUADRO N° 5.1**RESUMEN DE LAS CARGAS ELECTRICAS INSTALADAS**

ITEM	EQUIPO	CANT.	CARGA UNITARIA (KW)	CARGA TOTAL (KW)
1	COMPRESORES TUNEL 1 Y 2	2	100	200
2	COMPRESOR CAMARA	1	45	45
3	EVAPORADOR TUNEL 1	1	1.9x3	5.7
4	EVAPORADOR TUNEL 2	1	1.9x3	5.7
5	EVAPORADOR CAMARA	3	0.6x3	5.4
4	CONDENSADOR EVAPORATIVO	1	4x3+2.2x1	14.2
5	BOMBA DE AMONIACO	1	2	2
TOTAL DE CARGA ELECTRICA INSTALADA (KW)				278

CAPITULO VI

EVALUACION ECONOMICA

En este capítulo se presentan los costos aprobados para la ejecución del proyecto, donde se consideran todos los Equipos, materiales y mano de obra del sistema frigorífico.

6.1) PRESUPUESTO

METRADO - PRESUPUESTO						
PROYECTO: SUMINISTRO E INSTALACION DE EQUIPAMIENTO FRIGORIFICO PARA TUNELES Y CAMARA SURIMI				HECHO POR: HENRI TORREJON		FECHA: 14 de Abr de 09
PROPIETARIO: INSTITUTO TECNOLOGICO PESQUERO				REVISADO POR:		HOJA N°. 01 de 01
PARTIDA	DESCRIPCION	METRADO		COSTOS US\$		
		UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PARCIAL	TOTAL
I	EQUIPOS					
A	UNIDAD COMPRESORA 100KW PARA TUNELES Marca : MYCOM Modelo : N-160VS-HE Motor WEG de 150HP	Equip.	2.00	51,308.95	102,617.90	102,617.90
	UNIDAD COMPRESORA 60KW PARA CAMARAS Marca : MYCOM Modelo : N-125 S-M Motor WEG de 60HP	Equip.	1.00	39,848.50	39,848.50	39,848.50
B	TANQUE DE BOMBEO DE NH3	GLOB	1.00	18,863.90	18,863.90	18,863.90
1	Tanque de bombeo 914.4Øx3048mm	u	1.00	8,500.00	8,500.00	
2	Bomba de amoniaco Hermetic	u	2.00	5,181.95	10,363.90	
C	TANQUES ADICIONALES	GLOB	1.00	7,480.00	7,480.00	7,480.00
1	Tanque recibidor con termosifón de 812Øx3000mm	u	1.00	6,480.00	6,480.00	
2	Tanque separador de aceite para purga 310Øx980mm	u	1.00	1000.00	1,000.00	
D	EVAPORADORES PARA TUNEL Marca : GUNTNER Modelo : A GHN 090.2F/34-HO U/6P.M 80,000 kcal/h@-40°C	Equip.	2.00	34,000.00	68,000.00	68,000.00
E	EVAPORADORES PARA CAMARA Marca : GUNTNER Modelo : S-AGHN 050.2E/24-AOL/10P.M 14,760 kcal/h @-30°C	Equip.	3.00	10,580.00	31,740.00	31,740.00
F	CONDENSADOR EVAPORATIVO Marca : EVA PCO Modelo : PMC-325E	Equip.	1.00	62,000.00	62,000.00	62,000.00

G	TABLERO DE FUERZA Y CONTROL	Equip.	1.00	17,485.00	17,485.00	17,485.00
1.1	Tablero metálico autoportante 1600x800x500mm	u	1.00	2000.00	2,000.00	
1.2	Interruptor termomagnético 3x250A	u	2.00	550.00	1,100.00	
1.3	Arrancador de estado solido, Altistart Merlin Gerin 150HP	u	2.00	2200.00	4,400.00	
1.4	Contactador de bypass de 250A	u	2.00	450.00	900.00	
1.5	Interruptor termomagnético 3x150A	u	1.00	205.00	205.00	
1.6	Arrancador de estado solido, Altistart Merlin Gerin 100HP	u	1.00	1500.00	1,500.00	
1.7	Contactador de bypass de 150A	u	1.00	300.00	300.00	
1.4	Arrancadores para motores varios	est.	12.00	300.00	3,600.00	
1.5	Interruptor termomagnéticos varios	u	8.00	85.00	680.00	
1.6	Aisladores + platina de cobre	u	1.00	200.00	200.00	
1.7	Accesorios, bomeras, etc	u	1.00	600.00	600.00	
1.8	Mano de obra de tablero	u	1.00	2000.00	2,000.00	
I	VÁLVULAS Y OTROS	GLB	1.00	26,334.10	26,334.10	26,334.10
1	Válvula de paso recta 8"	u	2.00	1,358.50	2,717.00	
2	Válvula de 3"	u	4.00	257.40	1,029.60	
3	Válvula de 2 1/2"	u	6.00	189.80	1,138.80	
4	Válvula de 2"	u	2.00	136.50	273.00	
5	Válvula Expansión de 2" REG50	u	3.00	202.80	608.40	
6	Válvula Stop Check de 1 1/2"Ø	u	2.00	149.50	299.00	
7	Filtro de línea 3"Ø	u	2.00	231.40	462.80	
8	válvula de 1"	u	15.00	78.00	1,170.00	
9	válvula de 3/4"	u	8.00	68.90	551.20	
10	Válvula de 1/2Ø	u	10.00	65.00	650.00	
11	válvula de 1/4"	u	4.00	53.30	213.20	
14	Valvula de alivio OFV 1"	u	1.00	182.00	182.00	
15	Válvula de 3 vías	u	2.00	299.00	598.00	
16	Válvula de seguridad de alta	u	4.00	188.50	754.00	
17	Válvula de purga de cierre rapido	u	2.00	126.10	252.20	
18	Visor de líquido LL590 con válvulas de servicio	u	1.00	637.00	637.00	
19	Válvula reguladora de presión PM3 3"Ø	u	1.00	1079.00	1,079.00	
20	Válvula reguladora de presión PMFL-80 1"Ø	u	1.00	702.00	702.00	
21	Manómetros diferencial	u	2.00	273.00	546.00	
22	Manómetros de alta y baja	u	2.00	175.50	351.00	
23	Presostato diferencial de aceite	u	2.00	249.60	499.20	
24	Presostato de alta	u	1.00	104.00	104.00	
25	Válvula Electronica AKVA 15-3 1 pulg. flanges fierro	u	1.00	455.00	455.00	
26	AKS 41-10 Varilla de 1000 mm	u	1.00	1586.00	1,586.00	
27	AKS 38 Con boya 038E, microswitch SPDT y bridas 1" DIN	u	1.00	585.00	585.00	
28	EKC 347 Control de Nivel AKV/A-MEV	u	1.00	591.50	591.50	
29	Set de válvulas para inyección y descarche por hot gas, UNA POR AMBIENTE	u	3.00	2766.40	8,299.20	
	Válvula de 2"	u	2.00	136.50	273.00	
	válvula de 3/4"	u	6.00	68.90	413.40	
	válvula Check de 3/4"	u	2.00	135.20	270.40	
	Válvula solenoide de 3/4 con filtro	u	2.00	455.00	910.00	
	Válvula de expansión manual de 3/4" REG20	u	2.00	98.80	197.60	
	Válvula PM3 1"Ø	u	1.00	702.00	702.00	

J	MONTAJE MECÁNICO	GLB	1	46,428.50	46,428.50	46,428.50
1.00	Interconexión del Sistema Frigorífico	GLB	1.00	46,428.50	46,428.50	
1	Tubería de acero al carbono SCH40, 8"Ø	m	50.00	75.00	3,750.00	
2	Tubería de acero al carbono SCH40, 5"Ø	m	40.00	36.00	1,440.00	
3	Tubería de acero al carbono SCH40, 4"Ø	mts	30.00	25.00	750.00	
4	Tubería de acero al carbono SCH40, 3"Ø	mts	12.00	17.00	204.00	
5	Tubería de acero al carbono SCH40, 2"Ø	m	24.00	8.75	210.00	
6	Tubería de acero al carbono SCH40, 1 1/2"Ø	m	50.00	8.15	407.50	
7	Tubería de acero al carbono SCH40, 1"Ø	mts	30.00	18.90	567.00	
8	Tubería de acero al carbono SCH40, 3/4"Ø	mts	30.00	4.00	120.00	
9	Tubería de acero al carbono SCH80, 1/2"Ø	est.	60.00	3.75	225.00	
10	Accesorios de acero al carbono SCH40, 80, varios Ø"	est.	1.00	800.00	800.00	
11	Aislamiento térmico en poliuretano inyectado, de 4" de espesor, con foil de aluminio de 0,5mm	est.	1.00	12148.00	12,148.00	
12	Tuberías en PVC, accesorios, para agua y desague	est.	1.00	600.00	600.00	
13	Aporte de soldadura	est.	1.00	1000.00	1,000.00	
14	Argón	est.	1.00	2000.00	2,000.00	
15	Consumibles, otros	est.	1.00	1000.00	1,000.00	
16	Acetileno	kg	60.00	8.62	517.20	
17	Oxígeno	M3	60.00	4.83	289.80	
18	Nitrogeno	M3	150.00	8.00	1,200.00	
19	Pintura con base zincromato y acabado dos manos	est.	1.00	1200.00	1,200.00	
20	Tubing y accesorios en inoxidable	est.	1.00	800.00	800.00	
21	Soporterías, pernos, anclajes de tuberías	est.	1.00	1200.00	1,200.00	
22	Transporte de equipos, personal, etc	GLB	1.00	2000.00	2,000.00	
23	Costo de mano de obra de la instalación frigorífica	GLB	1.00	14000.00	14,000.00	
K	MONTAJE ELÉCTRICO	GLB	1.00	19,550.00	19,550.00	19,550.00
24	Cable para conexión eléctrica entre el tablero de distribución y el compresor NYY triple 3x1x120mm2, INDECO	m	80.00	95.00	7,600.00	
25	Canaleta metálica, para cables NYY	m	80.00	15.00	1,200.00	
26	Cable para interconexión eléctrica entre el tablero de distribución y los evaporadores Nº 10 THW, INDECO	m	360.00	8.00	2,880.00	
27	Canaleta metálica, para cables de interconexión, en plancha galvanizada	m	60.00	12.00	720.00	
28	Tuberías conduit varios diámetros	est.	1.00	2500.00	2,500.00	
29	Soporterías para canaletas	est.	1.00	1200.00	1,200.00	
30	Cables para controles	m	500.00	2.50	1,250.00	
31	Cinta aislante, cintillos, otros accesorios menores	est.	1.00	200.00	200.00	
32	Mano de obra de la Instalación Eléctrica	GLB.	1.00	2000.00	2,000.00	
	COSTO TOTAL DEL SUMINISTRO E INSTALACION EN US\$ SIN IGV					440,347.90
					IGV 18%	79,262.62
					TOTAL US\$ INC. IGV :	519,610.52

Según se puede observar del cuadro anterior, no se están considerando los paneles de las paredes y techo además de las puertas frigoríficas, así como el aislamiento del piso y otros componentes, debido a que el proyecto solo comprendía el cambio del equipamiento frigorífico manteniendo los mismos ambientes de la planta, posteriormente se hizo un proyecto para cambiar el aislamiento de las paredes y piso de la planta, por que al igual que el equipamiento este aislamiento presentaba fallas diversas, lo cual producía escape de frío hacia el exterior, por lo que se tomó la decisión de cambiar los paneles y puertas frigoríficas, así como todo el sistema de

iluminación de los ambientes externos, se aprovecho también para colocar alarmas para emergencias, tales como personas atrapadas y fugas de gas refrigerante.

6.2) AHORRO ENERGÉTICO

Según los datos indicados en los cuadros 2.1 y 5.1 que indican las cargas eléctricas instaladas en cada uno de los casos, se observa lo siguiente:

La potencia necesaria para la planta con la configuración antigua es de **317.72KW**

La potencia necesaria para la planta con el nuevo sistema es de **278KW**

Como se puede notar la diferencia es de **39.72KW**, lo cual representa un ahorro de energía del **12%**, este valor incidirá enormemente en la facturación mensual del consumo eléctrico de la planta.

Expresado en valor monetario, tendremos un ahorro mensual de:

$$\text{Ahorro de energía} = 39.72\text{KW} \times 30\text{d} \times 24\text{h/d} \times 0.18\text{S/Kwh} = 5,147.7 \text{ Nuevos soles}$$

El ahorro anual será de:

$$\text{Ahorro de energía Anual} = 12 \times 5,147.7 = 61,772.54 \text{ Nuevos soles}$$

CONCLUSIONES

- 1) De acuerdo a lo proyectado, el sistema nos resulta más eficiente utilizando los compresores de tornillo en reemplazo de los compresores a pistón, para una misma capacidad de producción, se logró reducir la potencia eléctrica del sistema en un **12%**.
- 2) Como consecuencia de lo anterior, el ahorro anual es de aprox. 61,700 Nuevos Soles, esto debido a la mayor eficiencia que tienen los compresores de tipo tornillo. Este ahorro es calculado con los equipos funcionando a plena carga, en caso el sistema opere a cargas parciales el ahorro será mayor ya que los compresores tipo tornillo permiten una regulación de capacidad del 10 al 100%.
- 3) Adicionalmente se puede agregar que el sistema necesita menos mantenimiento con respecto al sistema anterior, el cual se tenía que realizar al menos 2 veces al año. La diferencia con el sistema a pistones es que los compresores tipo tornillo requieren de personal altamente calificado para su operación y mantenimiento.
- 4) El proyecto se justifica técnicamente por la mayor eficiencia de todos los equipos modernos, por sus mayores rendimientos y ahorro de energía.

- 5) El presupuesto destinado fue ejecutado correctamente sin mayores problemas y asciende a US\$ 519,610.52 los recursos monetarios fueron proporcionados por el Instituto Tecnológico Pesquero del Perú.

- 6) La carga eléctrica total necesaria es de 278KW, por lo que no es necesario solicitar una nueva acometida, ya que el sistema anterior utilizaba mayor carga, en este proyecto se cambió el tablero antiguo por uno más moderno empleando para los compresores los arrancadores electrónicos de estado sólido, los cuales proporcionan menores corrientes de arranque.

BIBLIOGRAFIA

- ASHRAE Handbook, Fundamentals 1997 SI Edition, Ed. ASHRAE (1997).
- STOECKER, W.F. Industrial Refrigeration Handbook, 1st ed. McGraw Hill (1998).
- DOSSAT, Roy J. Principios de refrigeración Trad. por Armando Garza Cárdenas. México, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., 1980
- RAPIN J. Instalaciones frigoríficas.
- ALARCON CREUS, José. Tratado práctico de la refrigeración automática. 12va. Edición. Alfaomega Marcombo

PLANO

Esquema frigorífico de planta de congelados

ANEXOS

Anexo 1 : Compresores.

Anexo 2: Evaporadores.

Anexo 3: Condensador evaporativo.

Anexo 4: Válvula de expansión manual.

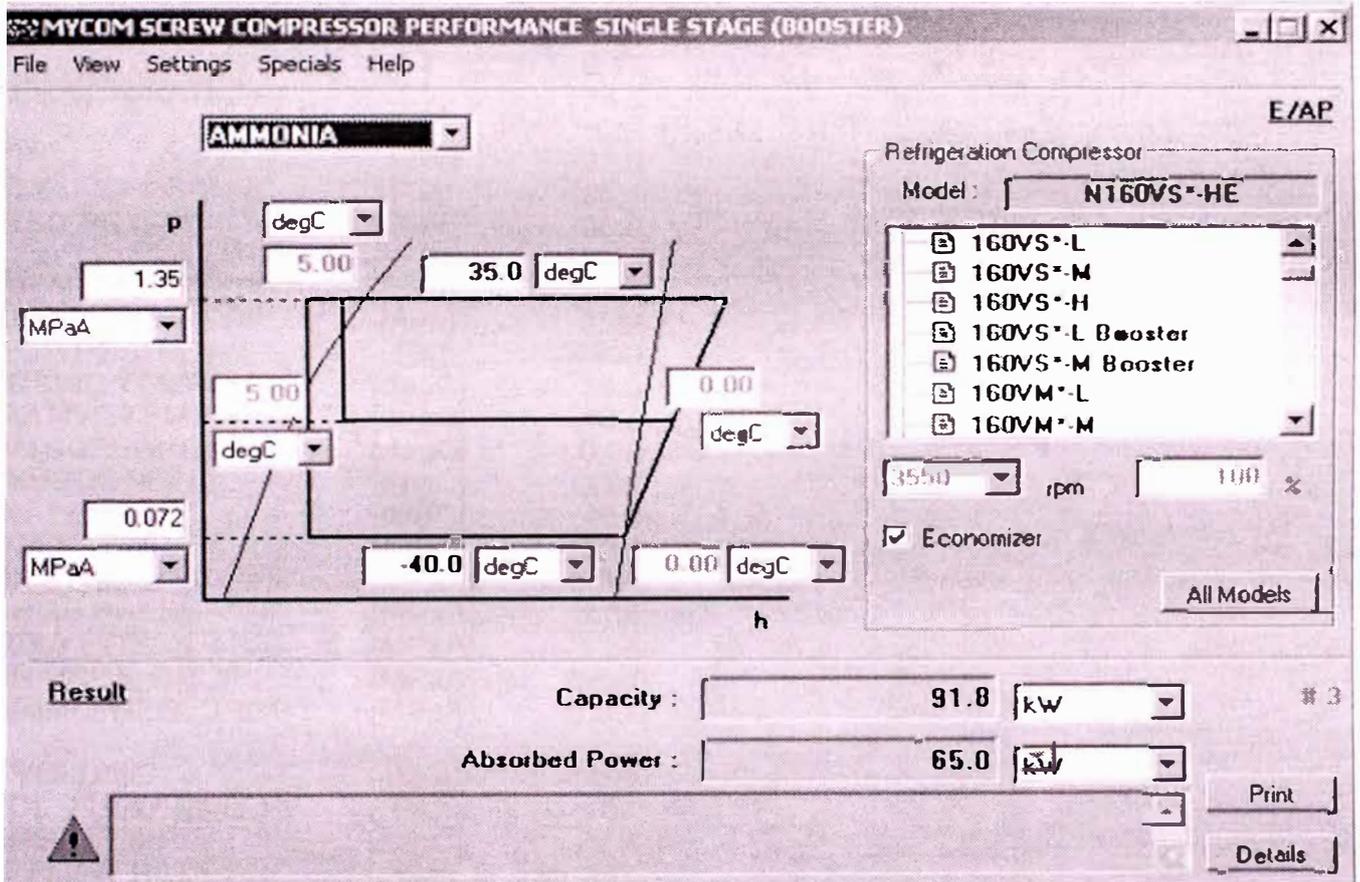
Anexo 5: Bomba de amoniaco.

ANEXO 1:

COMPRESORES

- Selección de Compresor de Túnel Mycom N160VS – HE
- Selección de Compresor de Cámara Mycom N125S-M
- Catálogo de Compresor Mycom tipo tornillo.

SELECCIÓN DE COMPRESOR DE TUNEL MEDIANTE SOFTWARE MYCOM



ITP-Tunel
 MODEL : N160VS*-HE
 REFRIGERANT : AMMONIA

1

RECOMMENDED PORT :		H
BOOSTER :		Falso
Vi :	[-]	8.11
COMPRESSION RATIO :	[-]	18.8
CAPACITY :	[kW]	91.8
CAPACITY :	[TR]	26.1
ABSORBED POWER	[kW]	65.0

DRIVE SHAFT SPEED :	[rpm]	3550
COMPRESSOR SPEED :	[rpm]	3550
INDICATOR POSITION :	[%]	100
CONDENSING TEMP.	[degC]	35.0
EVAPORATIVE TEMP. :	[degC]	-40.0
SUCTION SUPERHEAT :	[degC]	0.00
LIQUID SUBCOOLING :	[degC]	5.00
SUCTION TEMP.	[degC]	-40.0
OIL SUPPLY TEMP. :	[degC]	50.0
SUCTION PRESS. :	[MPaA]	0.072
DISCHARGE PRESS.	[MPaA]	1.35
OIL SUPPLY PRESS. :	[MPaA]	1.54
SUCTION PRES. DROP :	[MPaA]	0.000
DISCHARGE PRES. DROP :	[MPaA]	0.000

SWEPT VOLUME :	[m3/h]	499
LOAD(VOL. FLOW RATE) :	[%]	100
DISCHARGE TEMP. :	[degC]	72.2
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[m3/h]	397
REFRIG. FLOW RATE DIS.	[m3/h]	36.4
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[kg/h]	255.3
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[kg/h]	309.6
INJECT. OIL FLOW RATE	[L/min]	33.0
LUB. OIL FLOW RATE :	[L/min]	39.2
F.SIDE OIL FLOW RATE :	[L/min]	6.81
TOTAL OIL FLOW RATE :	[L/min]	79.0
OIL HEAT REJECTION :	[kW]	49.4
OIL SPEC HT :	[J/kgK]	1930
OIL DENSITY :	[kg/m3]	880

COP :	[-]	1.41
-------	-----	------

--- SUPER HEAT is NOT counted in refrigeration capacity ---

--- WITH THERMO-SIPHON OIL COOLER ---

--- WITH LIQUID SUBCOOLER ---

INTERMED. TEMP. :	[degC]	-23.9
INTERMED. PRESS. :	[MPaA]	0.160
INTERMED. SUPERHEAT :	[degC]	0.00
LIQUID APPROACH TEMP. :	[degC]	5.00
REFRIG. FLOW RATE :	[m3/h]	39.9

ITP-TuneI
 MODEL : N160VS*-HE
 REFRIGERANT : AMMONIA

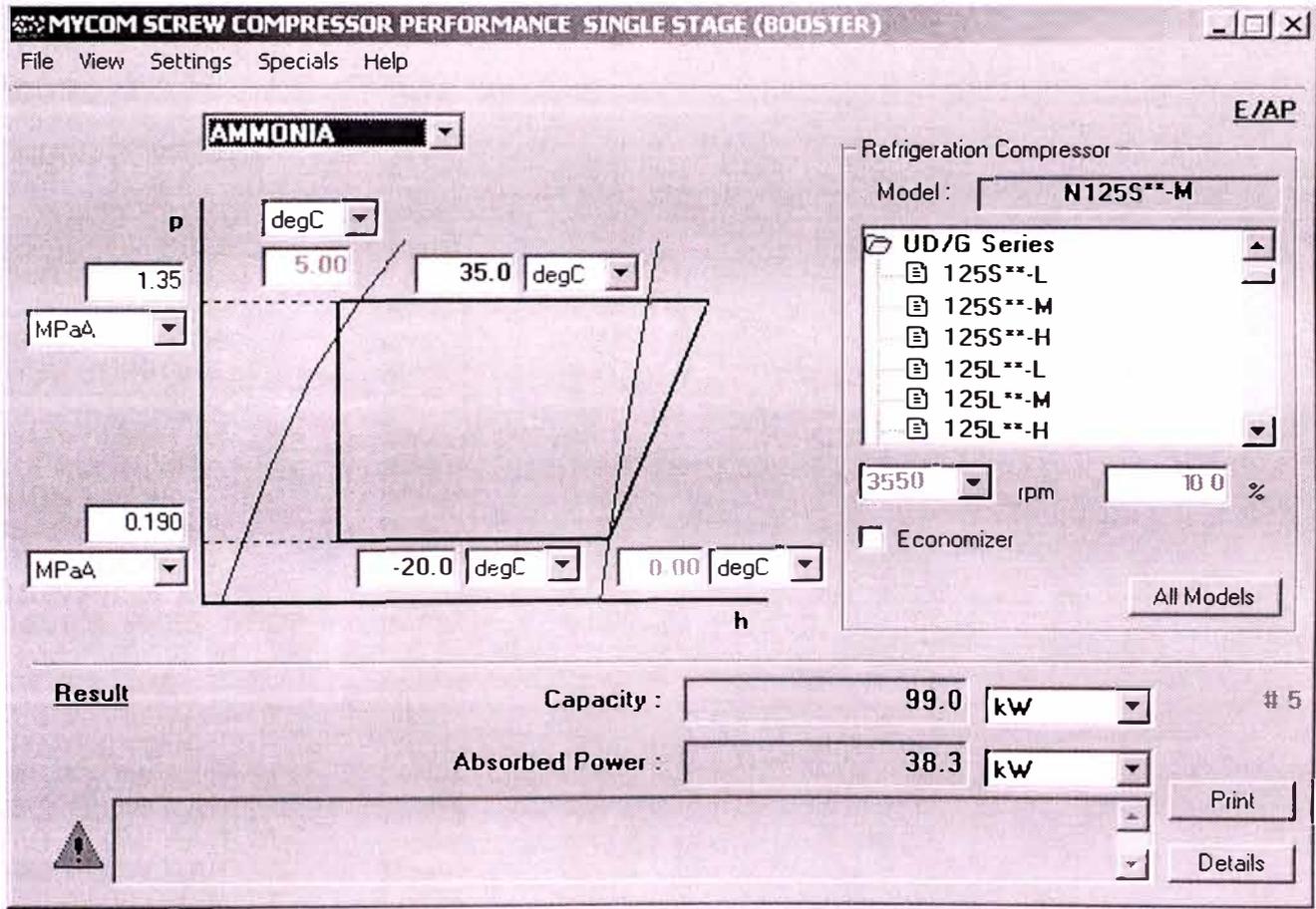
1

REFRIG. FLOW RATE :	[kg/h]	54.32
HEAT REJECTION	[kW]	16.4

--- Refrigeration oil is not soluble with refrigerant (mineral oil) ---

--- When choosing the motor set a safety factor of more than 10% for the brake power ---

SELECCIÓN DE COMPRESOR DE CAMARA MEDIANTE SOFTWARE MYCOM



ITP-Camara
 MODEL : N125S**-M
 REFRIGERANT : AMMONIA

		1
RECOMMENDED PORT :		M
BOOSTER :		Falso
Vi :	[-]	4.46
COMPRESSION RATIO :	[-]	7.08
CAPACITY :	[kW]	99.0
CAPACITY :	[TR]	28.1
ABSORBED POWER :	[kW]	38.3
DRIVE SHAFT SPEED :	[rpm]	3550
COMPRESSOR SPEED :	[rpm]	3550
INDICATOR POSITION :	[%]	100
CONDENSING TEMP. :	[degC]	35.0
EVAPORATIVE TEMP. :	[degC]	-20.0
SUCTION SUPERHEAT :	[degC]	0.00
LIQUID SUBCOOLING :	[degC]	5.00
SUCTION TEMP. :	[degC]	-20.0
OIL SUPPLY TEMP. :	[degC]	50.0
SUCTION PRESS. :	[MPaA]	0.190
DISCHARGE PRESS. :	[MPaA]	1.35
OIL SUPPLY PRESS. :	[MPaA]	1.54
SUCTION PRES. DROP :	[MPaA]	0.000
DISCHARGE PRES. DROP :	[MPaA]	0.000
SWEPT VOLUME :	[m3/h]	237
LOAD(VOL. FLOW RATE) :	[%]	100
DISCHARGE TEMP. :	[degC]	74.3
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[m3/h]	203
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[m3/h]	38.7
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[kg/h]	325.7
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[kg/h]	325.7
INJECT. OIL FLOW RATE :	[L/min]	10.9
LUB. OIL FLOW RATE :	[L/min]	23.7
TOTAL OIL FLOW RATE :	[L/min]	34.6
OIL HEAT REJECTION :	[kW]	23.7
OIL SPEC HT :	[J/kgK]	1930
OIL DENSITY :	[kg/m3]	880
COP :	[-]	2.58

--- SUPER HEAT is NOT counted in refrigeration capacity ---

--- WITH THERMO-SIPHON OIL COOLER ---

--- Refrigeration oil is not soluble with refrigerant (mineral oil) ---

--- When choosing the motor set a safety factor of more than 10% for the brake power ---

ITP-Camara
 MODEL : N125S**-M
 REFRIGERANT : AMMONIA

1

RECOMMENDED PORT :		M
BOOSTER :		Falso
Vi :	[-]	4.46
COMPRESSION RATIO :	[-]	7.08
CAPACITY :	[kW]	99.0
CAPACITY :	[TR]	28.1
ABSORBED POWER :	[kW]	38.3
DRIVE SHAFT SPEED :	[rpm]	3550
COMPRESSOR SPEED :	[rpm]	3550
INDICATOR POSITION :	[%]	100
CONDENSING TEMP. :	[degC]	35.0
EVAPORATIVE TEMP. :	[degC]	-20.0
SUCTION SUPERHEAT :	[degC]	0.00
LIQUID SUBCOOLING :	[degC]	5.00
SUCTION TEMP. :	[degC]	-20.0
OIL SUPPLY TEMP. :	[degC]	50.0
SUCTION PRESS. :	[MPaA]	0.190
DISCHARGE PRESS. :	[MPaA]	1.35
OIL SUPPLY PRESS. :	[MPaA]	1.54
SUCTION PRES. DROP :	[MPaA]	0.000
DISCHARGE PRES. DROP :	[MPaA]	0.000
SWEPT VOLUME :	[m3/h]	237
LOAD(VOL. FLOW RATE) :	[%]	100
DISCHARGE TEMP. :	[degC]	74.3
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[m3/h]	203
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[m3/h]	38.7
REFRIG. FLOW RATE SUC. :	[kg/h]	325.7
REFRIG. FLOW RATE DIS. :	[kg/h]	325.7
INJECT. OIL FLOW RATE :	[L/min]	10.9
LUB. OIL FLOW RATE :	[L/min]	23.7
TOTAL OIL FLOW RATE :	[L/min]	34.6
OIL HEAT REJECTION :	[kW]	23.7
OIL SPEC HT :	[J/kgK]	1930
OIL DENSITY :	[kg/m3]	880
COP :	[-]	2.58

--- SUPER HEAT is NOT counted in refrigeration capacity ---

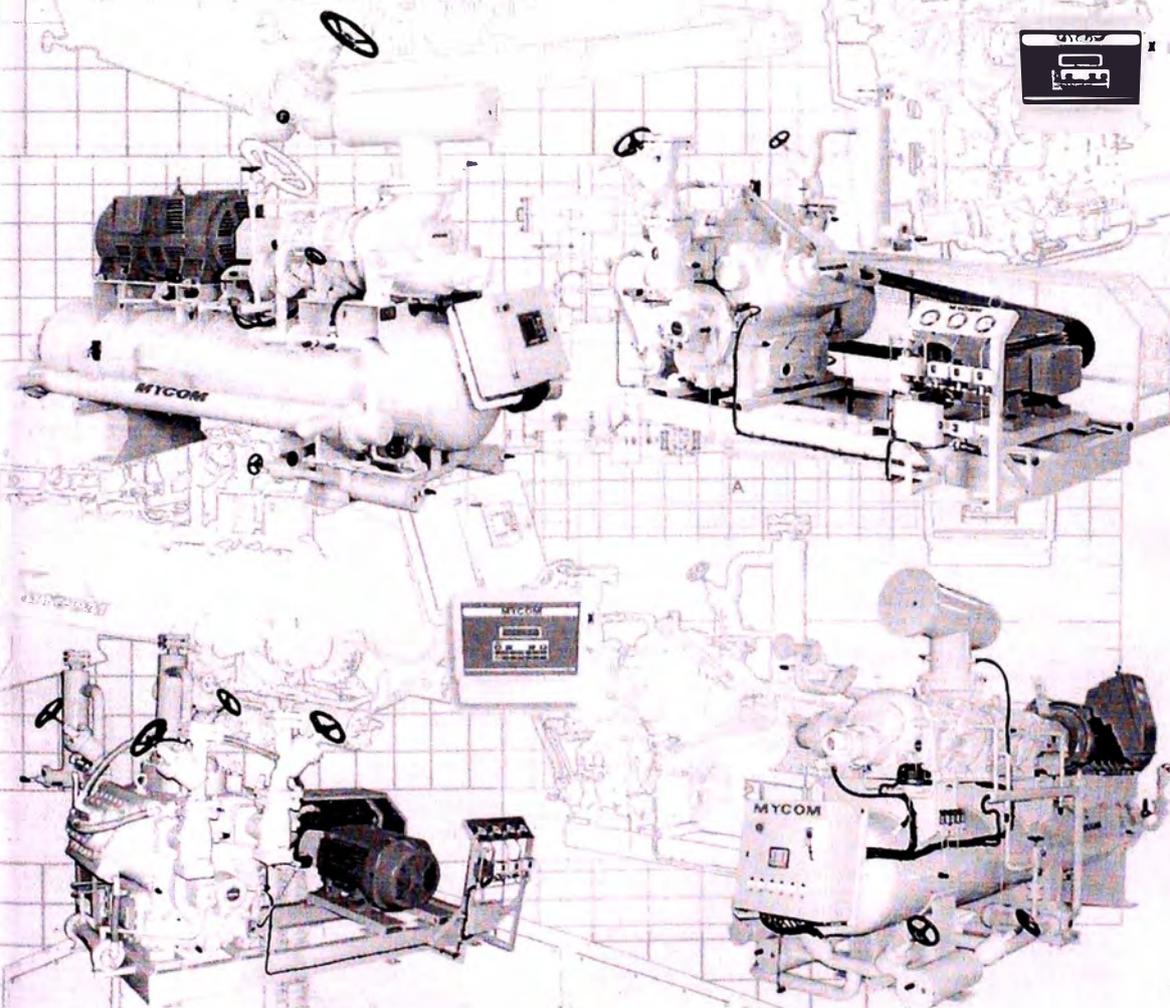
--- WITH THERMO-SIPHON OIL COOLER ---

--- Refrigeration oil is not soluble with refrigerant (mineral oil) ---

--- When choosing the motor set a safety factor of more than 10% for the brake power ---

COMPRESSORES

TECNOLOGIA, CONFIABILIDADE E ROBUSTEZ



**MAYEKAWA DO BRASIL:
TECNOLOGIA E TRADIÇÃO JAPONESAS
NA MEDIDA EXATA PARA SOLUÇÕES BRASILEIRAS.**

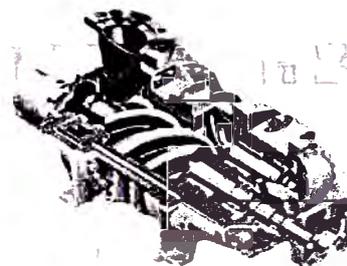
Tecnologia avançada

Alta qualidade

Diversas aplicações

MODELOS SÉRIE V

Condições de trabalho:
Temperatura: -60°C à +150°C



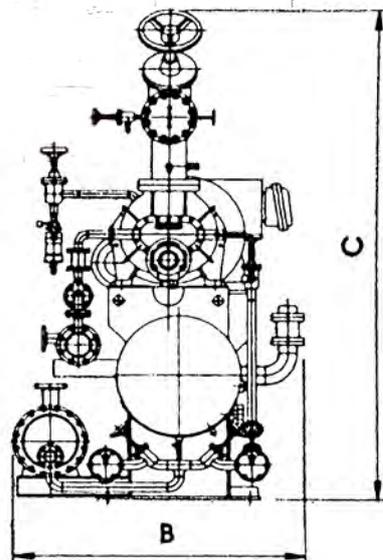
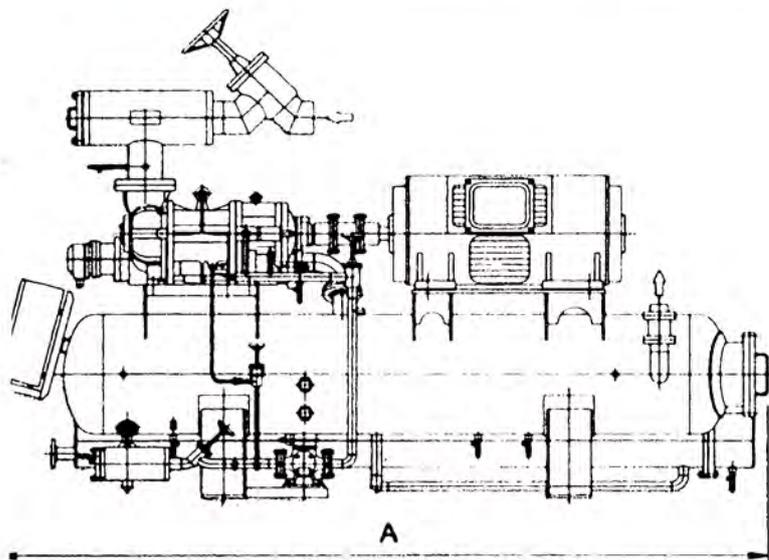
Os padrões estão disponíveis com três níveis de controle de Vi por estágio ou controle de Vi com infinitas modulações. Características: o mecanismo de relação volumétrica variável incorpora um aumento de aproximadamente 28% comparado ao compressor parafuso de Vi fixo. Estão disponíveis modelos especiais para regimes de altas pressões de trabalho.

BELAS DE CAPACIDADES PARA COMPRESSORES TIPO PARAFUSO - SÉRIE "V" - SIMPLES ESTÁGIO

ALTA		-20/+35 °C		-15/+35 °C		-10/+35 °C		-5/+35 °C		0/+35 °C		-5/+35 °C	
Modelo	m³/h	Q	BkW	Q	BkW	Q	BkW	Q	BkW	Q	BkW	Q	BkW
3-S	236	85	39	107	40	132	43	163	44	198	45	239	46
5-L	350	127	56	159	59	197	63	242	64	295	65	355	67
3-S	496	185	81	231	85	287	91	352	92	428	94	515	96
3-M	620	231	97	289	101	358	109	440	111	535	113	643	116
3-L	744	277	115	347	121	429	129	527	132	641	134	771	137
3-S	969	366	156	458	163	567	175	696	178	845	182	1.017	186
3-M	1.215	461	189	576	198	714	212	876	216	1.064	220	1.279	225
3-L	1.450	557	224	696	234	863	252	1.058	256	1.284	261	1.543	267
3-S	1.880	725	294	905	307	1.122	329	1.375	335	1.667	342	2.004	349
3-M	2.370	916	363	1.142	379	1.416	407	1.735	414	2.104	422	2.528	432
3-L	2.830	1.096	433	1.366	453	1.693	486	2.074	494	2.515	504	3.021	515
3-S	3.790	1.467	592	1.830	618	2.267	663	2.777	675	3.367	688	4.045	704
3-M	4.730	1.831	731	2.284	764	2.829	820	3.466	834	4.203	851	5.049	870
3-L	5.660	2.149	858	2.679	896	3.319	962	4.066	978	4.930	998	5.923	1.020

DOSTER		-45/-10 °C		-42/-10 °C		-40/-10 °C		-38/-10 °C		-35/-10 °C		-32/-10 °C		-30/-10 °C		-25/-10 °C	
Modelo	m³/h	Q	BkW														
3-S	496	63	23	75	25	84	25	93	25	109	25	128	25	141	25	179	25
3-M	620	79	29	94	30	105	30	118	30	138	30	161	30	178	31	225	31
3-L	744	96	34	114	36	127	36	142	36	167	36	194	37	215	37	272	37
3-S	969	128	45	153	48	171	48	191	48	224	48	260	48	287	49	365	49
3-M	1.215	161	56	192	59	214	59	239	59	280	59	326	60	360	60	457	61
3-L	1.450	194	66	231	70	258	70	288	70	337	70	392	71	433	71	549	72
3-S	1.880	253	87	301	92	337	92	376	92	440	93	512	93	565	94	717	95
3-M	2.370	321	108	382	113	427	114	476	114	557	115	648	115	715	116	906	117
3-L	2.830	385	129	457	135	511	136	570	136	667	137	777	138	857	138	1.086	140
3-S	3.790	515	176	613	185	685	185	763	186	894	187	1.040	188	1.148	189	1.454	141
3-M	4.730	643	217	765	228	855	229	953	230	1.115	231	1.298	232	1.432	233	1.815	236
3-L	5.660	754	255	897	268	1.003	268	1.118	269	1.308	271	1.523	272	1.680	273	2.129	276

ECONOMIZER		-45/+35 °C		-42/+35 °C		-40/+35 °C		-38/+35 °C		-35/+35 °C		-32/+35 °C		-30/+35 °C		-25/+35 °C	
Modelo	m³/h	Q	BkW														
3-S	236	26	30	32	31	36	31	40	32	47	33	55	34	60	35	76	37
5-L	350	39	43	47	44	53	45	60	46	70	48	82	50	90	51	114	54
3-S	496	59	62	70	64	79	65	88	67	103	69	120	72	132	73	167	78
3-M	620	73	75	88	77	98	79	110	80	129	83	150	86	165	88	208	94
3-L	744	88	89	105	91	118	93	132	95	154	99	179	102	197	105	248	112
3-S	969	117	120	140	124	157	126	175	129	205	134	238	139	262	142	330	152
3-M	1.215	148	146	176	150	198	153	220	157	258	162	299	168	330	172	414	184
3-L	1.450	179	173	214	178	239	182	267	186	312	192	362	199	398	205	499	219
3-S	1.880	237	227	282	234	316	239	351	244	410	253	475	262	522	268	654	287
3-M	2.370	300	281	357	289	399	295	443	302	517	312	599	323	658	332	824	354
3-L	2.830	361	335	428	345	478	352	531	360	619	372	716	386	787	395	985	423
3-S	3.790	486	458	577	472	643	482	715	492	833	509	964	527	1.059	540	1.325	577
3-M	4.730	604	565	715	581	800	594	890	607	1.036	628	1.199	651	1.318	667	1.650	713
3-L	5.660	708	662	840	682	938	696	1.042	712	1.214	736	1.405	763	1.543	782	1.932	836



D	REGIME -10 / +35 °C					REGIME -10 / -40 °C					ECONOMIZER					C	Ø SUCÇÃO	PESO SEM MOTOR (Kg)
	INJ. LÍQUIDO		TERMOSIFÃO		Ø DESCARGA	INJ. LÍQUIDO		TERMOSIFÃO		Ø DESCARGA	INJ. LÍQUIDO		TERMOSIFÃO		Ø DESCARGA			
	A	B	A	B		A	B	A	B		A	B						
ID	2250	1000	2960	1200	2"	2250	1000	2960	1200	2"	2770	1120	2960	1300	2"	1800	3"	980
D	2250	1000	2960	1200	2"	2250	1000	2960	1200	2"	2770	1120	2960	1300	2"	1800	3"	1.100
ID	2500	1170	2960	1460	2"	2500	1170	2960	1400	2"	2770	1170	2960	1500	2"	2050	4"	1.600
ID	2500	1170	2960	1460	2"	2500	1170	2960	1400	2 1/2"	2770	1170	2960	1550	2"	2050	4"	1.670
D	3300	1100	3300	1385	3"	3300	1100	3300	1330	3"	3300	1200	3300	1430	2"	2250	5"	1.720
D	3300	1150	3300	1430	3"	3300	1150	3300	1320	3"	3300	1330	3300	1460	2 1/2"	2250	5"	2.350
ID	3850	1170	3850	1480	3"	3350	1250	3350	1350	4"	3850	1400	3850	1510	2 1/2"	2500	6"	2.630
D	3850	1350	3850	1480	3"	3400	1250	3400	1380	4"	3850	1400	3850	1510	2 1/2"	2500	6"	2.750
ID	3910	1550	3910	1700	4"	3910	1450	3910	1570	4"	3910	1650	3910	1760	3"	3000	8"	3.650
ID	3910	1550	3910	1760	4"	3910	1500	3910	1680	5"	3910	1650	3910	1780	3"	3000	8"	4.100
D	3950	1650	3950	1850	5"	3950	1500	3950	1680	5"	3950	1680	3950	1870	3"	3250	10"	4.400

RESSOR PARAFUSO

NOMENCLATURA

20 VLD

Descarga do bloco na horizontal

Comprimento do rotor S: curto
M: médio
L: longo

VI variável

Diâmetro nominal do rotor: 125 mm
160 mm
200 mm
250 mm
320 mm
400 mm

Gás refrigerante: N: Amônia
F: Freon

MYCOM

Manual de instrucción

Serie V

1	Generalidad de compresores MYCOM serie V	5
1.1	Introducción	5
1.2	Mecanismo de compresión.....	6
1.2.1	Fase de aspiración.....	8
1.2.2	Fase de descarga	8
1.3	Relación volumétrica Vi	9
1.4	¿Por qué cambiar Vi?.....	10
1.5	Mecanismo de ajuste de Vi	11
1.6	Manera de ajuste de Vi	12
1.7	Precauciones en el cambio de Vi	15
1.8	Ajuste de Vi de 5,8 (H) a 3,6 (M).....	16
1.8.1	Circuito de aceite	17
2	Preparación para el desmontaje.....	24
2.1	Preparación para el desmontaje	24
2.1.1	Herramientas a emplear	24
2.1.2	Purga de los gases de refrigeración	24
2.1.3	Desconexión del equipo auxiliar	25
2.1.4	Cambio de emplazamiento de compresor	25
2.1.5	Purga de aceite.....	26
2.2	Procedimiento de desmontaje.....	26
3	Desmontaje e inspección	27
3.1	Conjunto prensa	27
3.1.1	Desmontaje.....	28
3.1.2	Inspección.....	29
3.2	Dispositivo Indicador del Control de Capacidad.....	30
3.2.1	Desmontaje.....	30
3.3	Tapa del descargador.....	31
3.3.1	Desmontaje	31
3.3.2	Inspección.....	31
3.4	Pistón y Cilindro descargador.....	33
3.4.1	Desmontaje.....	33

3.4.2	Inspección.....	33
3.5	Brida ciega	34
3.6	Pistón de equilibrio	35
3.6.1	Desmontaje.....	35
3.6.2	Inspección.....	36
3.7	Tapa cuerpo cojinete.....	37
3.7.1	Desmontaje	37
3.7.2	Inspección.....	37
3.8	Rodamiento de empuje axial	38
3.8.1	Desmontaje.....	39
3.8.2	Inspección.....	40
3.9	Cuerpo aspiración y cojinete lateral de apoyo	41
3.9.1	Desmontaje.....	41
3.9.2	Inspección.....	41
3.10	Rotor, cárter y válvula corredera auxiliar.....	42
3.10.1	Desmontaje.....	42
3.10.2	Inspección.....	43
3.11	Cuerpo cojinete y cojinete principal de apoyo	44
3.11.1	Desmontaje.....	44
3.11.2	Inspección.....	44
	<i>Montaje</i>	45
4.1	Cuerpo cojinete y cojinete principal de apoyo	45
4.2	Cárter, Válvula corredera del descargador, Válvula corredera auxiliar y Cuerpo cojinete	47
4.3	Rotor y Cárter.....	¡Error! Marcador no definido.
4.4	Cuerpo aspiración, Cojinete lateral de apoyo y Pistón de equilibrio	50
4.5	Rodamiento de empuje axial	52
4.6	Tapa cuerpo cojinete.....	56
4.7	Brida ciega, Pistón descargador y Cilindro descargador.....	57
4.8	Tapa del descargador.....	59
4.9	Conjunto prensa	60

5	<i>Indicador de capacidad</i>	62
5.1	Desmontaje	62
5.2	Comprobación	63
5.3	Montaje y ajuste.....	64

1 Generalidad de compresores MYCOM serie V

1.1 Introducción

Los compresores de tornillo MYCOM de la nueva serie V (en adelante "serie V") tienen numerosas mejoras comparando con los compresores existentes. Con el mecanismo de ajustable Vi (relación volumétrica) puede ajustar fácilmente Vi ideal en casi todas las condiciones de trabajo. Y nuevo perfil de los lóbulos de los rotores (Perfil-O) ha sido adoptado para mejorar el rendimiento.

La construcción fundamental de la serie V es igual que la de los compresores existentes de MYCOM, excepto el mecanismo de ajustable Vi.

Antes de empezar cualquier maniobra en estos compresores, se recomienda leer con cuidado este manual de instrucción.

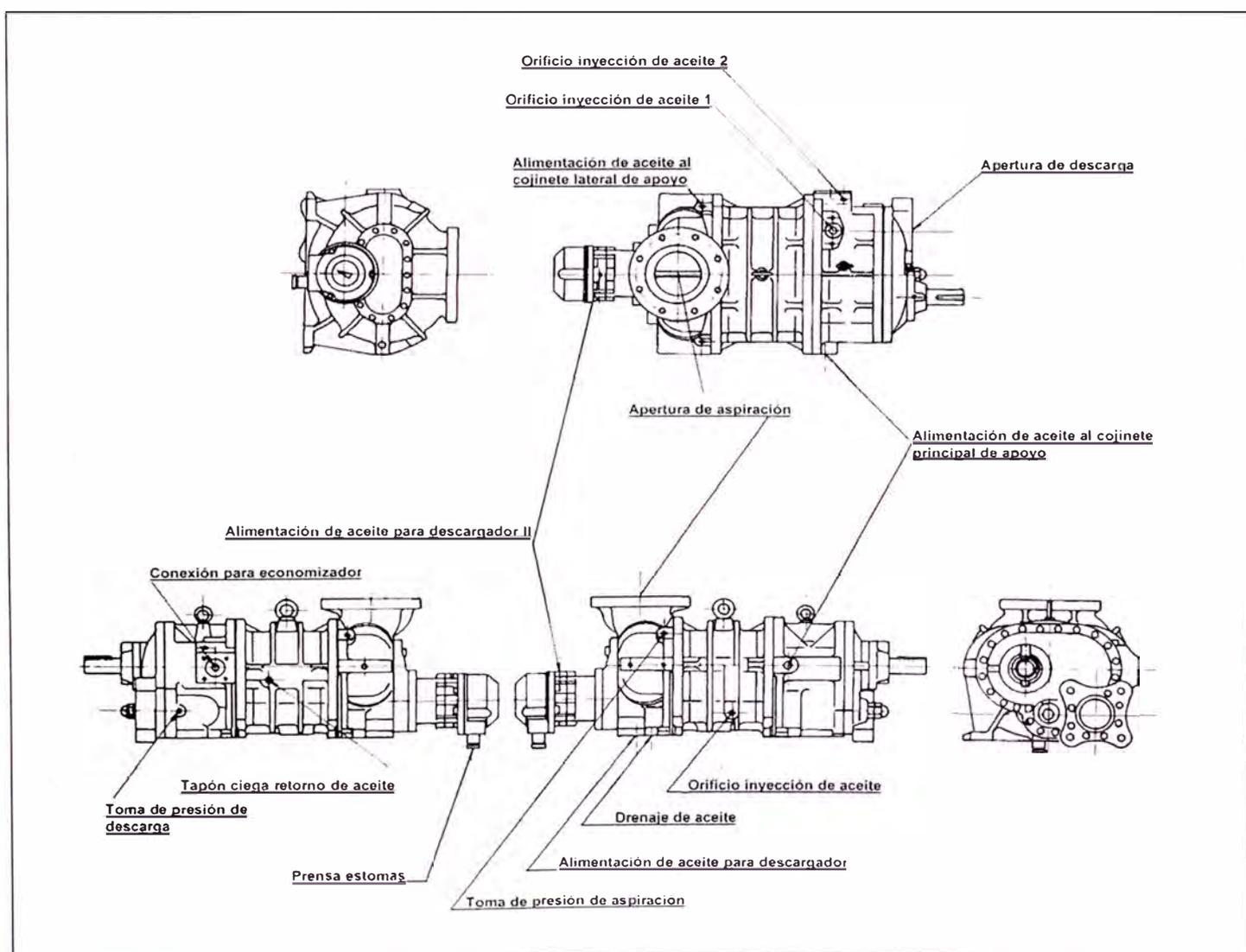


Fig. 1-1 Vista exterior de compresor

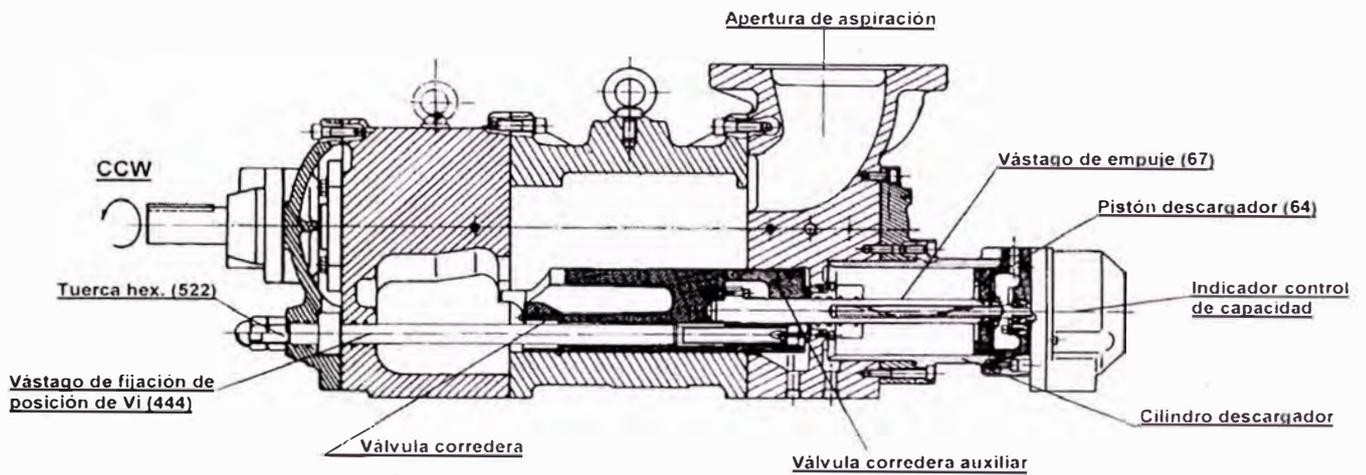


Fig. 1-2 Vista seccional de compresor

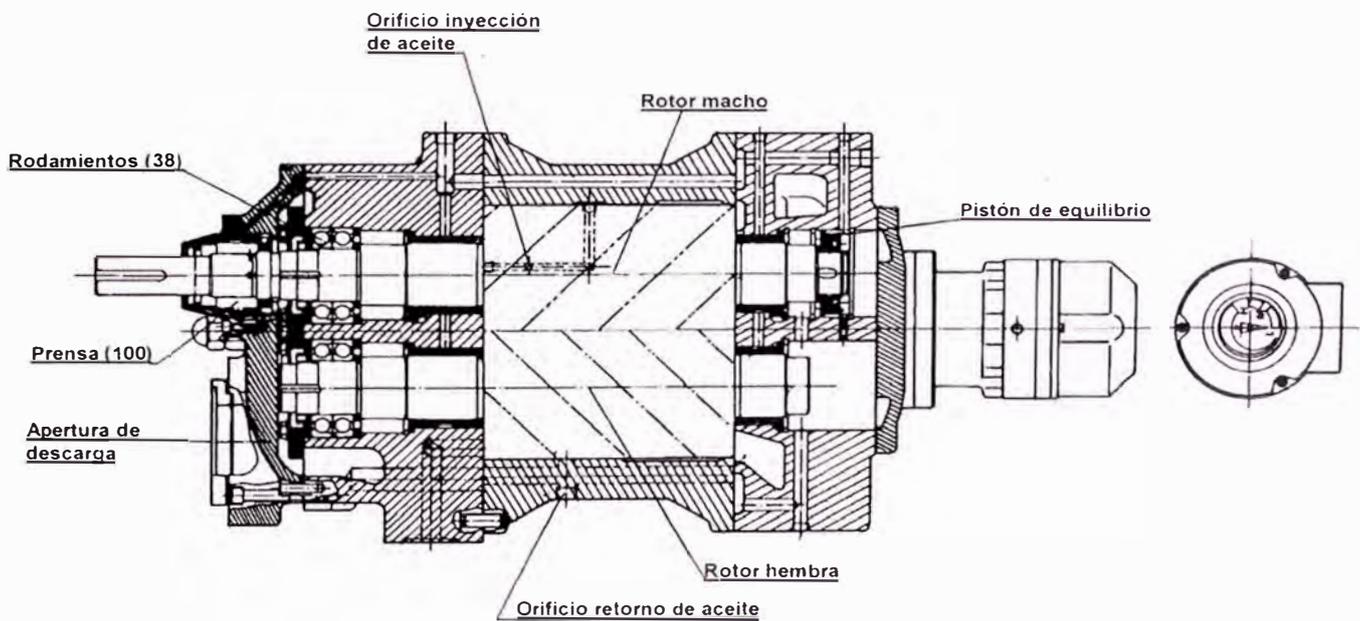


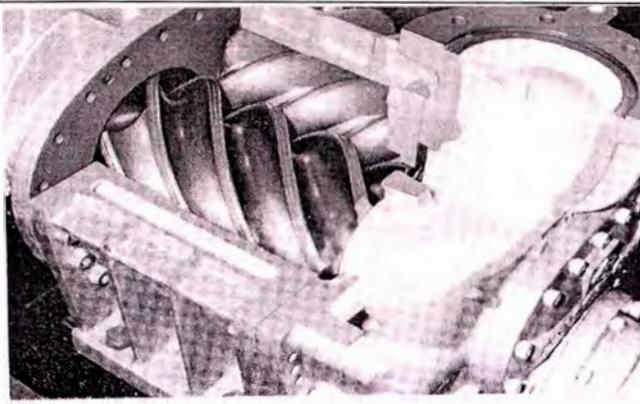
Fig. 1-3 Vista transversal de compresor

1.2 Mecanismo de compresión

El compresor de tornillo se clasifica como del tipo rotativo. Comprime el gas refrigerante continuamente cambiando el volumen entre dos rotores rotativos.

El gas refrigerante se aspira en el espacio entre dos rotores, y sube la presión disminuyendo el volumen. Entonces el refrigerante se descarga como gas en alta presión.

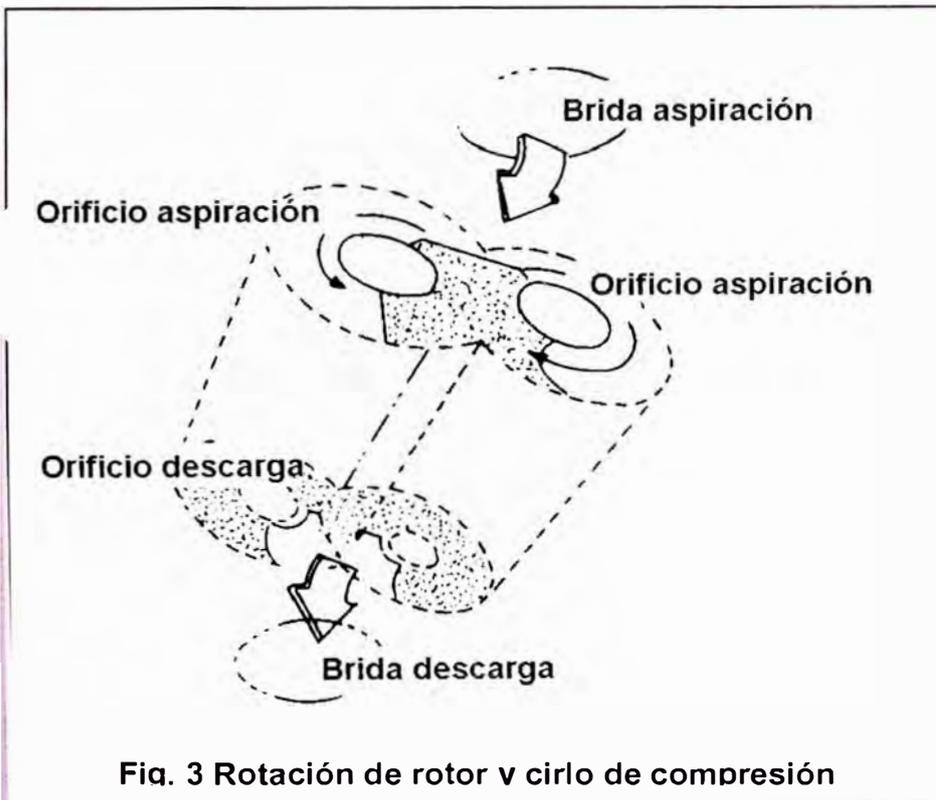
Como se ve en las figuras 1 y 2, los elementos fundamentales del compresor, son dos rotores ranurados, que asentados sobre cojinetes en cada extremo del cárter del compresor, engranan helicoidalmente. Al rotor que posee cuatro lóbulos convexos se le denomina "rotor macho" y al que posee seis lóbulos cóncavos "rotor hembra".



Para la transmisión del rotor macho, se emplea normalmente un motor de 2 polos. Su velocidad será de 2.950 r.p.m. ó 3.550 r.p.m. (50 Hz ó 60 Hz)

El rendimiento del compresor es directamente relacionado con la forma de los lóbulos de rotor. En el caso de la serie V, los rotores tienen un perfil asimétrico (Perfil-O) que reduce el volumen triangular de Blow Off a 60%, minimizando la fuga de gas producida por la diferencia de presión.

Fig. 2 Vista seccional de compresor

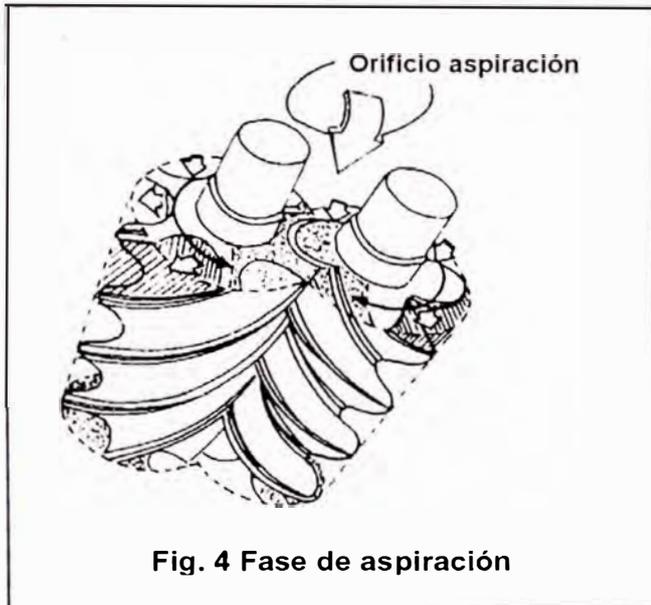


No existe el pico de cierre en los lóbulos de rotor. El espacio, que forman el tope de lóbulos y el cárter, tiene forma de la cuña. Aumentándose la presión de la película de aceite, se realiza el cierre por la lubricación.

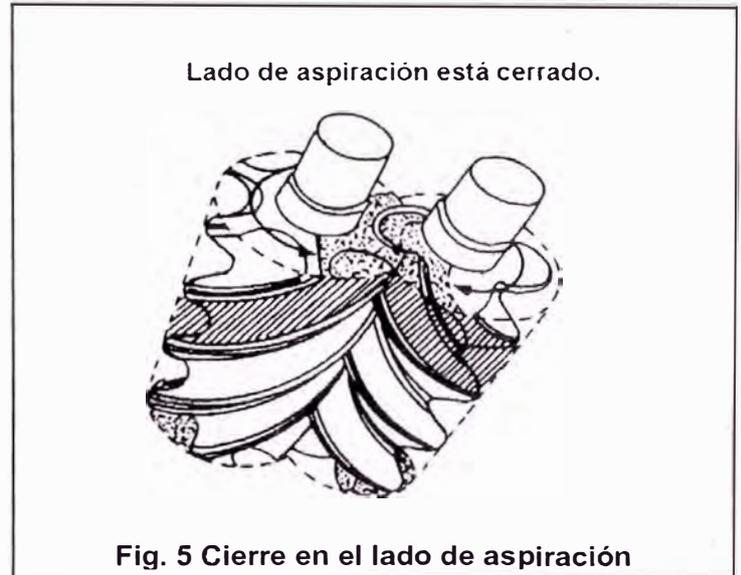
Fig. 3 Rotación de rotor v cirlo de compresión

1.2.1 Fase de aspiración

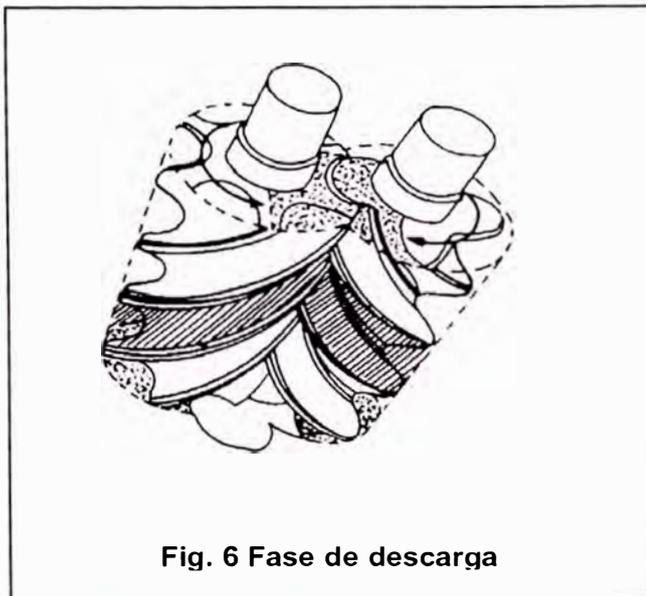
Girando el compresor, el espacio entre los rotores macho y hembra extiende gradualmente desde el lado de aspiración. El gas fluye en el volumen formado entre los lóbulos.



Cuando el espacio sea el máximo, el gas introducido estará sellado por la pared que forman los dos extremos de rotor.



1.2.2 Fase de descarga



La descarga comienza cuando el volumen comprimido ha sido trasladado a la zona axial de la abertura de descarga de la máquina y continúa hasta que todo el gas es evacuado completamente.

1.3 Relación volumétrica V_i

En el caso de un compresor alternativo, el volumen gas introducido va disminuyendo y la presión sube por la ascensión del pistón. Cuando la presión de gas excede a la totalidad de presión de descarga y la fuerza de los resortes que sujetan la lámina descarga, el gas comprimido se evacúa hacia el lado de descarga.

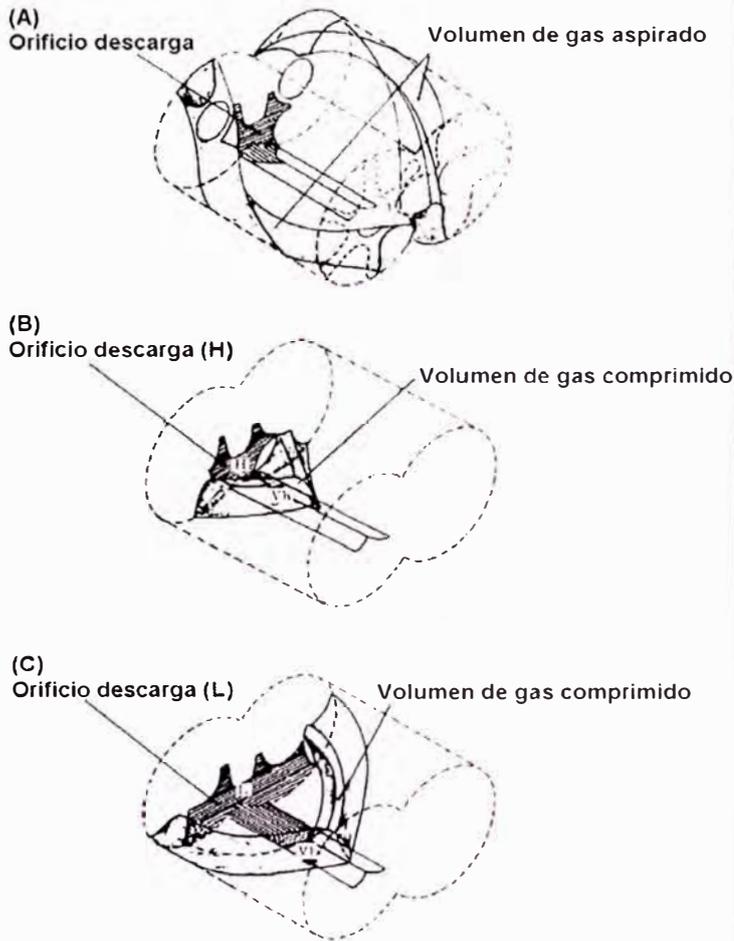


Fig. 8 Relación volumétrica (V_i)

En el caso del compresor de tornillo, el gas se introduce en el espacio entre los rotores. El volumen de gas disminuye, mientras tanto, la presión sube por girar el rotor. La fase hasta este momento es igual que la de compresor alternativo. Cuando el volumen de gas disminuye hasta V_i diseñada, el gas comprimido se retira a través del orificio de descarga.

El espacio ranurado está relacionado directamente al orificio de descarga, o sea, está relacionado por el volumen de espacio ranurado no dependiendo de la presión interior de gas.

El valor de la relación volumétrica, V_i es la siguiente:

$$V_i = \frac{\text{Volumen de gas atrapado cuando comienza la compresión}}{\text{Volumen de la misma cantidad de gas cuando comienza la descarga}}$$

O sea, V_i es la relación entre el volumen del espacio ranurado cuando termina la aspiración y el volumen de gas cuando empieza la descarga.

Los compresores existentes tienen tres tipos de V_i fija; 2,6 (L), 3,6 (M) y 5,8 (H).

En general, la relación entre V_i y la relación de compresión es,

$$(V_i)^k = p_i = P_d/P_s$$

En donde,

$$\begin{aligned} k &= C_p/C_v \text{ de gas refrigerante} \\ V_i &= \text{Relación de volumen diseñada} \\ p_i &= \text{Relación de compresión diseñada} \end{aligned}$$

Consecuentemente la relación volumétrica V_i que corresponda a la relación de compresión es distinta depende del tipo de refrigerante.

En los compresores de la nueva serie V, se puede cambiar V_i sin abrir el compresor.

1.4 ¿Por qué cambiar V_i ?

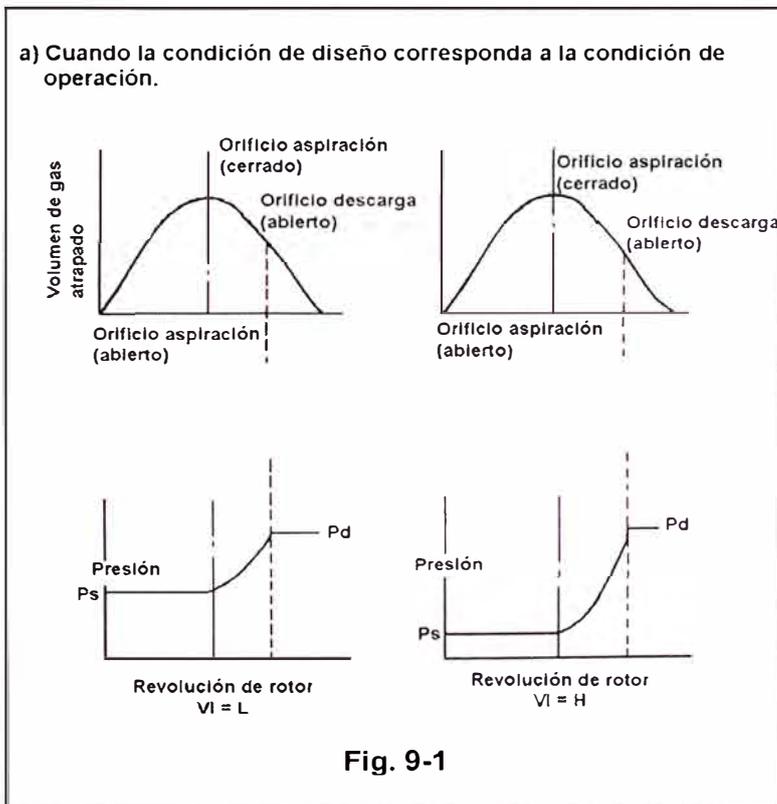
El régimen de trabajo en el sistema de refrigeración no es siempre igual. Se utiliza en el sector de aire acondicionado, para cámara frigorífica, para congelación, etc. El régimen de trabajo es diferente según su objeto de aplicación. Aunque se emplee para aire acondicionado, el régimen de trabajo para el enfriamiento es diferente a el de calefacción. Depende de los productos a conservarse, hay que cambiar también el régimen de trabajo.

Es ideal que el compresor trabaje con el mejor rendimiento pese a tal variación del régimen de trabajo. Los compresores tienen V_i fijo, y sólo se puede modificar de Alta a Baja (por ejemplo, de H a M o L, de M a L). Los compresores de la nueva serie V solucionan este problema.

Se puede modificar V_i manualmente sin abrir el compresor depende del cambio de la condición de trabajo.

En los modelos existentes, el compresor trabaja con el mejor rendimiento en el régimen de trabajo correspondiente a V_i incorporada. Si cambia el régimen, la utilización de compresor con la relación incorrecta de volumen es una pérdida de la potencia y no es la operación eficiente.

Las figuras 9-1 y 9-2 indican la relación entre la condición de diseño y la condición de trabajo.



(1) En caso de operación a alta relación de compresión con un compresor de pequeña relación de volumen.

El gas llega al orificio de descarga sin estar comprimido suficientemente. La diferencia de presión de gas entre ambos lados de orificio produce un flujo contrario de gas hacia el lado de aspiración.

(2) En caso de operación a baja relación de compresión con un compresor de alta relación de volumen.

El gas es comprimido demasiado y es dilatado para ocupar el espacio en el lado de descarga. Esto resulta en la operación ineficaz causada por el trabajo excesivo del compresor.

Evidentemente es mejor cambiar V_i cuando se provee que el compresor trabajara en otra condición de trabajo durante largo período. En los compresores existentes se ha podido modificar V_i de Alta a Baja, sin embargo, no era posible cambiar V_i de Baja a Alta. Tenía que cambiar el compresor completo.

1.5 Mecanismo de ajuste de V_i

V_i de los compresores existentes se determina por la combinación del orificio de descarga axial en el cuerpo cojinete y el orificio de descarga radial del eje (orificio de descarga radial en la válvula corredera del descargador). En los modelos existentes, los factores axial y radial están combinados para que las características en la carga parcial sean lo mejor posible.

En la nueva serie V, el orificio de descarga axial está fijado a $V_i=5,1$, mientras se ajusta V_i cambiando el tamaño del orificio de descarga radial.

Como se ve en la figura 10-1, el orificio radial es más grande cuando V_i es más pequeño. Pero la longitud de la válvula corredera del descargador es diferente en cada caso.

En la nueva serie V, se cambia la posición de detención de la válvula corredera por mover la válvula corredera auxiliar (válvula corredera para el ajuste de V_i), y se ajusta V_i cambiando el tamaño del orificio de descarga radial.

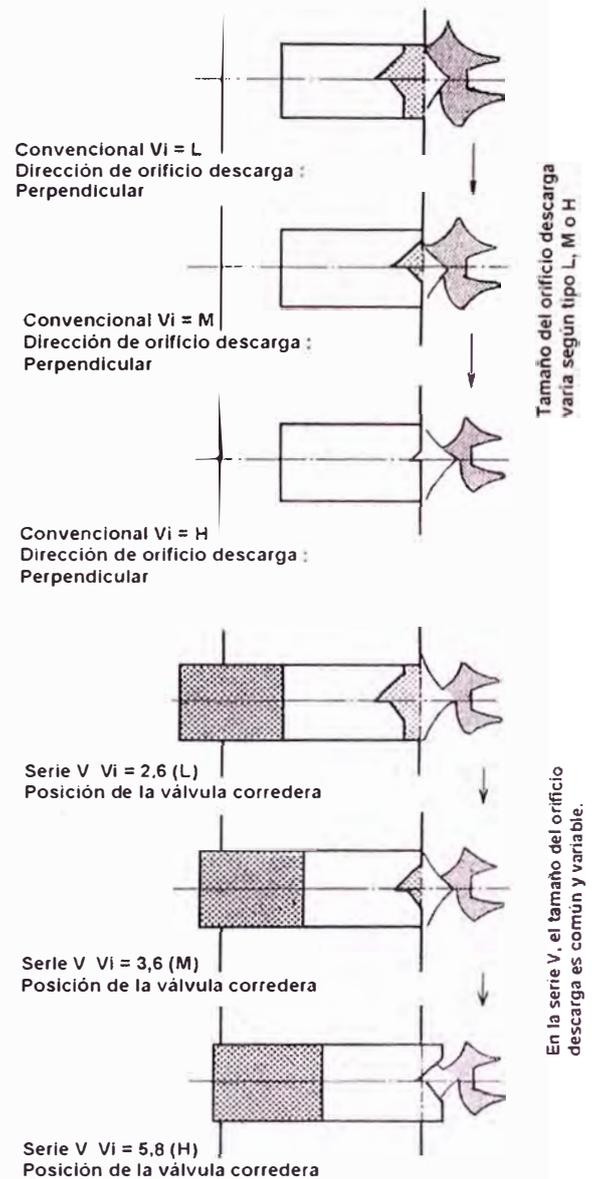


Fig. 10-1 Variación del orificio de descarga

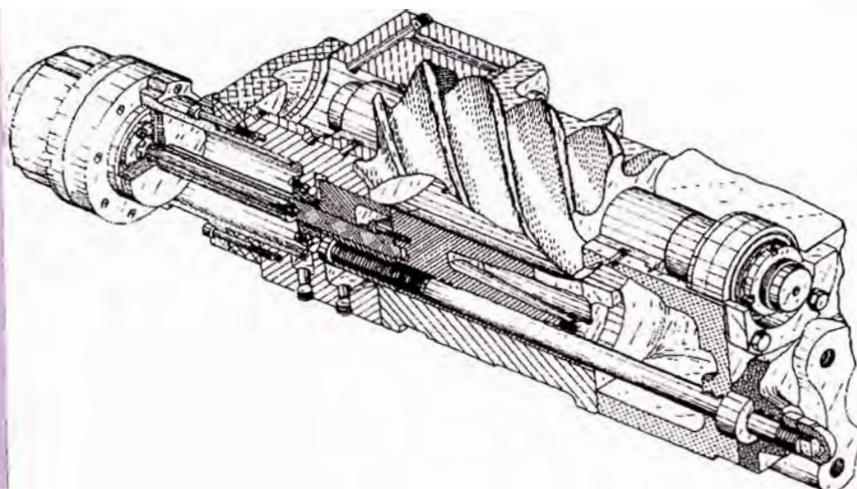


Fig. 10-2 Vista oblicua del mecanismo de V_i ajustable

Como se indica en la Fig. 11, la potencia frigorífica cambia ligeramente por la combinación incorrecta de Vi. Existe una influencia considerable en la potencia absorbida. Sin embargo, la potencia absorbida no varía mucho si el cambio de las condiciones de temperatura es pequeño.

Vi deberá ser ajustada cuando la alteración del régimen de trabajo sea muy grande. Por ejemplo, al utilizar a -40 °C de temperatura de evaporación el compresor que estaba trabajando a 0 °C para la refrigeración, la potencia absorbida aumentará casi doble. En este caso, es recomendable modificar Vi para la configuración de alta relación. En el caso de congelación, si la temperatura cambiará entre 0 a -30 °C, no hay que cambiar Vi. La relación de compresión será alta en el avance de congelación bajando la temperatura de evaporación, Vi debe estar ajustada a la posición de 3,6 (M). Durante el funcionamiento de compresor, no se puede cambiar Vi. (En el caso de que sea necesario cambiar Vi durante la operación, se recomienda el empleo de un compresor de tornillo MYCOM serie "Maximizer".)

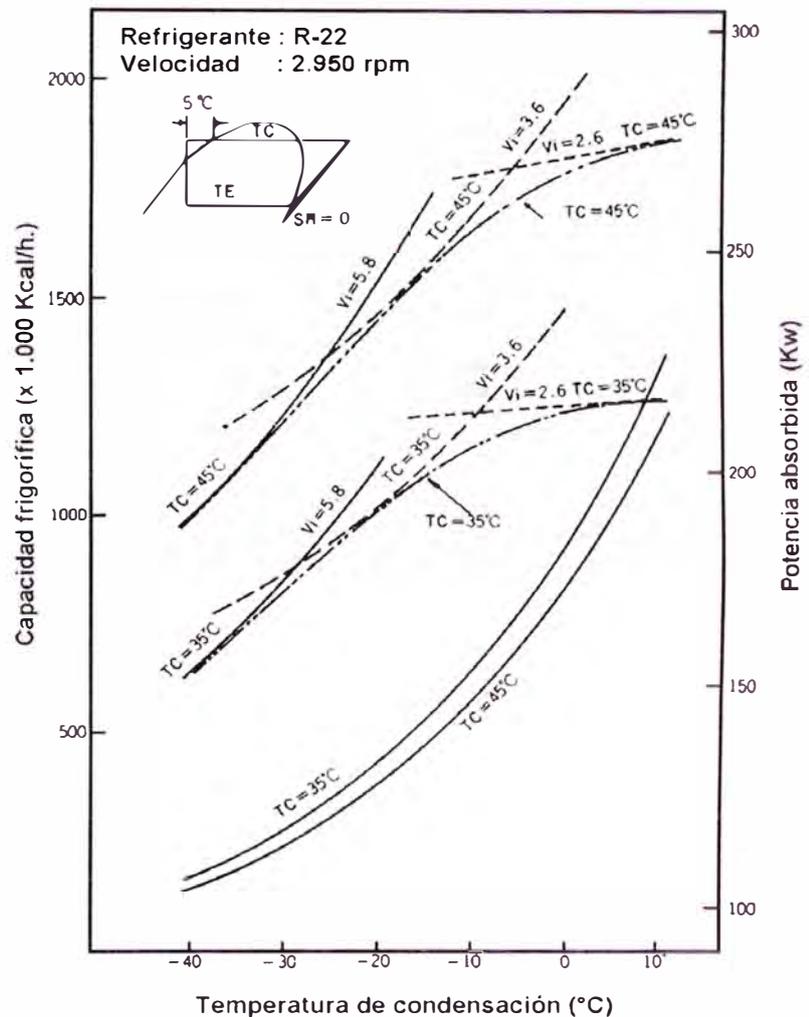


Fig. 11 Curva de la capacidad frigorífica y potencia absorbida (convencional)

1.6 Manera de ajuste de Vi

- a) Determinar Pd/Ps en la operación basándose a la previsión del régimen de trabajo.

$$\begin{aligned} Pd/Ps &= \frac{\text{Presión de descarga (Abs.)}}{\text{Presión de aspiración (Abs.)}} \\ &= \frac{Pd \text{ manométrica} + 1,033 \text{ Kg/cm}^2}{Ps \text{ manométrica} + 1,033 \text{ Kg/cm}^2} \end{aligned}$$

- Calcular Vi por la relación de compresión.

$$Vi = (Pd/Ps)^{1/k} \text{ o } Vi^k = Pd/Ps$$

Nota : Se puede encontrar Vi según la curva. (Fig. 13) (La presión es absoluta.)

- c) Después de determinar Vi, empujar la válvula corredera a la posición completamente descargada (0%).
- d) Obtener número de rotación del vástago fijación de posición de Vi, según tipo de compresor. (Ref. Fig. 13)
- e) Sacar la tuerca cúpula del vástago y aflojar la tuerca hexagonal de fijación.

f) Girar el vástago hacia la dirección de reloj hasta que el vástago contacte con la válvula corredera auxiliar y no gire más. Entonces, V_i viene a la posición de 5,8. No debe girar el eje demasiado fuerte.

g) Girar el eje de ajuste de V_i en la dirección de contra-reloj a la rotación obtenida en d). Hay una marca de señal en la parte cabezal del eje.

h) Después de girar el eje, sujetar la tuerca de fijación y la tuerca cúpula.

i) Mover la válvula corredera tirando el pistón descargador a la posición completamente cargada (100%). Si la aguja en el dispositivo indicador de capacidad indica la posición correcta de V_i deseada, la modificación de V_i ha terminado correctamente. Después de confirmarlo, apretar la tuerca hexagonal de fijación.

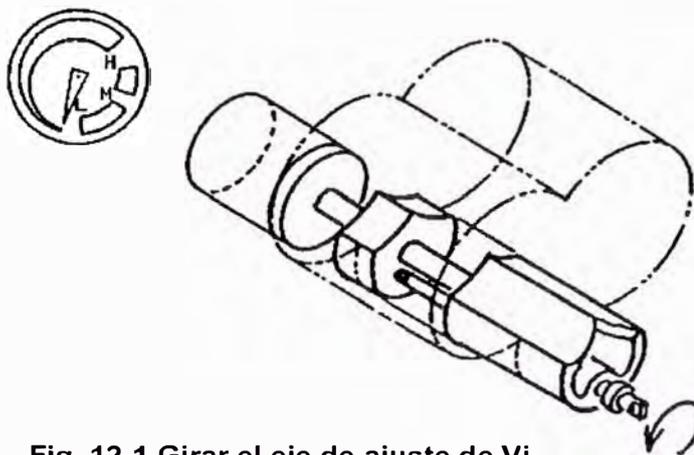


Fig. 12-1 Girar el eje de ajuste de V_i

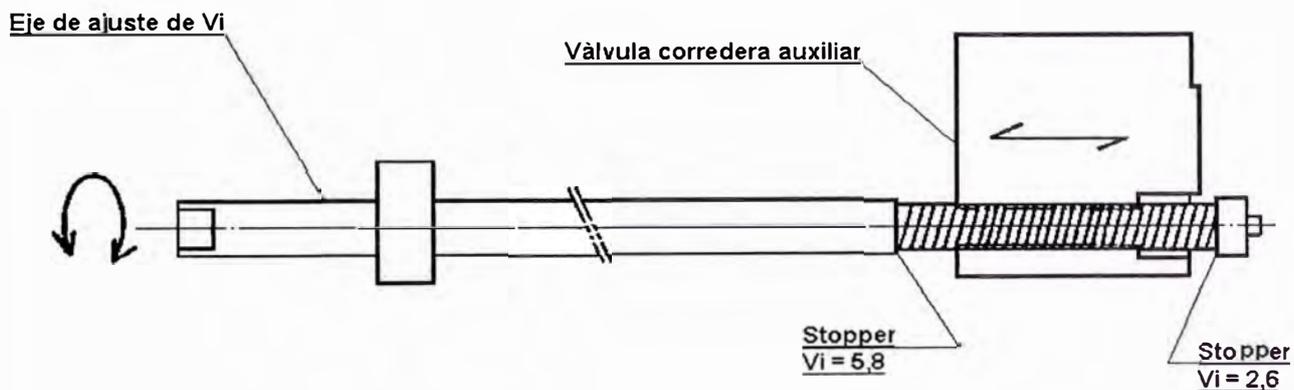
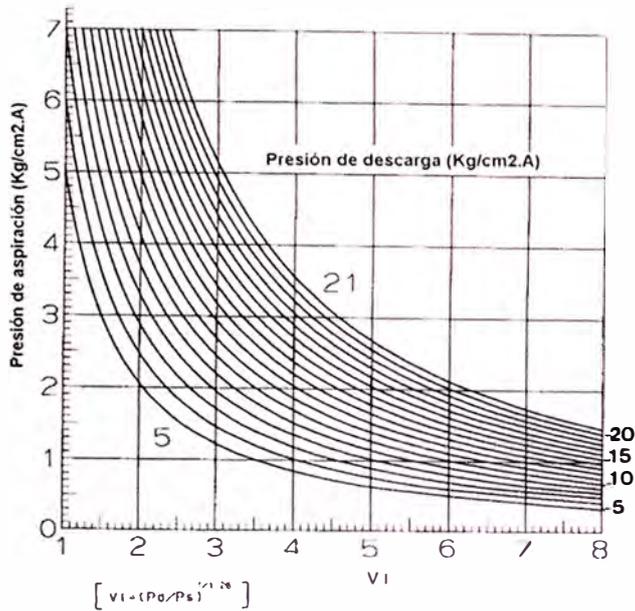


Fig. 12-2 Eje de ajuste de V_i y válvula corredera auxiliar

P - Vi

NH3

- Presión absoluta
 - Presión manométrica + 1,033 = presión absoluta
- Unidad : Kg/cm²



P - Vi

R-22

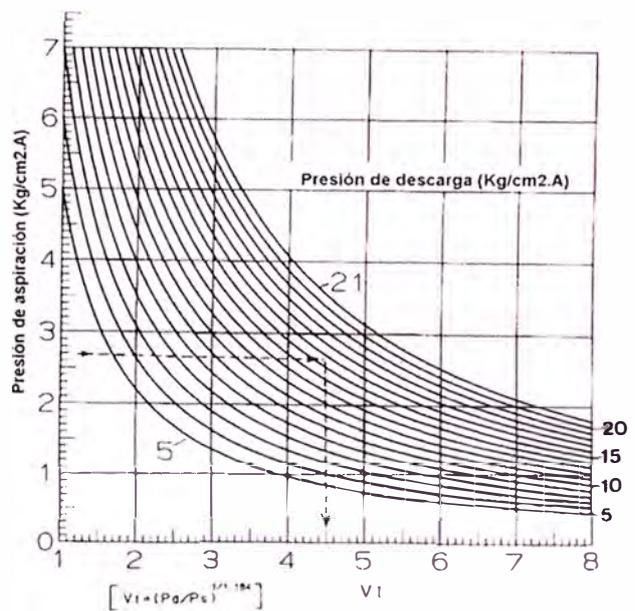


Fig. 13 Curva para determinar Vi por la presión de aspiración y descarga

Modelo	Distancia	N.º de giro
160 VS*	18 mm.	7,2
160 VM*	23 mm.	9,9
160 VL*	27 mm.	10,8
200 VS*	23 mm.	6,6
200 VM*	28 mm.	8,0
200 VL*	34 mm.	9,7
250 VS*	29 mm.	7,3
250 VM*	36,5 mm.	9,1
250 VL*	43 mm.	10,8

Modelo	Distancia	N.º de giro
160 VS*	37 mm.	14,0
160 VM*	45 mm.	18,0
160 VL*	55 mm.	22,0
200 VS*	46 mm.	13,0
200 VM*	57 mm.	16,0
200 VL*	69 mm.	19,0
250 VS*	58 mm.	14,0
250 VM*	72,5 mm.	18,0
250 VL*	87 mm.	21,0

Tabla 1 Número de giro del eje de ajuste de Vi

Modelo	Tamaño	Paso de rosca
160 V**	M20	P2,5
200 V**	M30	P3,5
250 V**	M36	P4

Tamaño de tornillo para el cambio de Vi

Nota : N.º de rotación de tornillo
= Distancia / Paso de rosca

Ejemplo :

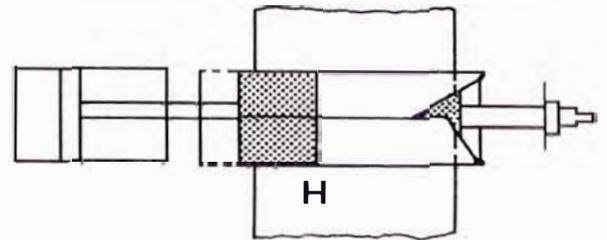
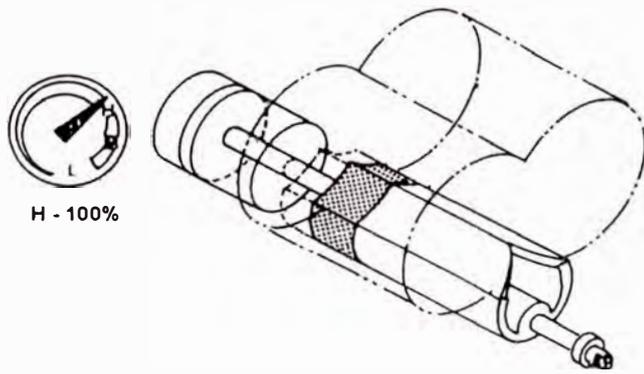
160VL* (5,8→2,6)

N.º de rotación de tornillo
= 555 / 2,5 = 22 giros

1.7 Precauciones en el cambio de Vi

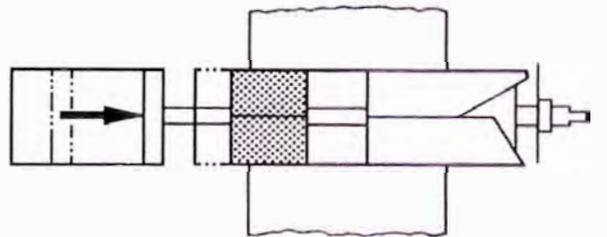
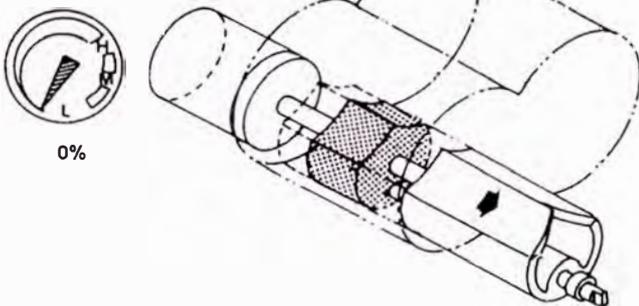
- ① Vi tiene que ser cambiado cuando el compresor está parado, y el mecanismo descargador debe estar puesto en 0% (Ref. 1.6.-c).
- ② En el caso de un compresor con baja o media relación, no girar el eje demasiado fuerte al posicionar el eje en la alta relación (Ref. 1.6.-f).
- ③ Cuando Vi ideal se encuentre en la posición entre 5,8 y 3,6, ó 3,6 y 2,6, hay que elegir una de estas posiciones según tabla de capacidad. No utilizar en la posición intermedia.
- ④ No cambiar Vi frecuentemente en la alteración de régimen de trabajo en la operación cotidiana. Si no hay variación grande de la temperatura de evaporación, se recomienda cambiar Vi en la primavera y el otoño para la prevención de la operación en el verano y el invierno.

1.8 Ajuste de Vi de 5,8 (H) a 3,6 (M)



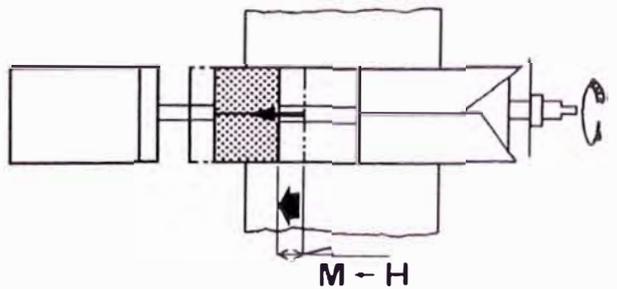
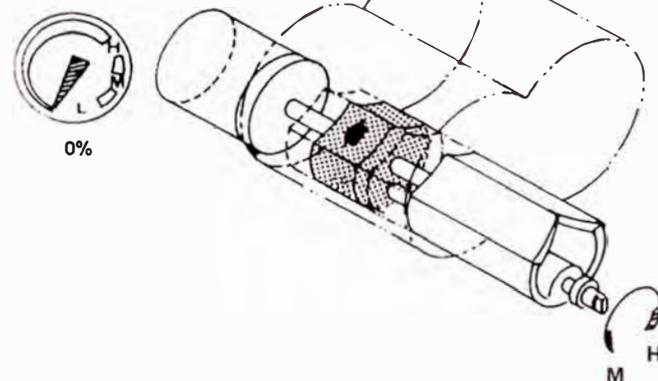
Indica la posición H (5,8) y 100% de carga.

Face 6-c) ~ 6-f)



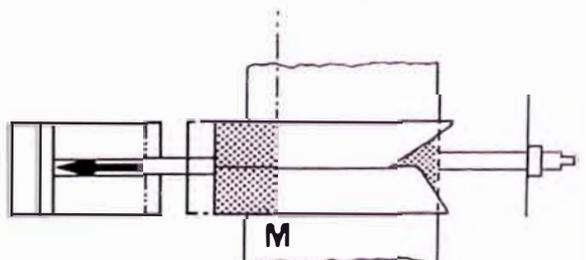
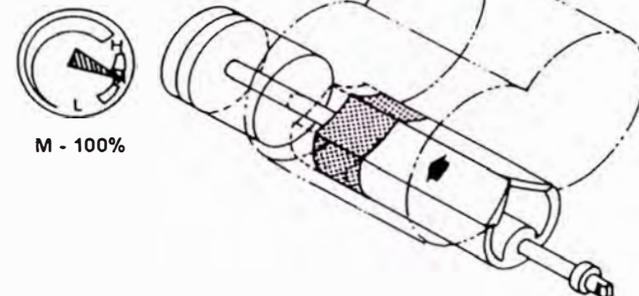
Mover la válvula corredera en la posición completamente descargada en H.

Face 6-q) ~ 6-h)



Girando el eje del vástago fijación de posición de Vi a la dirección de giro de reloj, mover la válvula corredera auxiliar a la posición de M. (Refiérase a la tabla 1 con respecto al número de rotación del eje.)

Face 6-i)

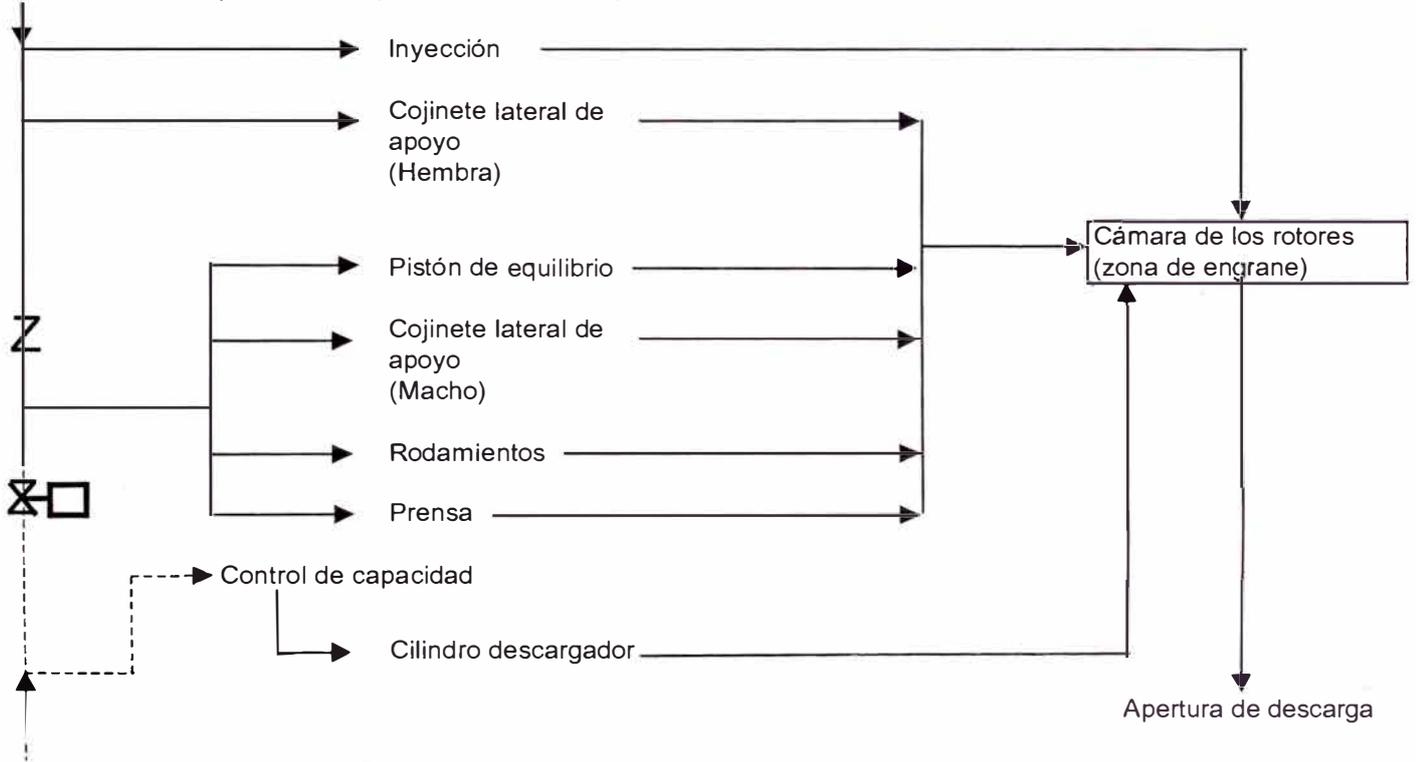


Mover la válvula corredera hacia la posición completamente cargada y confirmar si la aguja indica 100% en M. Después, apretar la tuerca hexagonal de fijación.

Fig. 14 Manera de cambiar Vi

1.8.1 Circuito de aceite

Colector de aceite (lubricación por diferencial de presión)



Línea de alimentación de aceite presionado por bomba-----Pre-lubricación en el arranque
Control de capacidad

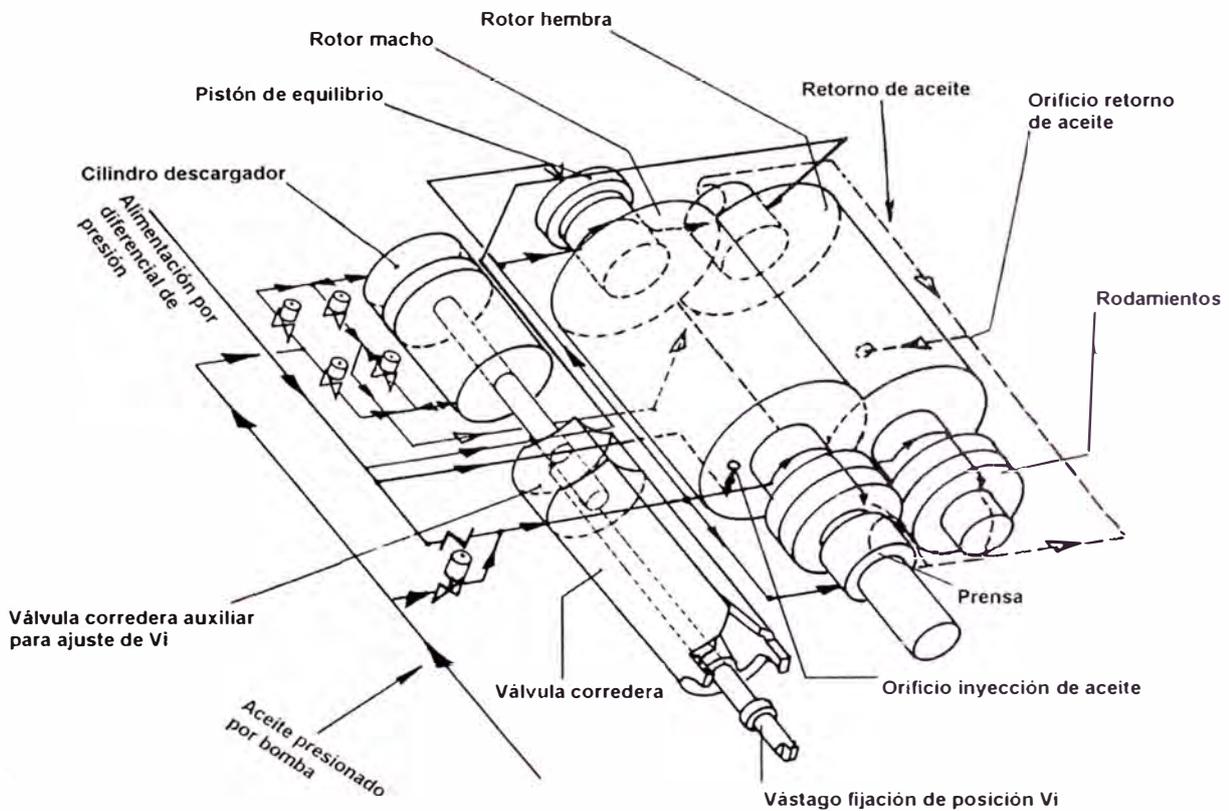
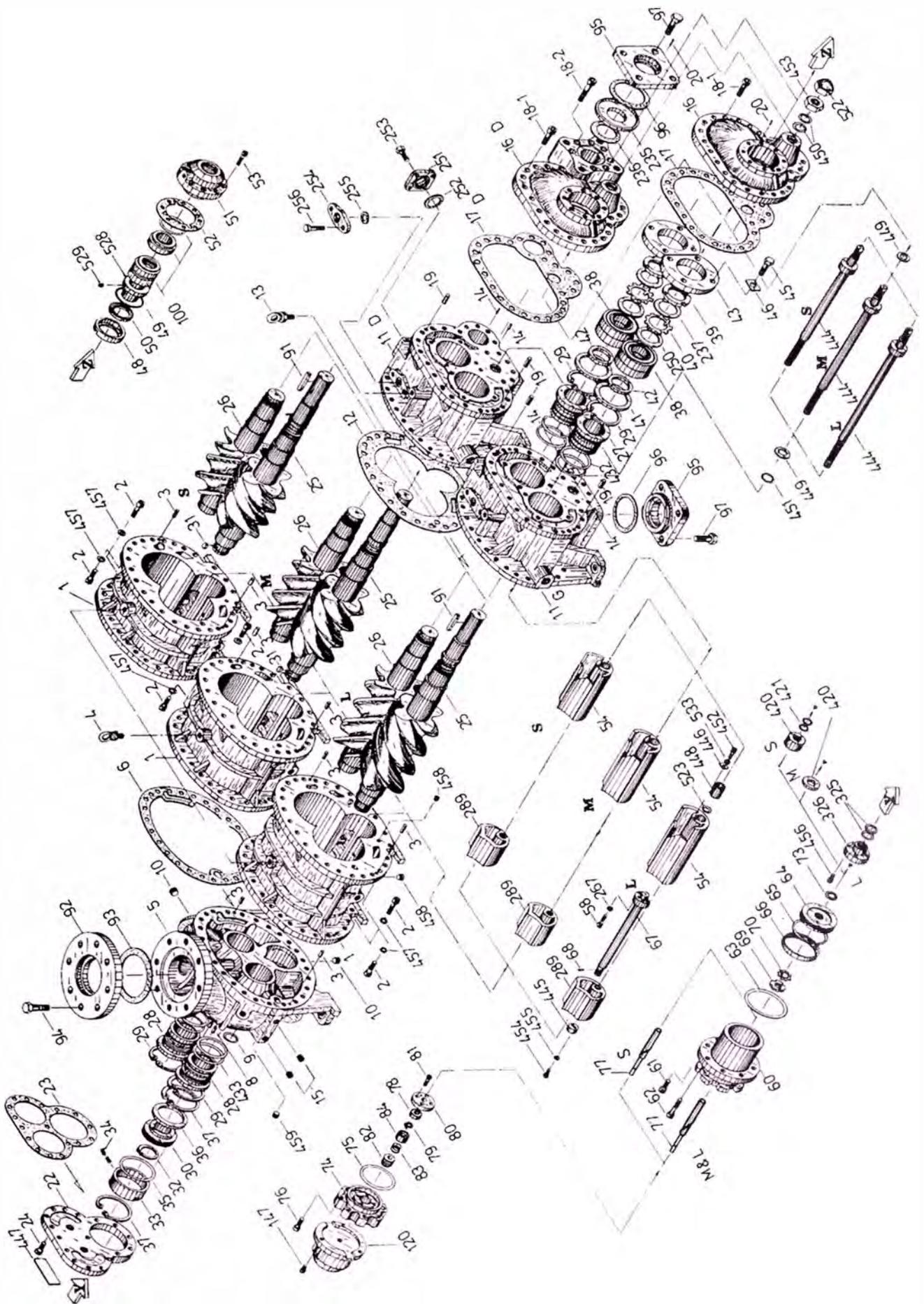


Fig. 16 Circuito de aceite

Fig. 17 Despiece de compresor



Lista de piezas

160VSD ~ 250VLD
160VSG ~ 250VLG

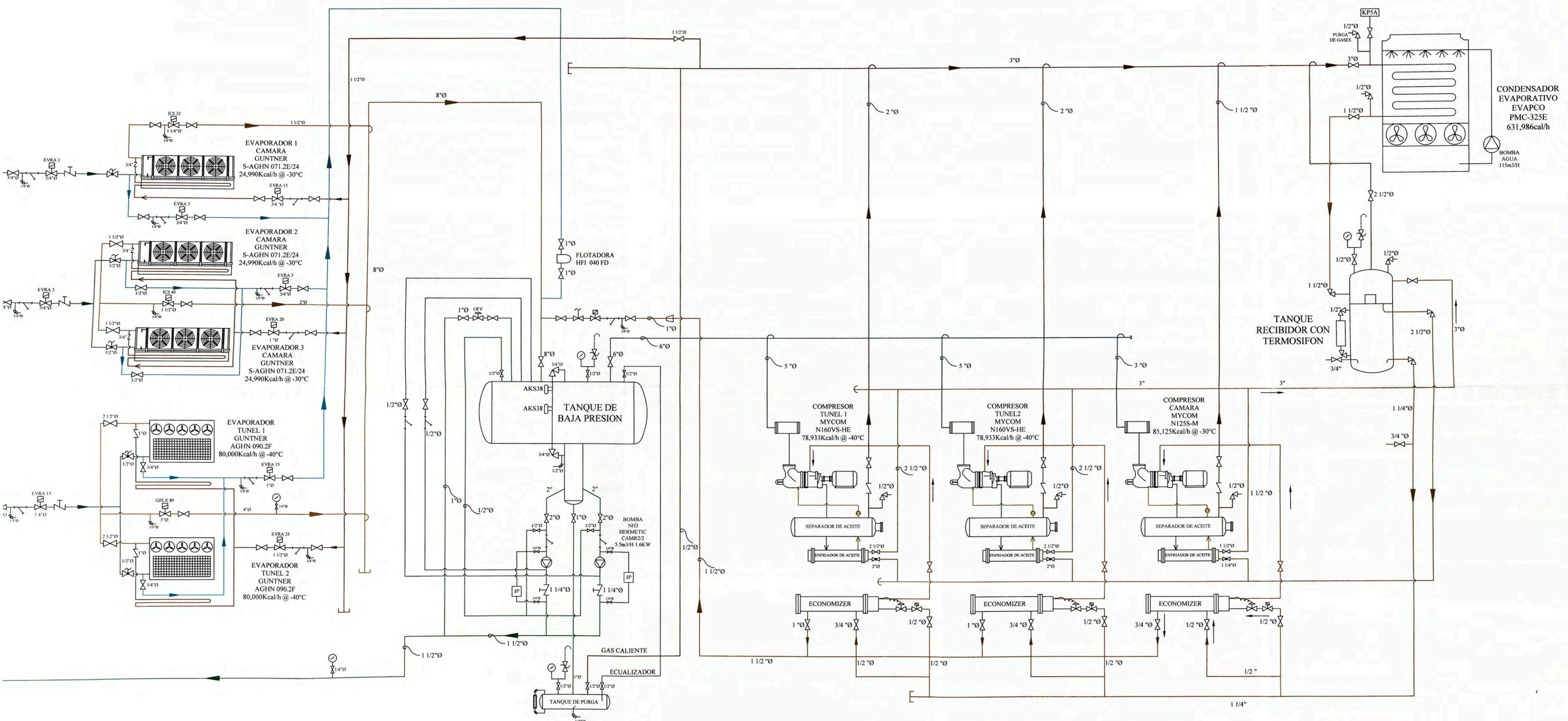
* Las piezas marcadas con ★ son diferentes a los modelos anteriores.

N.º ref.	•	Descripción	
1	★	Cárter	
2	★	Tornillo cabeza Allen	
3	•	Pasador guía	
4	•	Cáncamo cárter	
5	★	Cuerpo de aspiración	
6	★	Junta cuerpo aspiración	
8	•	Pasador guía	
9	★	Junta tórica	
10	•	Tapón	
11	★	Cuerpo cojinete	
12	★	Junta cuerpo cojinete	
13	•	Cáncamo	
14	•	Pasador guía	
15	•	Tapón	
16	★	Tapa cuerpo cojinete	
17	★	Junta tapa cuerpo cojinete	
18	★	Tornillo Allen	★ : 250V**
19	•	Pasador guía	
20	•	Pasador guía	
22	★	Brida ciega	
23	•	Junta brida ciega	
24	★	Tornillo Allen	
25	★	Rotor macho	
26	★	Rotor hembra	
27	•	Cojinete principal de apoyo	
28	•	Cojinete lateral de apoyo	
29	•	Anillo retención	
30	•	Pistón de equilibrio	
31	•	Chaveta pistón de equilibrio	
32	•	Anillo retención	
33	•	Camisa pistón equilibrio	
34	•	Prisionero	
35	•	Junta tórica	
36	•	Espaciador	
37	•	Anillo retención	
38	•	Rodamiento de empuje axial	
39	•	Tuerca fijación	
40	•	Arandela de seguridad	
41	•	Espaciador	
42	•	Arandela	
43	•	Soporte rodamiento	
45	•	Tornillo soporte	
46	•	Arandela de seguridad	
48	★	Casquillo prensa	200 y 250
49	•	Junta tórica	
50	★	Cierre aceite	200 y 250
51	•	Tapa prensa	
52	•	Junta tapa prensa	
53	•	Tornillo tipo Allen	
54	★	Válvula de corredera	
58	★	Tornillo tipo Allen	

N.º ref.	•	Descripción	
60	★	Cilindro descargador	
61	•	Tornillo Allen	
62	•	Tornillo Allen	
63	•	Junta tórica	
64	•	Pistón descargador	
65	•	Junta tórica	
66	•	Junta de Teflón	
67	★	Vástago de empuje	
68	•	Pasador guía	
69	•	Tuerca seguridad	
70	•	Arandela seguridad	
73	•	Junta tórica	
74	•	Tapa cilindro descargador	
75	•	Junta tórica	
76	•	Tornillo Allen	
77	★	Leva espiral del indicador	
78	•	Rodamiento de bolas	
79	•	Anillo elástico	
80	•	Casquillo rodamiento	
81	•	Tornillo Allen	
82	•	Junta Teflón	
83	•	Resorte	
84	•	Soporte de resorte	
91	•	Chaveta del eje	
92	•	Brida abertura aspiración	
93	•	Junta brida aspiración	
94	•	Tornillo brida aspiración	
95	•	Brida abertura descarga	
96	•	Junta brida descarga	
97	•	Tornillo brida descarga	
100	★	Conjunto prensa	
101	★	Morganita	
103	★	Junta tórica	
104	★	Anillo cierre fijo	
106	★	Junta tórica	
106A	★	Junta tórica	
106B	★	Aro de soporte	
107	★	Anillo de empuje	Sólo 160V**.
108	★	Pasador	
109	★	Anillo cierre giratorio	
110	★	Muelle	
111	★	Prisionero	
120	•	Conjunto indicador descarga	
121	•	Placa base del microrruptor	
122	•	Tornillo Allen	
123	•	Soporte del microrruptor	
124	•	Tornillo cabeza philips	
125	•	Microrruptor	
126	•	Tornillo cabeza philips	
127	★	Leva microrruptor	
128	•	Prisionero leva	

N.º ref.	Descripción	
129	• Potenciómetro	
130	• Soporte potenciómetro	
131	• Tornillo cabeza philips	
132	• Terminal de bornas	
133	• Tornillo cabeza philips	
134	• Brazo soporte largo	
135	• Brazo soporte corto	
136	• Tornillo	
137	• Placa de indicación	
138	★ Tornillo sujeción	
139	• Aguja indicadora	
140	• Tornillo aguja indicadora	
141	• Cristal	
142	• Casquillo soporte cristal	
143	• Prensa estoma	
144	• Soporte prensa estomas	
145	• Tornillo tipo Allen	
146	• Tapa del indicador	
147	• Tornillo sujeción	
148	• Tapón	
214	• Pasador guía	
215	• Brida alimentación de aceite	
216	• Junta brida	
217	• Tornillo cabeza Allen	
235	• Espaciador brida descarga	
236	• Junta brida descarga	
237	• Arandela de seguridad	
250	• Arandela nueva	
251	• Brida economizador	
252	• Junta brida economizador	
253	• Tornillo cabeza Allen	
254	• Brida inyección de líquido	
255	• Junta brida	
256	• Tornillo cabeza Allen	
267	★ Arandela de seguridad	
289	★ Válvula corredera auxiliar	
325	★ Junta tórica	
326	★ Casquillo soporte de la junta	
420	★ Posicionador	Exepto "L".
421	★ Junta tórica	Sólo "S".
432	• Junta tórica	
433	• Junta tórica	
444	★ Vástago fijación de posición Vi	
445	★ Arandela de seguridad (redonda)	
446	★ Arandela de seguridad (cuadrado)	
447	★ Placa de MYCOM	
448	★ Casquillo	
449	★ Arandela	
450	★ Junta tórica	
451	★ Junta tórica	
452	★ Tornillo cabeza Allen	

N.º ref.	Descripción	
453	★ Tuerca hexagonal de seguridad	
454	★ Tornillo tipo Allen	
455	★ Arandela de seguridad	
456	★ Tornillo tipo Allen	
457	★ Arandela de seguridad	
458	★ Tapón	
459	★ Tapón	
522	★ Tuerca cúpula	
523	★ Junta tórica	
528	★ Casquillo cierre aceite	Excepto 160.
529	★ Prisionero	Excepto 160.



LEYENDA		TIPO
	Válvula de expansión termostática	TEA
	Válvula de expansión manual	REG
	Válvula de paso	SVA
	Válvula solenoide	EVRA
	Válvula de seguridad	DSV
	Válvula Check de paso	SCA
	Filtro de línea	FIA
	Manómetro	

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

INFORME:
REPOTENCIACION DE SISTEMA FRIGORIFICO DE PLANTA "SURIMI" INSTITUTO TECNOLOGICO PESQUERO DEL PERU

PLANO:
ESQUEMA FRIGORIFICO / DIAGRAMA DE FLUJO

DISEÑADO: HENRI TORREJON V.	REVISADO: HENRI TORREJON V.	APROBADO: ING. MOISES CASAS M
DIBUJADO: HENRI TORREJON V.	ESCALA: S/E.	FECHA: DICIEMBRE 2013

ANEXO 2:

EVAPORADORES

- Selección de Evaporador de Túnel GUNTNER / AGHN 090,2F/34
- Selección de Evaporador de Cámara GUNTNER / S-AGHN 050,2E/24
- Catálogo de Evaporador GUNTNER

Solicitud del:
 Proyecto:
 No. de oferta:
 Posición:
 Responsable:

Evaporador inundado AGHN 090.2F/34-H0U/6P.M

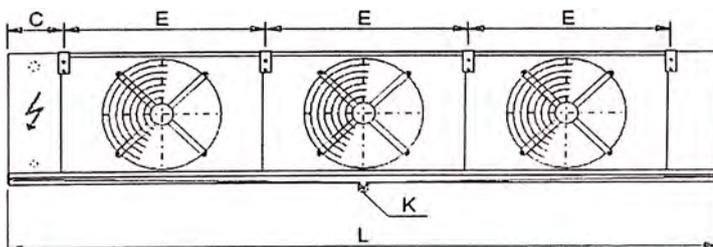
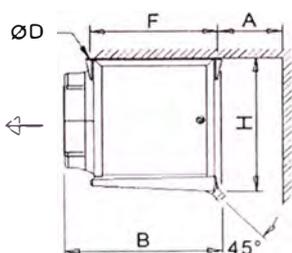
Capacidad:	317460 Btu/h (Solamente el calor sensible) ⁽¹⁾	Refrigerante:	NH3 (R717)
Superficie de reserva:	-4.2 %	Temp. de evaporación:	-40.0 °F
Caudal de aire:	41188 cfm ⁽²⁾	Tasa de alimentación (bomba):	3.5
Temp. de aire:	-31.0 °F ⁽³⁾		
Humedad rel.:	95 %		
Presión atmosf.:	14.692 psi		

Ventiladores:	3 Unidad(es) 3~230V 60HzΔ/(--)	Diámetro del ventilador:	35 7/16 in
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	63 dB(A)
Revoluciones:	650 rpm / (--)	a una distancia de:	9.8 ft
Capacidad:	1.90 kW, 1 1/2 hp mecánico		
Corriente:	6.90 A	Tiro de aire:	aprox. 112 ft ⁽⁴⁾

Caja:Acero galvanizado, Pintada en polvo blanco brillante	Tubos intercambiador:	Acero inox. AISI 304 ⁽⁶⁾	
Superf. de intercambio:	12569 ft ²	Aletas:	Aluminio ⁽⁵⁾
Volumen de tubos:	6.250 ft ³	Entrada:	1" NPS
Paso de aleta:	6.3 FPI	Colector de aspiración:	3" NPS
Peso vacío:	2646 lb ⁽⁷⁾		
Presión de servicio máxima:	464.1 psi		

Dimensiones:

L = 240 9/16 in
 B = 44 1/8 in
 H = 61 7/16 in
 E = 70 7/8 in
 F = 35 1/16 in
 C = 18 1/8 in
 A = 35 7/16 in
 ØD = 11/16 in
 K = G2



Atención: ¡Dibujo y dimensiones pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos!



Solicitud del:
Proyecto:
No. de oferta:
Posición:
Responsable:

Evaporador inundado S-AGHN 050.2E/24-A0J/10P.M

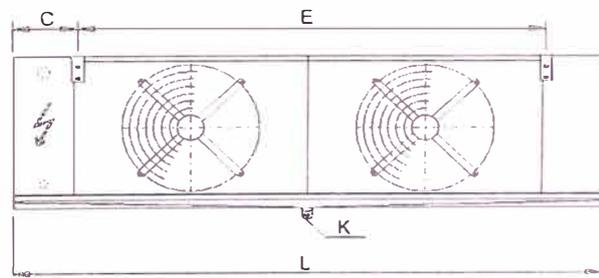
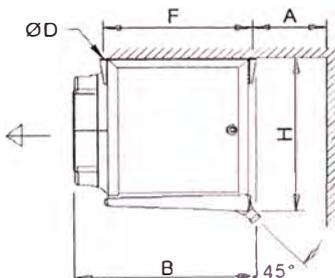
Capacidad:	58571 Btu/h	Refrigerante:	NH3 (R717)
Superficie de reserva:	4.1 %	Temp. de evaporación:	-22.0 °F
Caudal de aire:	7710 cfm ⁽¹⁾	Tasa de alimentación (graved.):	1.5
Temp. de aire:	-13.0 °F ⁽²⁾		
Humedad rel.:	95 %		
Presión atmosf.:	14.692 psi		

Ventiladores:	2 Unidad(es) 3~400V 60HzY/(-)	Diámetro del ventilador:	19 11/16 in
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	57 dB(A)
Revoluciones:	1300 rpm / (-)	a una distancia de:	9.8 ft
Capacidad:	0.70 kW, 1/2 hp mecánico		
Corriente:	1.25 A	Tiro de aire:	aprox. 69 ft ⁽³⁾

Caja:	AlMg3, Pintada en polvo blanco brillante	Tubos intercambiador:	Acero inox. AISI 304 ⁽⁴⁾
Superf. de intercambio:	1810 ft ²	Aletas:	Aluminio ⁽⁴⁾
Volumen de tubos:	0.900 ft ³	Entrada:	1/2" NPS
Paso de aleta:	6.3 FPI	Colector de aspiración:	1 1/2" NPS
Peso vacío:	368 lb ⁽⁵⁾		
Presión de servicio máxima:	464.1 psi		

Dimensiones:

L =	97 1/4 in
B =	27 3/16 in
H =	29 1/2 in
E =	78 3/4 in
F =	21 7/16 in
C =	9 7/16 in
A =	21 5/8 in
ØD =	9/16 in
K =	G1 1/4



Atención: ¡Dibujo y dimensiones pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos!

(S = Diámetro de distribuidor: 1 1/2" NPS)



MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

MHF - MHN

para aplicaciones en freón

MAN - MAS

para aplicaciones en amoníaco

MGHF - MGN

para aplicaciones en glicol

MBN

para ráfagas

ENFRIADORES INDUSTRIALES
DESHIELO POR AIRE, AGUA, ELECTRICO Y GAS CALIENTE

SEGURIDAD GENERAL E INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO

La instalación y mantenimiento de este equipo sólo debe ser realizado por personal calificado que este familiarizado con este tipo de equipos. El equipo puede estar presurizado con aire seco durante la fabricación. Todos los equipos deben ser evacuados antes de cargar el sistema con refrigerante. Todo el cableado debe ser revisado y estar conforme a los requerimientos del equipo así como a todos los códigos nacionales y locales aplicables. Use los datos de la placa eléctrica para definir el tamaño del conductor y del fusible. Evite el contacto con cualquier borde afilado o superficie afilada del serpentín. Éstos pueden provocar una lesión. Asegúrese que todas las fuentes de energía estén desconectadas antes de hacer cualquier servicio en el equipo.

INSPECCIÓN

Cada embarque debe revisarse cuidadosamente contra el conocimiento de embarque al momento de la recepción. El recibo de embarque no debe ser firmado hasta que todos los artículos enlistados en el conocimiento de embarque se hayan revisado. Compruebe cuidadosamente que no exista ningún daño. Debe informar cualquier tipo de daño al portador de la entrega. Cualquier daño al equipo durante el envío se convierte en responsabilidad del transportista y no debe ser devuelto sin una autorización previa.

CABLEADO

Todo el cableado se debe hacer de acuerdo a los códigos eléctricos locales y nacionales. Los motores del ventilador, resistencias eléctricas y controladores deben estar cableados de acuerdo con los diagramas eléctricos proporcionados. La unidad debe ser conectada a tierra. Todas las instalaciones eléctricas se deben realizar solamente por personal calificado y autorizado.

DESCARGO

Se debe tener cuidado en el desembalaje y cuando se desempaquete el equipo para evitar daños o lesiones. El equipo pesado debe permanecer en la plataforma original hasta que este listo para la instalación final.

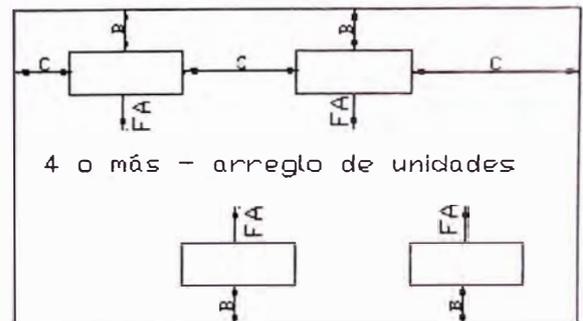
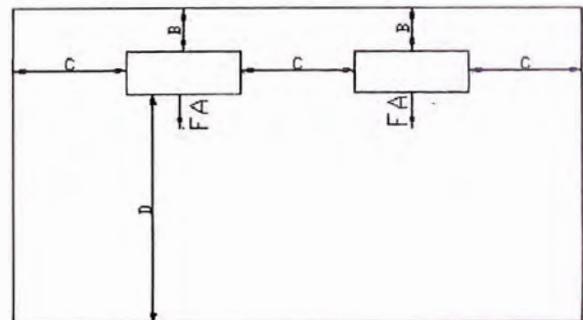
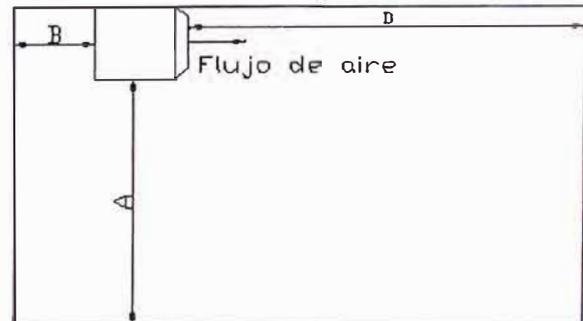
MONTAJE

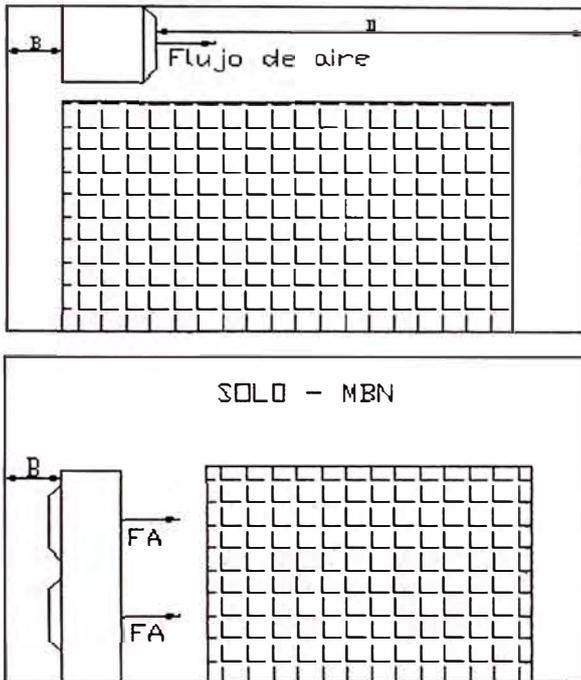
El equipo se puede montar usando la varilla de suspensión, tornillos y/o pernos. Las unidades

deben ser colgadas y niveladas de manera que el drene del condensado sea mantenido correctamente. La circulación de aire apropiada a través de la unidad es esencial para el funcionamiento y el mantenimiento eficiente de las temperaturas del diseño de almacenaje. La bandeja de desagüe solo debe ser colocada a la unidad **después** de la instalación del equipo. Las siguientes distancias **mínimas** son recomendadas para no restringir la circulación del aire.

MODELO	A	B	C*	D
MHF - MHN	2 m	Altura aletada	Longitud aletada	2 x longitud de la unidad
MAN - MAS	2 m	Altura aletada	Longitud aletada	2 x longitud de la unidad
MGHF - MGN	2 m	Altura aletada	Longitud aletada	2 x longitud de la unidad
MBN	---	800 mm	-----	-----

*Recomendado pero lea las notas.





NOTAS

No coloque el enfriador directamente sobre una puerta ó a un lado de ella.

No coloque producto directamente en frente del enfriador excepto en las unidades tipo MBN.

No coloque los enfriadores uno enfrente de otro a una distancia menor que su tiro de aire indicado en las especificaciones técnicas del equipo.

Si tiene deshielo eléctrico asegúrese de dejar un espacio libre de al menos la longitud del equipo en el lado de la conexión eléctrica para cambiar las resistencias en caso de falla.

La dimensión „C“ puede ser reducida a un mínimo de 150mm en el lado de las conexiones del refrigerante y para las unidades de deshielo por aire.

Si tiene espacio reducido ó una construcción especial de cuarto, contacte su oficina local de ventas para recibir las recomendaciones correctas en el montaje de los equipos.

TUBERÍA REFRIGERANTE

La clasificación del tamaño e instalación de toda tubería refrigerante debe estar de acuerdo con las prácticas recomendadas y aceptadas para los refrigerantes de halocarbón, amoníaco o glicol. Todas la tuberías debe de estar aisladas de acuerdo a los estándares de la ASHRAE.

Para las unidades de expansión directa seleccione la válvula de expansión de acuerdo con los datos de selección y según los requisitos del fabricante. Deben usarse válvulas de expansión con equalizadores externos. Después de que la

temperatura haya alcanzado la condición de diseño, ajuste la válvula de expansión para obtener de 4 a 6 grados Celsius de sobrecalentamiento en la línea de succión. Para expansión directa en amoníaco con sobrecalentamiento menor a los 10°C se debe usar una válvula de expansión electrónica.

Las trampas de succión deben usarse cuando y sólo sí la línea de succión se levanta sobre el equipo.

LINEA DE DESAGÜE

La línea de desagüe se debe inclinar para un drene eficiente del condensado. Todas las líneas de desagüe en temperaturas y condiciones de congelación deben tener resistencias y ser aisladas apropiadamente. Las trampas de la línea de desagüe se deben también calentar para evitar que se congele la línea y trampa de desagüe.

AL PONER EN MARCHA, LOS SIGUIENTES PUNTOS DEBEN SER REVISADOS:

- Revise todas las conexiones atornilladas, especialmente en las piezas movibles.
- Revise las conexiones de tubería, cerciorandose de que los soportes estén en su lugar y los tornillos de conexión estén asegurados.
- Revise la conexión eléctrica del motor, las resistencias eléctricas y cualquier componente adicional, si es aplicable.
- Encienda los ventiladores y compruebe la dirección de la rotación. Cerciórese de que no haya daños de transporte.
- Cargue el sistema con refrigerante.
- Durante la prueba de funcionamiento observe el equipo y tenga cuidado de lo siguiente:
 - o Operación silenciosa de los ventiladores (rodamientos, contactos, balance)
 - o Requerimientos de energía en motores eléctricos
 - o Fugas
 - o Para aplicaciones de expansión directa revise el sobrecalentamiento.
- Después de 48 horas de la operación vuelva a revisar el equipo, específicamente todas aquellas piezas que rotan.

VENTILADORES

Los ventiladores son esencialmente libres de mantenimiento y con una durable lubricación

www.guentner.com.mx

apropiada al rango de temperatura de su aplicación.

Para la protección térmica del motor, los contactos térmicos instalados deben usarse y

deben ser cableados según el diagrama eléctrico provisto.

MANTENIMIENTO Y SERVICIO

PRECAUCIÓN: DESCONECTE LA ENERGÍA ANTES DEL SERVICIO!

MOTOR DE VENTILADORES Y RESISTENCIAS

Los únicos componentes eléctricos vulnerables al malfuncionamiento potencial son los motores de ventilador y las resistencias eléctricas para descongelar. En el caso de que el motor ó las resistencias fallaran, el motor afectado se debe quitar de la unidad y probar por separado. Si el motor y/o las resistencias continúan funcionando incorrectamente, entonces necesitarán ser substituidos.

BANDEJA DE DESAGÜE

Es recomendable una inspección periódica de la bandeja de desagüe. La suciedad acumulada y el polvo se deben limpiar con jabón y agua caliente. Si existe un aparente signo de drenaje inapropiado entonces se debe inclinar la línea de desagüe; las resistencias de la línea de desagüe (si es aplicable) y la trampa del desagüe deben ser revisadas para una apropiada operación. La unidad puede ser limpiada usando agua caliente y jabón. Se debe tener un cuidado especial al limpiar la unidad alrededor de las áreas eléctricas incluyendo el motor, el cableado y cajas de conexión. El agua podía dañar el motor eléctrico.

INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO

Verificar los siguientes puntos cuando haga la inspección visual del equipo;

- Conexiones aseguradas con tornillos
- Fugas
- Operación silenciosa de los ventiladores
- Estado general de la unidad como limpieza y corrosión.

La limpieza del intercambiador de calor aletado es de la gran importancia para asegurar la correcta operación y larga vida del equipo;

- No hay regla general sobre la frecuencia y cómo debe ser limpiada. La frecuencia y método de limpieza depende de la compañía y debe ser determinada por el personal de operación. Si fuera necesario

descongelar hielo use una secadora de aire caliente o con agua caliente.

- El equipo siempre debe mantenerse en un estado limpio. Si durante la instalación o prueba de operación, alcanza un estado de suciedad donde la pérdida de capacidad puede darse, es necesario limpiarlo antes de la operación.
- Cuando se limpie la unidad **debe ser fuera de operación y completamente desconectada de la energía eléctrica.**

Limpieza mecánica del intercambiador de calor.

- Sople debajo de las aletas con aire (sólo recomendado para depósitos de luz, secos y con polvo)
- Limpieza con aire comprimido (presión máxima de 6 bar, distancia mínima de las aletas - 8 pulgadas).
- Con suciedad ligera y material fibroso, principalmente en la entrada de las aletas, limpie con un cepillo suave o use un aspirador industrial.

Limpieza Hidráulica del intercambiador de calor.

- Para depósitos que contengan aceite es aceptable añadir detergente al agua. Asegúrese que no deforme las aletas.
- Cuando use sustancias químicas asegúrese que no afecte el material ni la cubierta del intercambiador de calor. Enjuague la cubierta y el intercambiador de calor después del tratamiento.
- Cuando limpie con líquido o aire comprimido, los ventiladores deben ser apagados y no deben ser rociados directamente.
- Limpie el serpentín de arriba hacia abajo permitiendo que la suciedad drene hacia abajo. La limpieza debe realizarse hasta que se haya removido toda la suciedad.
- **Siempre limpie o rocíe en dirección de las aletas. Nunca limpie a 90° de las aletas!**

Máxima presión de vapor permitida 6 bar
Máxima presión de agua permita antes de la salida 80 - 100 bar

ANEXO 3:

CONDENSADOR

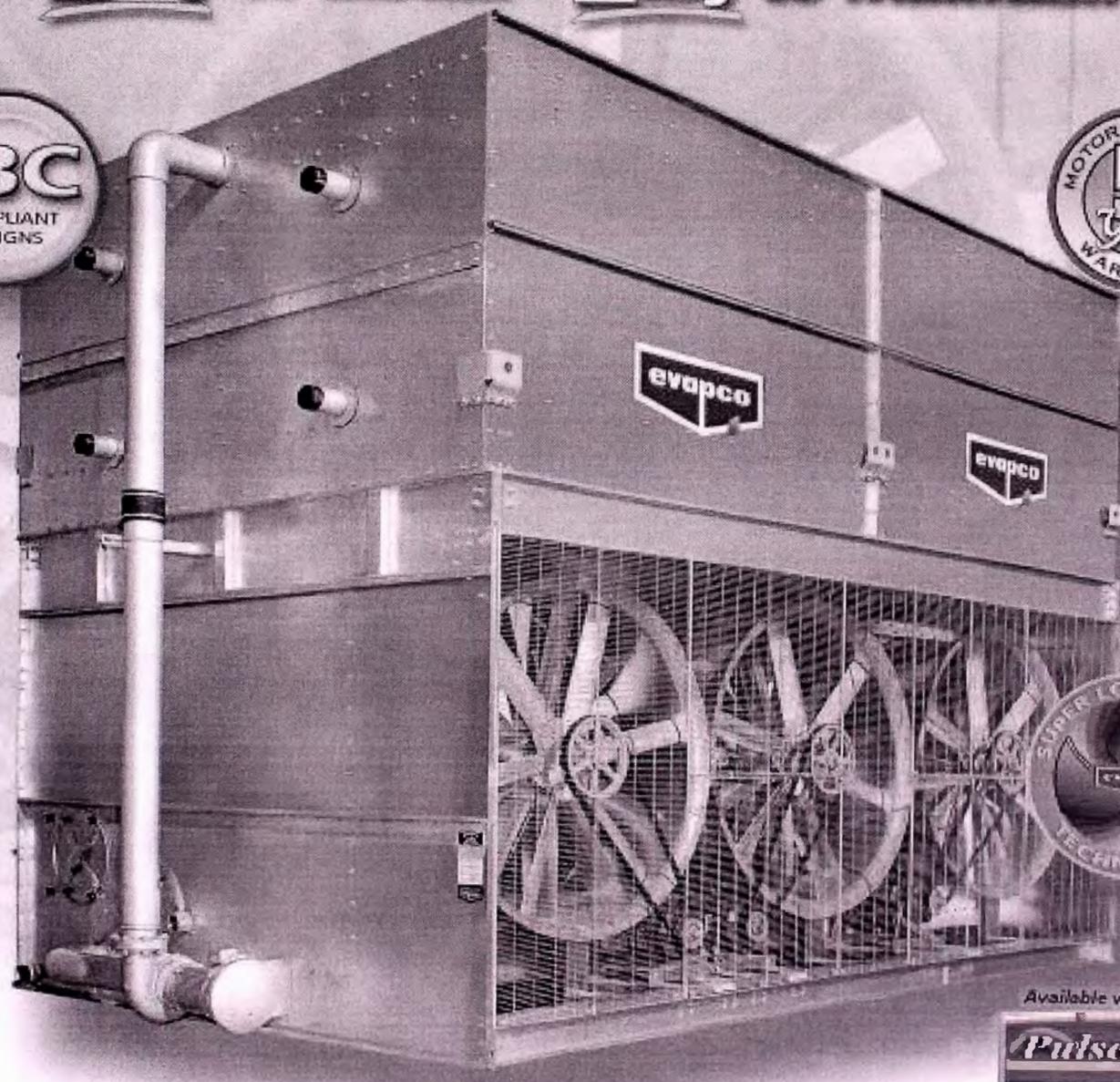
EVAPORATIVO



PMC-E

EVAPORATIVE CONDENSERS

Easy to Install - Easy to Maintain



Available with Optional



Water Treatment System

Forced Draft, Axial Fan Models Available in Capacities from 124 to 1,408 Ammonia Tons!

Technology for the Future... Available Today!



IARW International Association of Refrigerated Warehouses

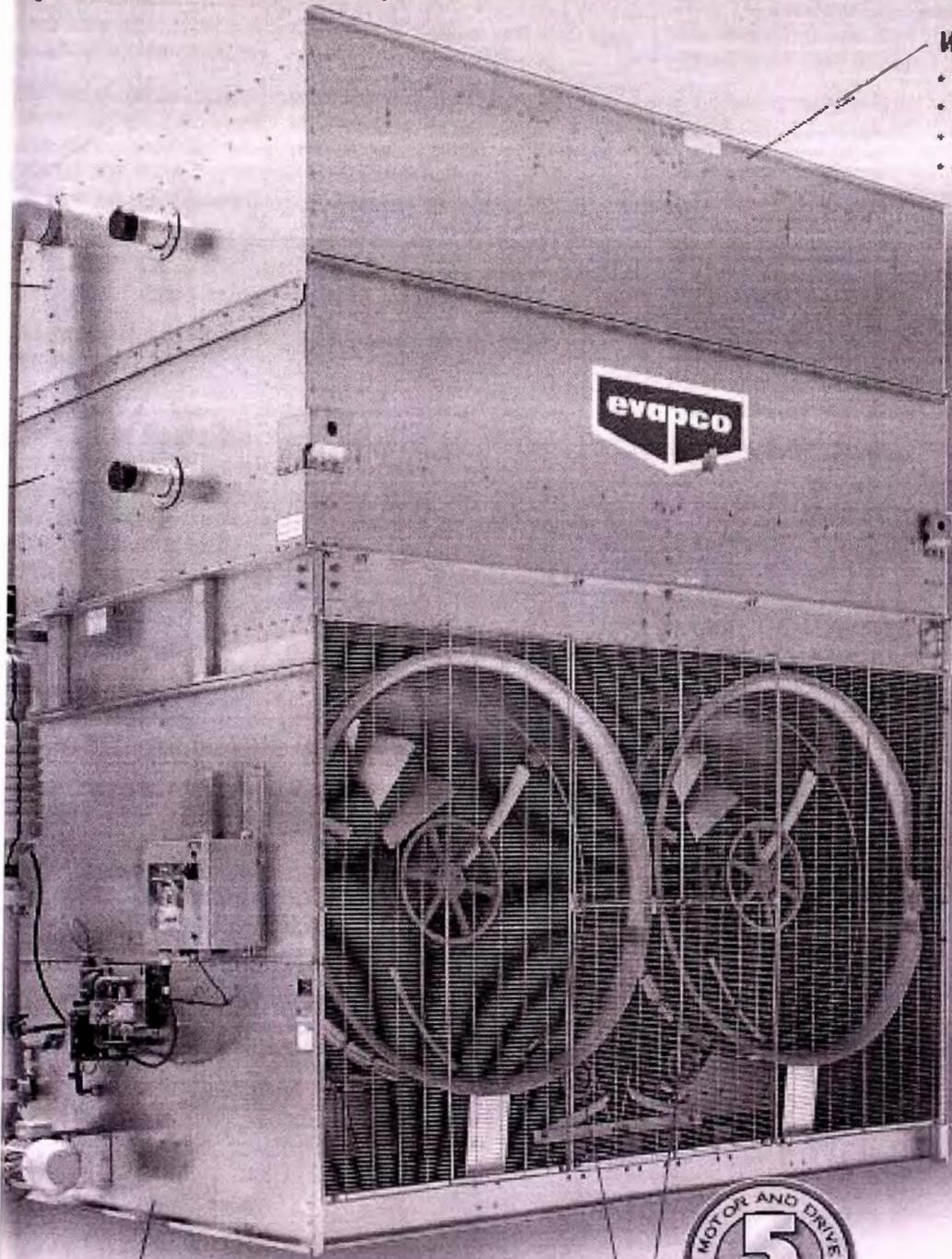


AHR Air Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute



Construction Features

an condensers. The PMC-E is equipped with owner-oriented features
...Easy to maintain...Easy on the operating budget...The Easy Choice!



Water Saver Drift Eliminators

- New patented design reduces drift rate to 0.001%.
- Saves water and reduces water treatment cost.
- Greater structural integrity vs. old style blade-type.
- Recessed into casing for greater protection.

U.S. Patent No. 6315804

Double-Brake Flange Joints

- Stronger than single-brake designs by others.
- Greater structural integrity.
- Minimizes water leaks at field joints.

Unique Field Seam

- Eliminates up to 85% of fasteners.
- Self-guiding channels improve quality of field seam to eliminate leaks.
- Easy to install.
- Lower installation cost.

Optional Design Features:

- Man-sized Access Doors.
- External Service Platforms.
- Tandem Fan Drive System (Standard Fan Only).
- Stainless Steel Construction.



Optional Man-sized Access Door

Sloped Pan Bottom

- Pan bottom slopes to drain.
- Easy to clean.
- Stainless steel strainer resists corrosion.

NEW



Individual Fan Drive System

- Increased flexibility for improved capacity control.
- Greater reliability through redundancy.
- Easy motor replacement.
- Front mounted drives for improved maintenance accessibility.

PMC-E Selection Procedure

Selection Procedure

Two methods of selection are presented, the first is based on the total heat of rejection as described immediately below. The second and more simple method is based on evaporator tons. The evaporator ton method is only applicable to systems with open type reciprocating compressors.

The heat of rejection method is applicable to all but centrifugal compressor applications and is normally used for selecting evaporative condensers for use with hermetic compressors and screw compressors. It can also be used for standard open type reciprocating compressors as an alternate to the evaporator ton method.

The evaporator ton method is based on the estimated heat of compression. **The heat of rejection method of selection is more accurate and should be used whenever possible.**

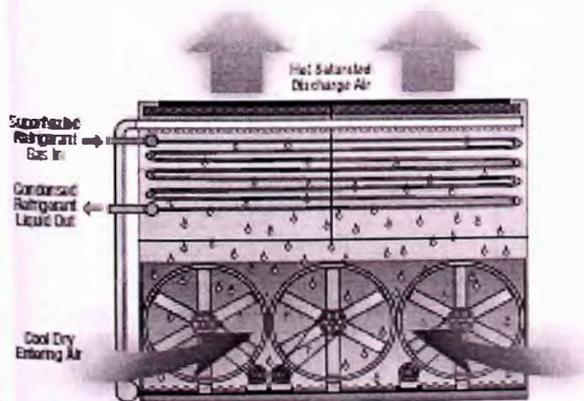
Refer to the factory for selections on systems with centrifugal compressors.

Principle of Operation

The refrigerant gas is discharged from the compressor into the inlet connection of the evaporative condenser. Water from the condenser's sump is continuously flooded over the condenser coil, while ambient air is simultaneously forced into the unit. As the ambient air moves up through the coil section, a portion of the spray water is evaporated into the air stream.

The evaporative process cools the spray water, which in turn cools the tubes containing the refrigerant gas. The cool tube walls cause the refrigerant gas to give up heat and condense into a liquid. The condensed liquid flows out of the coil's sloping tubes to the high pressure liquid receiver for return to the system.

The hot, saturated air is driven through the drift eliminators, where any entrained water droplets are removed. The condenser's fan then discharges this air stream out of the top of the unit at a high velocity, where it can dissipate harmlessly into the atmosphere. The water which was not evaporated falls into the sump and is recirculated by the spray pump to the water distribution system above the condensing coil section.



Heat of Rejection Method

In the heat of rejection method, a factor for the specified operating conditions (condensing temperature and wet bulb) is obtained from Table 1 or 2 and multiplied times the heat of rejection. The resultant figure is used to select a unit from Table 3. Unit capacities are given in Table 3 in thousands of BTU/Hr or MBH.

If the heat of rejection is not known, it can be determined by one of the following formulas:

Open Compressors:

$$\text{Heat of Rejection} = \text{Evaporator Load (BTU/Hr)} + \text{Compressor BHP} \times 2545$$

Hermetic Compressors:

$$\text{Heat of Rejection} = \text{Evaporator Load (BTU/Hr)} + \text{K.W. Compressor Input} \times 3415$$

EXAMPLE

Given: 450 ton load, ammonia refrigerant 96.3° condensing temperature, 78° W.B. temperature and 500 compressor BHP.

Selection: Heat of Rejection

$$450 \text{ tons} \times 12000 = 5,400,000 \text{ BTU/Hr}$$

$$500 \text{ BHP} \times 2545 = 1,272,500 \text{ BTU/Hr}$$

$$\text{Total } 6,672,500 \text{ BTU/Hr}$$

From Table 2 the capacity factor for 96.3° condensing and 78° W.B. = 1.37 $6,672,500 \times 1.37 = 9,141,325 \text{ BTU/Hr}$ or 9142 MBH. Therefore, select a model PMC-631E-1g.

Note: For screw compressor selections employing water cooled oil cooling, select a condenser for the total MBH as in the example. The condenser can then function in one of two ways:

- (1) Recirculating water from the water sump can be used directly in the oil cooler. A separate pump should be employed and the return water should be directed into the water sump at the opposite end from the pump suction.
- (2) The condenser coil can be circuited so that water or a glycol-water mixture for the oil cooler can be cooled in a separate section of the coil. Specify load and water flow required.

For refrigerant injection cooled screw compressors, select the condenser in the same manner as shown in the example.

If the oil cooler is supplied by water from a separate source, then the oil cooling load should be deducted from the heat of rejection before making the selection.



Table 1 - HCFC-22 and HFC-134a Heat Rejection Factors

Condensing Pres. psig		Cond. Temp. °F	Wet Bulb Temperature, (°F)																	
HCFC-22	HFC-134a		50	55	60	62	64	66	68	70	72	74	75	76	77	78	80	82	84	86
156	95	95	1.10	1.22	1.39	1.50	1.61	1.75	1.93	2.13	2.42	2.78	3.02	3.29	3.64	4.00	-	-	-	-
168	104	90	.93	1.02	1.14	1.21	1.28	1.36	1.45	1.57	1.71	1.89	2.00	2.12	2.25	2.38	2.85	3.50	-	-
182	114	95	.80	.87	.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.22	1.31	1.40	1.45	1.50	1.56	1.64	1.82	2.07	2.37	2.77
196	124	100	.71	.76	.82	.85	.88	.91	.94	.98	1.03	1.09	1.12	1.15	1.20	1.24	1.34	1.46	1.63	1.82
211	135	105	.63	.66	.70	.72	.75	.77	.80	.83	.87	.91	.93	.95	.97	1.00	1.06	1.13	1.23	1.35
226	146	110	.56	.59	.62	.64	.65	.67	.69	.71	.74	.77	.78	.80	.82	.84	.88	.93	.98	1.04

Note: Consult factory for selections using other refrigerants.

Table 2 - Ammonia (R-717) Heat Rejection Factors

Condensing Pres. psig		Cond. Temp. °F	Wet Bulb Temperature, (°F)																	
			50	55	60	62	64	66	68	70	72	74	75	76	77	78	80	82	84	86
152	85	95	1.09	1.24	1.34	1.44	1.56	1.72	1.90	2.16	2.48	2.70	2.94	3.25	3.57	-	-	-	-	
166	90	90	.83	.91	1.02	1.08	1.14	1.21	1.29	1.40	1.53	1.69	1.79	1.89	2.01	2.12	2.54	3.12	-	-
181	95	95	.71	.78	.85	.89	.94	.98	1.03	1.09	1.17	1.25	1.29	1.34	1.39	1.47	1.63	1.85	2.12	2.47
185	96.3	95	.69	.75	.82	.86	.90	.94	.98	1.03	1.10	1.18	1.22	1.26	1.31	1.37	1.51	1.71	1.94	2.25
197	100	100	.63	.68	.73	.76	.79	.81	.84	.87	.92	.97	1.00	1.03	1.07	1.11	1.20	1.30	1.46	1.63
214	105	105	.56	.59	.62	.64	.67	.69	.71	.74	.78	.81	.83	.85	.87	.89	.95	1.01	1.10	1.21
232	110	110	.50	.53	.55	.57	.58	.60	.62	.63	.66	.69	.70	.71	.73	.75	.79	.83	.87	.93

Table 3 - Unit Heat Rejection

Model	MBH Base	Model	MBH Base	Model	MBH Base						
PMC-175E-1q	2572.5	PMC-428E-1q	6291.6	PMC-631E-1q	9275.7	PMC-852E-1q	12524.4	PMC-1006E-1q	14788.2	PMC-1290E-1q	18963.0
PMC-190E-1q	2793.0	PMC-431E-1q	6335.7	PMC-634E-1q	9319.8	PMC-853E-1q	12539.1	PMC-1024E-1q	15052.8	PMC-1358E-1q	19962.6
PMC-210E-1q	3087.0	PMC-450E-1q	6615.0	PMC-636E-1q	9349.2	PMC-856E-1q	12580.2	PMC-1038E-1q	15258.6	PMC-1376E-1q	20227.2
PMC-220E-1q	3234.0	PMC-457E-1q	6717.9	PMC-645E-1q	9481.5	PMC-863E-1q	12686.1	PMC-1071E-1q	15743.7	PMC-1382E-1q	20315.4
PMC-235E-1q	3454.5	PMC-464E-1q	6820.8	PMC-679E-1q	9981.3	PMC-888E-1q	13063.6	PMC-1073E-1q	15773.1	PMC-1438E-1q	21138.6
PMC-240E-1q	3528.0	PMC-481E-1q	7070.7	PMC-688E-1q	10113.6	PMC-898E-1q	13068.3	PMC-1088E-1q	15993.6	PMC-1446E-1q	21256.2
PMC-250E-1q	3675.0	PMC-488E-1q	7173.6	PMC-690E-1q	10143.0	PMC-894E-1q	13141.8	PMC-1116E-1q	16405.2	PMC-1473E-1q	21653.1
PMC-275E-1q	4042.5	PMC-492E-1q	7232.4	PMC-691E-1q	10157.7	PMC-895E-1q	13156.5	PMC-1117E-1q	16419.9	PMC-1549E-1q	22770.3
PMC-295E-1q	4336.5	PMC-496E-1q	7275.5	PMC-719E-1q	10569.3	PMC-900E-1q	13230.0	PMC-1125E-1q	16537.5	PMC-1556E-1q	22873.2
PMC-325E-1q	4777.5	PMC-508E-1q	7394.1	PMC-723E-1q	10528.1	PMC-929E-1q	13656.3	PMC-1127E-1q	16566.9	PMC-1599E-1q	23505.3
PMC-332E-1q	4880.4	PMC-515E-1q	7570.5	PMC-731E-1q	10745.7	PMC-939E-1q	13808.3	PMC-1180E-1q	17346.0	PMC-1625E-1q	23887.5
PMC-335E-1q	4924.5	PMC-519E-1q	7629.3	PMC-737E-1q	10833.9	PMC-940E-1q	13818.0	PMC-1182E-1q	17375.4	PMC-1705E-1q	25063.5
PMC-360E-1q	5292.0	PMC-536E-1q	7879.2	PMC-772E-1q	11348.4	PMC-949E-1q	13950.3	PMC-1189E-1q	17478.3	PMC-1712E-1q	25166.4
PMC-369E-1q	5424.3	PMC-558E-1q	8202.6	PMC-774E-1q	11377.8	PMC-956E-1q	14053.2	PMC-1201E-1q	17654.7	PMC-1776E-1q	26107.2
PMC-375E-1q	5512.5	PMC-559E-1q	8217.3	PMC-778E-1q	11436.6	PMC-962E-1q	14141.4	PMC-1203E-1q	17684.1	PMC-1788E-1q	26283.6
PMC-386E-1q	5674.2	PMC-564E-1q	8290.8	PMC-800E-1q	11760.0	PMC-974E-1q	14317.8	PMC-1211E-1q	17801.7	PMC-1877E-1q	27591.9
PMC-397E-1q	5835.9	PMC-591E-1q	8687.7	PMC-801E-1q	11774.7	PMC-976E-1q	14347.2	PMC-1258E-1q	18492.6	PMC-1879E-1q	27521.3
PMC-400E-1q	5880.0	PMC-596E-1q	8751.2	PMC-811E-1q	11921.7	PMC-983E-1q	14450.1	PMC-1261E-1q	18536.7	PMC-1985E-1q	29179.5
PMC-420E-1q	6174.0	PMC-601E-1q	8834.7	PMC-831E-1q	12215.7	PMC-989E-1q	14538.3	PMC-1269E-1q	18654.3		
PMC-426E-1q	6262.2	PMC-606E-1q	8893.5	PMC-840E-1q	12348.0	PMC-992E-1q	14582.4	PMC-1275E-1q	18742.5		



PMC-E Selection Procedure

Evaporator Ton Method

In the evaporator ton method, factors for the specified operating conditions (suction temperature, condensing temperature and wet bulb) are obtained from either Table 5 or 6 and multiplied times the heat load in tons. The resultant figure is used to select a unit from Table 4. The condenser model in Table 4 is equal to the unit capacity in evaporator tons for HCFC-22 or HFC-134a conditions of 105°F condensing, 40°F suction and 78° wet bulb.

EXAMPLE

Given: 300 ton evaporator load, R-717, condensing at 95° F, with +10° F suction and 76° F wet bulb temperatures.

Selection: The capacity factor from Table 6 for the given condensing and wet bulb conditions is 1.38, and the capacity factor for the suction temperature of +10° F is 1.03, so the corrected capacity required may be determined as:

$300 \times 1.38 \times 1.03 = 426$ corrected tons. Therefore, select a model PMC-428E-1g, PMC-431E-1g or PMC-450E-1g depending on unit type desired, and any layout or horsepower considerations.

Table 4 - Unit Sizes

PMC-E Models									
Model	Capacity	Model	Capacity	Model	Capacity	Model	Capacity	Model	Capacity
PMC-175E-1g	175	PMC-464E-1g	464	PMC-719E-1g	719	PMC-949E-1g	949	PMC-1258E-1g	1258
PMC-190E-1g	190	PMC-481E-1g	481	PMC-723E-1g	723	PMC-956E-1g	956	PMC-1261E-1g	1261
PMC-210E-1g	210	PMC-488E-1g	488	PMC-731E-1g	731	PMC-962E-1g	962	PMC-1269E-1g	1269
PMC-220E-1g	220	PMC-492E-1g	492	PMC-737E-1g	737	PMC-974E-1g	974	PMC-1275E-1g	1275
PMC-235E-1g	235	PMC-495E-1g	495	PMC-772E-1g	772	PMC-976E-1g	976	PMC-1290E-1g	1290
PMC-240E-1g	240	PMC-503E-1g	503	PMC-774E-1g	774	PMC-983E-1g	983	PMC-1358E-1g	1358
PMC-250E-1g	250	PMC-515E-1g	515	PMC-778E-1g	778	PMC-989E-1g	989	PMC-1376E-1g	1376
PMC-275E-1g	275	PMC-519E-1g	519	PMC-800E-1g	800	PMC-992E-1g	992	PMC-1382E-1g	1382
PMC-295E-1g	295	PMC-536E-1g	536	PMC-801E-1g	801	PMC-1006E-1g	1006	PMC-1438E-1g	1438
PMC-325E-1g	325	PMC-558E-1g	558	PMC-811E-1g	811	PMC-1024E-1g	1024	PMC-1446E-1g	1446
PMC-332E-1g	332	PMC-559E-1g	559	PMC-831E-1g	831	PMC-1038E-1g	1038	PMC-1473E-1g	1473
PMC-335E-1g	335	PMC-564E-1g	564	PMC-840E-1g	840	PMC-1071E-1g	1071	PMC-1549E-1g	1549
PMC-360E-1g	360	PMC-591E-1g	591	PMC-852E-1g	852	PMC-1073E-1g	1073	PMC-1556E-1g	1556
PMC-369E-1g	369	PMC-596E-1g	596	PMC-853E-1g	853	PMC-1088E-1g	1088	PMC-1599E-1g	1599
PMC-375E-1g	375	PMC-601E-1g	601	PMC-856E-1g	856	PMC-1116E-1g	1116	PMC-1625E-1g	1625
PMC-386E-1g	386	PMC-605E-1g	605	PMC-863E-1g	863	PMC-1117E-1g	1117	PMC-1705E-1g	1705
PMC-397E-1g	397	PMC-631E-1g	631	PMC-888E-1g	888	PMC-1125E-1g	1125	PMC-1712E-1g	1712
PMC-400E-1g	400	PMC-634E-1g	634	PMC-889E-1g	889	PMC-1127E-1g	1127	PMC-1776E-1g	1776
PMC-420E-1g	420	PMC-636E-1g	636	PMC-894E-1g	894	PMC-1180E-1g	1180	PMC-1788E-1g	1788
PMC-426E-1g	426	PMC-645E-1g	645	PMC-896E-1g	895	PMC-1182E-1g	1182	PMC-1877E-1g	1877
PMC-428E-1g	428	PMC-679E-1g	679	PMC-900E-1g	900	PMC-1189E-1g	1189	PMC-1879E-1g	1879
PMC-431E-1g	431	PMC-688E-1g	688	PMC-929E-1g	929	PMC-1201E-1g	1201	PMC-1985E-1g	1985
PMC-450E-1g	450	PMC-690E-1g	690	PMC-939E-1g	939	PMC-1203E-1g	1203		
PMC-457E-1g	457	PMC-691E-1g	691	PMC-940E-1g	940	PMC-1211E-1g	1211		



Table 5 - HCFC-22 and HFC-134a Capacity Factors

Condensing Pres. psig		Cond. Temp. °F	Wet Bulb Temperature, (°F)																	
HCFC-22	HFC-134a		50	55	60	62	64	66	68	70	72	74	75	76	77	78	80	82	84	86
156	95	85	1.05	1.16	1.32	1.43	1.53	1.66	1.83	2.02	2.30	2.64	2.87	3.13	3.46	3.80	-	-	-	-
168	104	90	.90	.98	1.10	1.17	1.24	1.31	1.40	1.52	1.65	1.82	1.93	2.05	2.17	2.30	2.75	3.38	-	-
182	114	95	.78	.85	.93	.98	1.02	1.07	1.12	1.19	1.28	1.37	1.42	1.46	1.52	1.60	1.78	2.02	2.31	2.70
196	124	100	.70	.75	.81	.84	.87	.90	.93	.97	1.02	1.08	1.11	1.14	1.19	1.23	1.33	1.44	1.61	1.90
211	135	105	.63	.66	.70	.72	.75	.77	.80	.83	.87	.91	.93	.95	.97	1.00	1.06	1.13	1.23	1.35
226	146	110	.57	.60	.63	.65	.66	.68	.70	.72	.75	.78	.79	.81	.83	.85	.89	.94	.99	1.05

Suction Temp. °F		-20°	-10°	0°	+10°	+20°	+30°	+40°	+50°
Suction Press. (psig)	HCFC-22	10.1	16.5	24.0	32.8	43.0	54.9	68.5	84.0
	HFC-134a	-1.8	1.9	6.5	11.9	18.4	26.1	35.0	45.4
Capacity Factor		1.22	1.17	1.13	1.09	1.05	1.03	1.00	0.97

Table 6 - Ammonia (R-717) Capacity Factors

Condensing Pres. psig		Cond. Temp. °F	Wet Bulb Temperature, (°F)																
			50	55	60	62	64	66	68	70	72	74	75	76	77	78	80	82	84
152	85	.99	1.09	1.25	1.34	1.44	1.57	1.73	1.91	2.17	2.49	2.71	2.95	3.26	3.59	-	-	-	-
166	90	.84	.93	1.03	1.10	1.16	1.23	1.32	1.42	1.55	1.71	1.81	1.92	2.04	2.16	2.59	3.17	-	-
181	95	.74	.80	.87	.92	.97	1.01	1.06	1.12	1.21	1.29	1.33	1.38	1.44	1.51	1.68	1.91	2.18	2.55
185	96.3	.72	.78	.85	.89	.93	.97	1.01	1.07	1.14	1.22	1.26	1.30	1.35	1.41	1.56	1.76	2.01	2.33
197	100	.66	.71	.76	.79	.82	.85	.87	.91	.96	1.01	1.04	1.07	1.12	1.15	1.25	1.36	1.52	1.69
214	105	.59	.62	.66	.68	.71	.73	.75	.78	.82	.86	.88	.90	.91	.94	1.00	1.07	1.16	1.27
232	110	.53	.56	.59	.61	.62	.64	.66	.68	.71	.73	.74	.76	.78	.80	.84	.89	.93	.99

Suction Temp. °F		-30°	-20°	-10°	0°	+10°	+20°	+30°	+40°
Suction Press. (psig)		-1.6	3.6	9.0	15.7	23.8	33.5	45.0	58.6
Capacity Factor		1.18	1.14	1.10	1.07	1.03	1.00	0.97	0.95

Note: Consult factory for selections using other refrigerants.



Engineering & Dimensions Data

PMC-175E-1g to 375E-1g

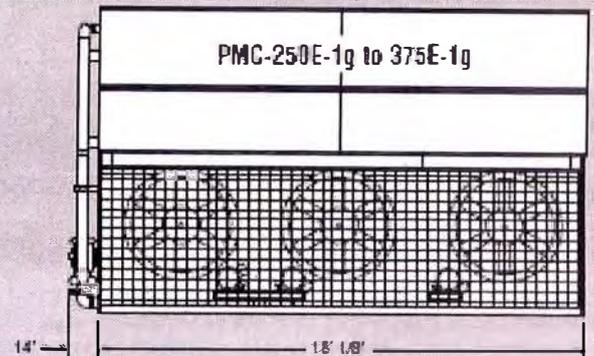
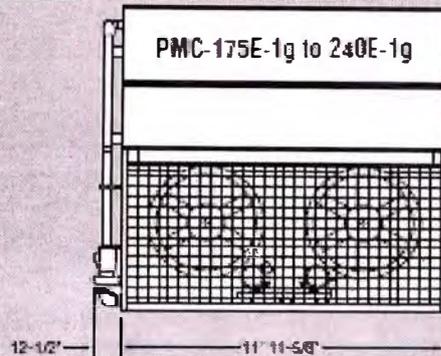
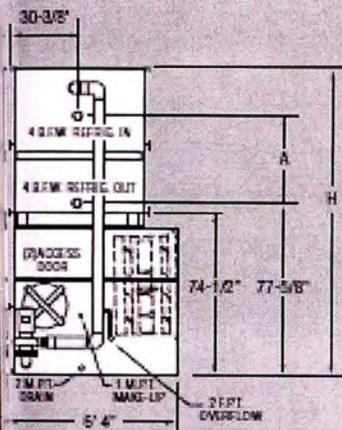


Table 7 Engineering Data

Model No.	R-717 Capacity Tons*	Fans		Weights (lbs.)†			Refrigerant Operating Charge lbs.***	Coil Volume R ²	Spray Pump		Remote Sump			Dimensions (in.)		
		HP	CFM	Shipping	Heaviest Section†	Operating			HP	CPM	Gallons Req'd**	Conn. Size	Operating Weight	Height H	Upper U	Coil A
PMC-175E-1g	124	(2)5	31,300	8,090	5,220	10,410	165	22	2	345	200	8	9,360	130-3/8	57-3/8	30-3/4
PMC-190E-1g	135	(2)5	34,000	8,090	5,220	10,410	165	22	2	345	200	8	9,360	130-3/8	57-3/8	30-3/4
PMC-210E-1g	149	(2)5	33,500	9,050	6,180	11,400	200	28	2	345	200	8	10,350	138-7/8	65-7/8	39-1/4
PMC-220E-1g	156	(2)5	33,000	10,050	7,180	12,440	240	33	2	345	200	8	11,390	147-3/8	74-3/8	47-3/4
PMC-235E-1g	167	(2)7.5	36,600	9,150	6,180	11,500	200	28	2	345	200	8	10,450	138-7/8	65-7/8	39-1/4
PMC-240E-1g	170	(2)7.5	36,500	10,150	7,180	12,540	240	33	2	345	200	8	11,490	147-3/8	74-3/8	47-3/4
PMC-250E-1g	177	(3)5	54,000	10,570	6,210	13,990	185	25	3	515	260	10	12,040	121-7/8	68-7/8	22-1/4
PMC-275E-1g	195	(3)5	48,500	12,080	7,720	15,560	240	33	3	515	260	10	13,600	130-3/8	57-3/8	30-3/4
PMC-295E-1g	209	(3)5	51,900	12,080	7,720	15,560	240	33	3	515	260	10	13,600	130-3/8	57-3/8	30-3/4
PMC-325E-1g	230	(3)5	50,900	13,530	9,170	17,070	300	41	3	515	260	10	15,110	138-7/8	65-7/8	39-1/4
PMC-335E-1g	238	(3)5	50,300	15,030	10,670	18,630	360	49	3	515	260	10	16,670	147-3/8	74-3/8	47-3/4
PMC-360E-1g	255	(3)7.5	57,000	13,890	9,170	17,230	300	41	3	515	260	10	15,270	138-7/8	65-7/8	39-1/4
PMC-375E-1g	266	(3)7.5	56,300	15,190	10,670	18,790	360	49	3	515	260	10	16,830	147-3/8	74-3/8	47-3/4

Fans at standard conditions: 96.3°F condensing, 20°F suction and 78°F W.B.

Gallons shown is water in suspension in unit and piping. Allow for additional water in bottom of remote sump to cover pump suction and strainer during operation. (12" would normally be sufficient.)

†Heaviest section is the upper coil section. When S-12 seismic design is required consult the factory for specific weights.

***Refrigerant charge is shown for R-717. Multiply by 1.99 for R-22 and 1.98 for R-134a.

Dimensions are subject to change. Do not use for pre-fabrication.

ANEXO 4:

VÁLVULA DE EXPANSIÓN

MANUAL

Folleto técnico

Válvulas de regulación

REG 6-65, REG-SS 15-40



Las válvulas REG son válvulas de paso recto y paso en ángulo, las cuales en posición cerrada actúan con válvulas de cierre convencionales.

Estas válvulas están diseñadas para cumplir los requisitos de calidad en las instalaciones de refrigeración especificados por los organismos de clasificación internacionales y para favorecer un flujo de precisión y una característica lineal de la válvula.

Las válvulas REG están equipadas con caperuza y tienen un asiento interno que permite el cambio del vástago de sellado cuando la válvula está aún bajo presión.

Características

- Para todos los refrigerantes no inflamables incluido el R 717 y gases/ líquidos no corrosivos dependiendo de la compatibilidad con el material de sellado
- Diseñado para asegurar una perfecta regulación
- Asiento interno que permite la sustitución del vástago de cierre mientras que la válvula está activa, p.e. bajo presión
- Fácil de desmontar para revisión y posible reparación
- Max. presión de operación:
REG: 40 bar g (580 psi g)
REG-SS: 52 bar g (754 psi g)
(disponibles válvulas para presiones más altas bajo pedido)
- Presaestopas con amplio rango de temperatura $-50/+150^{\circ}\text{C}$ ($-58/+302^{\circ}\text{F}$)
- Presaestopa para válvulas REG-SS apta para el intervalo de bajas temperaturas $-60/+150^{\circ}\text{C}$ ($-76/+302^{\circ}\text{F}$)
- Actúa como una válvula de cierre convencional en posición cerrada
- El material con el que se ha fabricado el alojamiento y el bonete es acero para bajas temperaturas (REG-SS en acero inoxidable) conforme a los requisitos establecidos en la Directiva de equipos a presión y a los fijados por otros organismos internacionales de clasificación.
- Se puede calcular la capacidad exacta y los ajustes de la válvula para todos los refrigerantes con ayuda de "DIRcalc™" (programa de cálculo para Danfoss Industrial Refrigeration)
- Clasificación: Para conseguir un listado de certificaciones actualizadas de los productos contactar con Danfoss

Características	1
Diseño	3
Datos técnicos	3
Cálculo y selección	4
Especificación de material	14
Conexiones	16
Dimensiones y pesos	17
Pedidos	19

Diseño
Cuerpo

Fabricado en acero especial resistente a las bajas temperaturas (acero inoxidable en el modelo REG-SS) aprobado para su uso en entornos de bajas temperaturas.

Conexiones

Disponible con las siguientes conexiones:

- Soldar acero DIN (EN 10220)
– DN 6 - 65 (1/4 - 2 1/2 in.)
- Soldar ANSI (B 36.10 Schedule 80),
– DN 6 - 40 (1/4 - 1 1/2 in.)
- Soldar ANSI (B 36.10 Schedule 40),
– DN 50 - 65 (2 - 2 1/2 in.)
- Manguito soldar acero (ANSI B 16.11)
– DN 15 - 40 (1/2 - 1 1/2 in.)
- Conexiones soldar cobre (ANSI B 16.22)
– DN 10 - 22 (3/8 - 7/8 in.)
- Rosca interior FPT, NPT (ANSI/ASME B 1.20.1)
– DN 15 - 32 (1/2 - 1 1/4 in.)

Cono de válvula

El cono de válvula está diseñado para asegurar una regulación perfecta. Un amplio programa

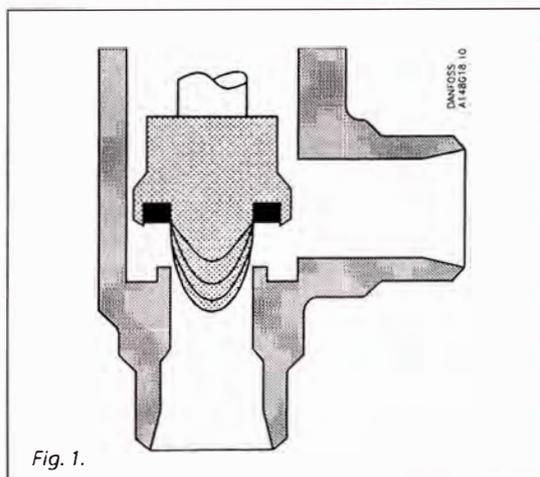


Fig. 1.

de válvulas y diferentes conos de precisión, ofrecen un extenso rango de regulación, e independientemente del refrigerante utilizado, es fácil obtener la capacidad correcta (ver figura 1). Un anillo de sellado asegura estanqueidad en el cierre.

El cono de válvula puede girar con el vástago, de esta forma, no habrá rozamiento entre el asiento y el cono cuando la válvula este abierta o cerrada.

Vástago

Hecho de acero inoxidable púldo, lo cual es ideal para el sellado con junta tórica.

Prensaestopas - REG

El prensaestopas de "amplio rango de temperatura" asegura una perfecta estanqueidad en el rango de temperatura: -50/+150°C (-58/+302°F). Los prensaestopas están equipados con un aro rascador para prevenir la penetración de suciedad y hielo en el mismo.

Prensaestopa - REG-SS

(versión en acero inoxidable):

La presaestopa de acero inoxidable incorpora un sistema de sellado con muelle que garantiza la perfecta hermeticidad en el rango de temperaturas -60/+150 °C (-76/+302 °F). Las prensaestopas están equipadas con un anillo raspador que evita la penetración de suciedad y hielo en ellas.

Instalación

Instalar la válvula con el vástago hacia arriba o en posición horizontal. El flujo se debe dirigir directo hacia el cono.

La válvula esta diseñada para soportar alta presiones internas. Sin embargo, las tuberías deben estar diseñadas para evitar trampas de líquido y reducir el riesgo de presiones hidráulicas ocasionadas por expansión térmica.

Para mas información ver instrucciones REG.


Directiva de Equipos a Presión (PED)

Las válvulas REG están homologadas de acuerdo con la normativa europea especificada en la Directiva de Equipos a Presión y lleva la marca CE.

Para detalles/recomendaciones adicionales - véase las instrucciones.

Válvulas REG	
Día. nominal	DN32 - 65 (1 1/4 - 2 1/2 in.)
Clasificado en	Fluidos grupo I
Categoría	II

Datos técnicos

- **Refrigerantes**
Para todos los refrigerantes no inflamables incluido el R717 y gases/líquidos no corrosivos dependiendo de la compatibilidad del material de sellado. Para más información consultar instrucciones para REG.
No se recomiendan los hidrocarburos inflamables. Para más información contactar con Danfoss.
- **Rango de temperatura**
REG: -50/+150°C (-58/+302°F)
REG-SS: -60/+150°C (-76/+302°F)
- **Rango de presión**
Max. presión de operación:
REG: 40 bar g (580 psig).
REG-SS: 52 bar g (754 psi g)
Están disponibles válvulas para presiones de trabajo mayores bajo pedido.
- **Coefficientes de flujo**
Los caudales de las válvulas abiertas oscilan entre $k_v = 0.17$ a $81.4 \text{ m}^3/\text{h}$ ($C_v = 0.12$ a $57.3 \text{ USgal}/\text{min}$)

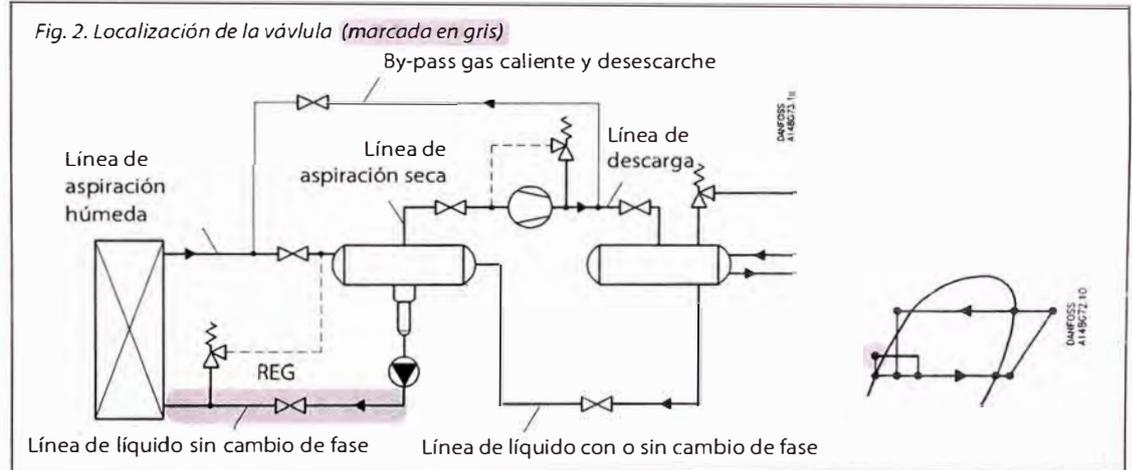
Cálculo y selección
Introducción

En las plantas de refrigeración, las válvulas de regulación se utilizan principalmente en las líneas de líquido para regular el flujo de refrigerante. Las válvulas pueden también, utilizarse como válvulas de expansión. Desde el punto de vista de cálculo, este será diferente dependiendo del tipo de aplicación.

Flujo normal es el término utilizado cuando se describe el caso general donde el flujo a través de la válvula es proporcional a la raíz cuadrada de la caída de presión a través de la válvula e inversamente proporcional a la densidad del refrigerante (ecuación de Bernouilli).

Esta relación entre el flujo másico, la caída de presión y densidad se cumple en la mayoría de todas las aplicaciones con válvulas con refrigerantes o salmueras.

El flujo normal se caracteriza por ser flujo turbulento a través de la válvula sin cambio de fase. Las siguientes curvas de capacidad están basadas en lo mencionado anteriormente. La aplicación de las válvulas de regulación fuera del área de flujo normal reducirá considerablemente la capacidad de la válvula. Se recomienda utilizar el programa de cálculo Danfoss Industrial Refrigeration - "DIRcalc™" para su cálculo


Dimensionamiento de válvula de regulación para flujo de líquido

Refrigerantes líquidos: Utilizar tablas de líquidos, fig. 8 - 17. Para otros refrigerantes y salmueras, "Flujo normal" (Flujo turbulento); ver abajo y utilizar el coeficiente de flujo de tablas (fig. 3 - 7).

Unidades SI

Flujo másico:

$$k_v = \frac{G}{\sqrt{\rho \times 1000 \times \Delta p}} = G \times C_A \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Flujo volumétrico:

$$k_v = \frac{\dot{V}}{\sqrt{\frac{1000 \times \Delta p}{\rho}}} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Sistema americano

Flujo másico:

$$C_v = \frac{0.95 \times G}{\sqrt{\rho \times \Delta p}} = 31.6 \times G \times C_A \text{ [USgal/min.]}$$

Flujo volumétrico:

$$C_v = \frac{0.127 \times \dot{V}}{\sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}} \text{ [USgal/min.]}$$

k_v	[m ³ /h]	Caudal [m ³ /h] de agua a través de la válvula con una pérdida de presión de 1 bar (de acuerdo con VDE/VDI Norm 2173).	C_v	[US gal/min]	Caudal [US gal/min] de agua con una pérdida de presión de 1 psi.
P_1	[bar]	Presión antes de la válvula.	P_1	[psi]	Presión antes de la válvula.
P_2	[bar]	Presión después de la válvula.	P_2	[psi]	Presión después de la válvula.
Δp	[bar]	Pérdida de presión actual a través de la válvula ($P_1 - P_2$).	Δp	[psi]	Pérdida de presión actual a través de la válvula ($P_1 - P_2$).
G	[kg/h]	Flujo másico a través de la válvula.	G	[lb/min]	Flujo másico a través de la válvula.
\dot{V}	[m ³ /h]	Flujo volumétrico a través de la válvula.	\dot{V}	[US gal/min]	Flujo volumétrico a través de la válvula.
ρ	[kg/m ³]	Densidad del refrigerante antes de la válvula.	ρ	[lb/ft ³]	Densidad del refrigerante antes de la válvula.
C_A		Factor de cálculo (fig. 18).	C_A		Factor de cálculo (fig. 18).

Cálculo y selección

Coefficiente de flujo

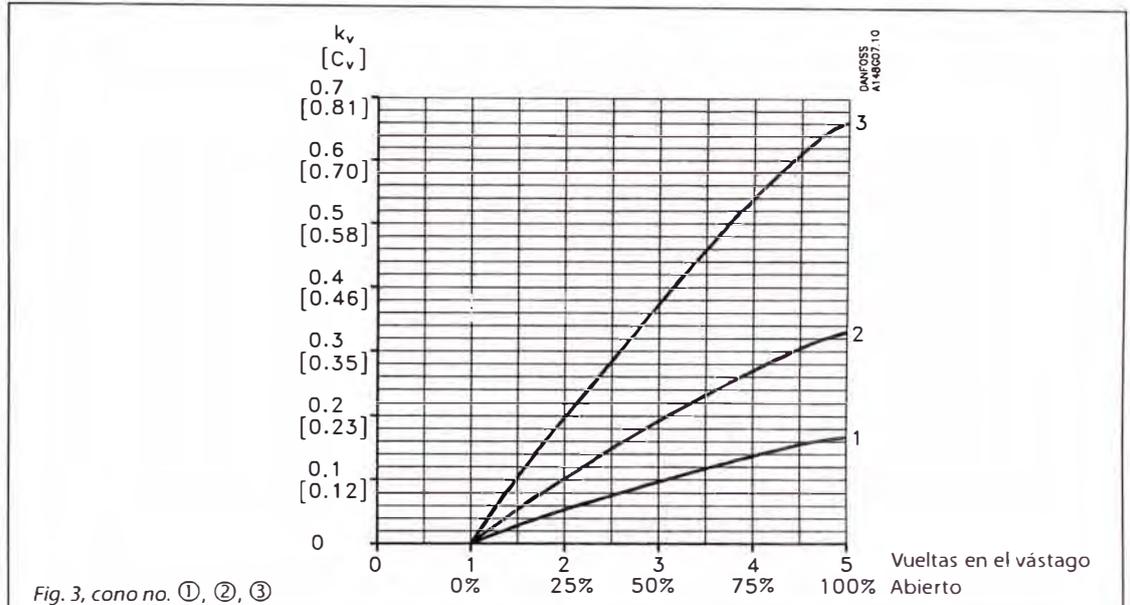


Fig. 3, cono no. ①, ②, ③

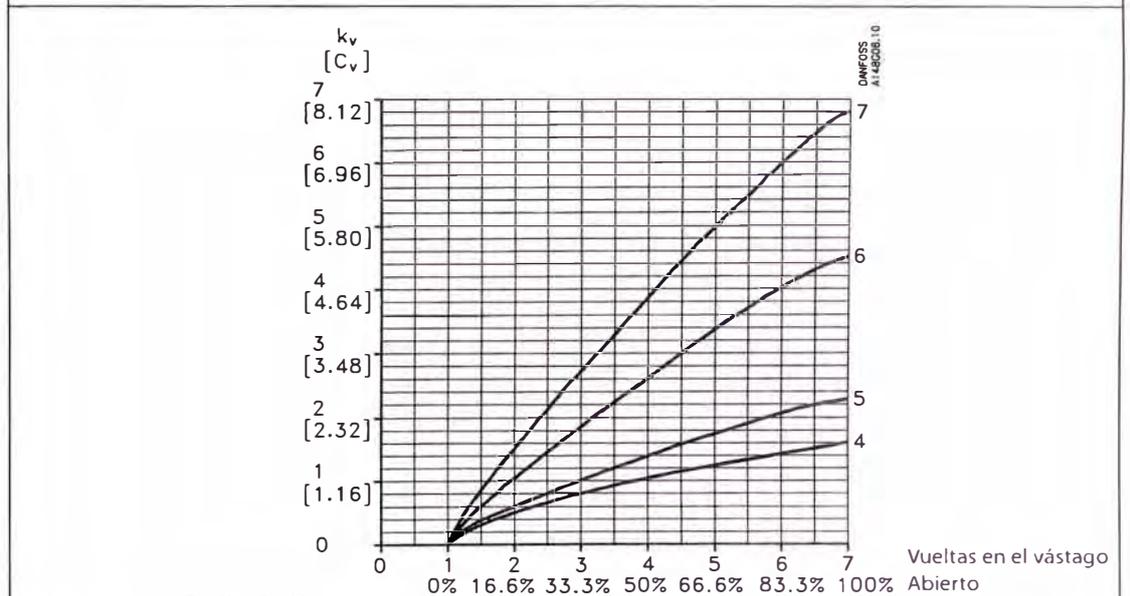


Fig. 4, cono no. ④, ⑤, ⑥, ⑦

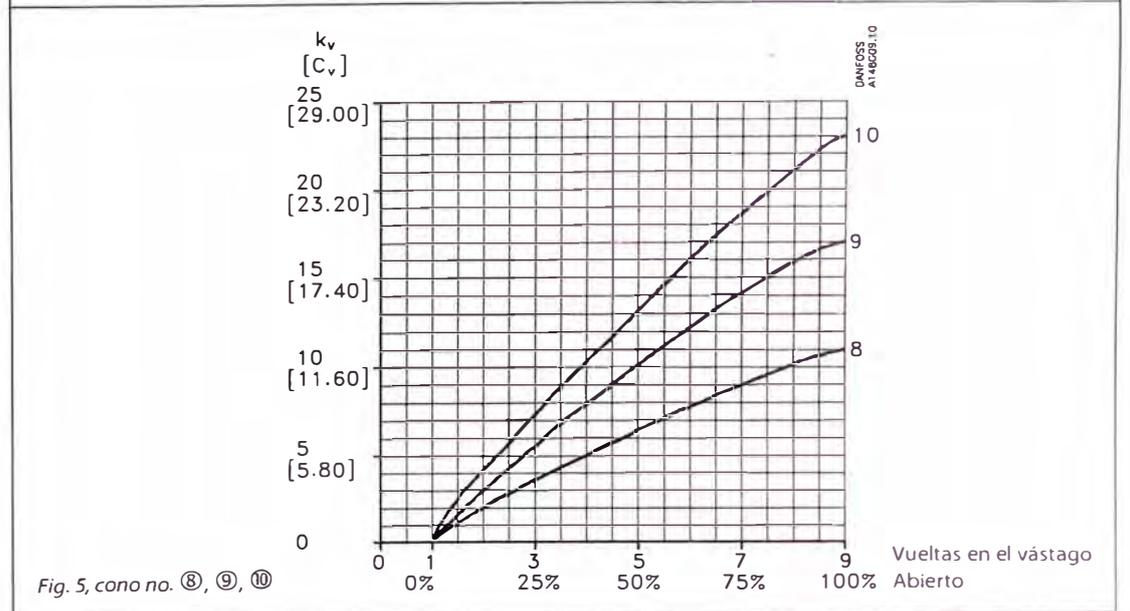
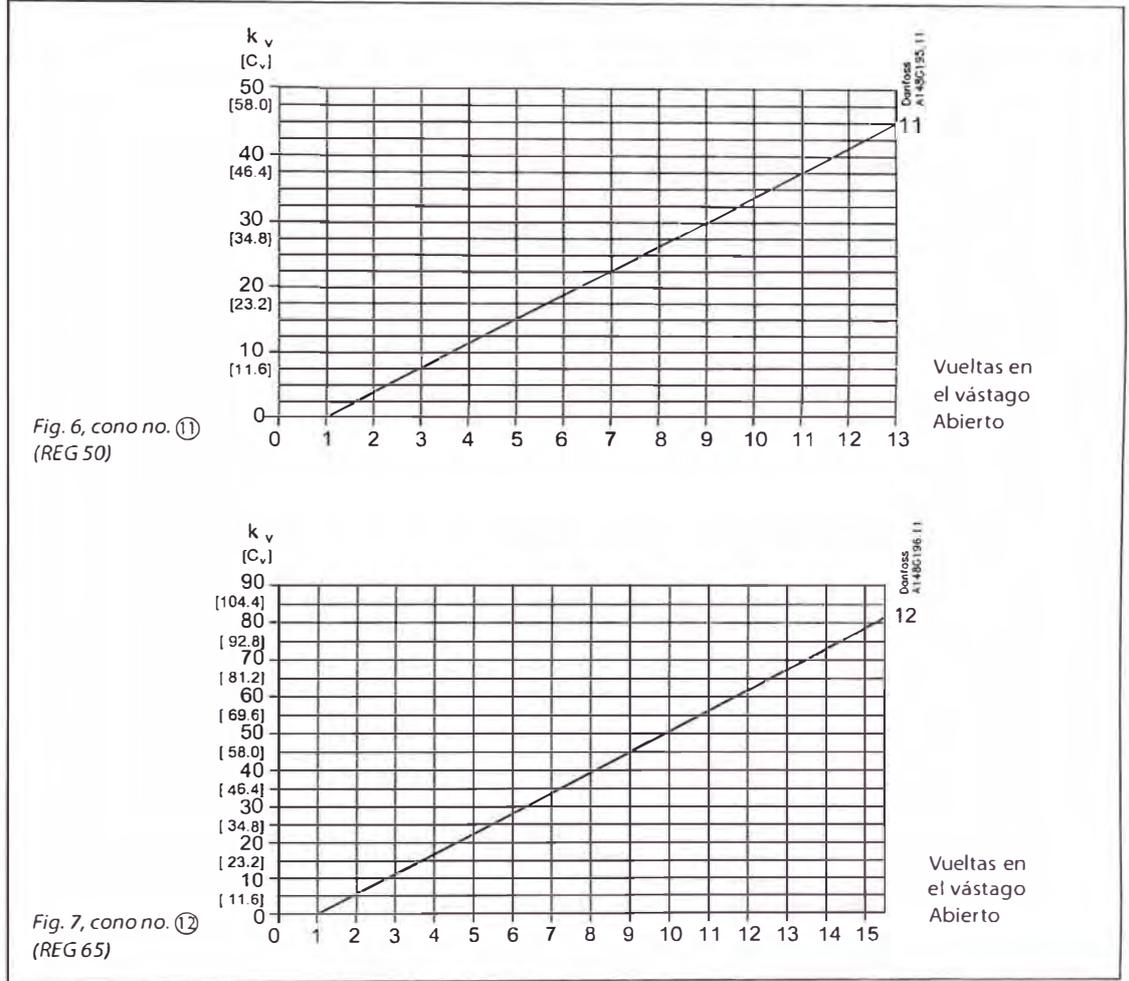


Fig. 5, cono no. ⑧, ⑨, ⑩

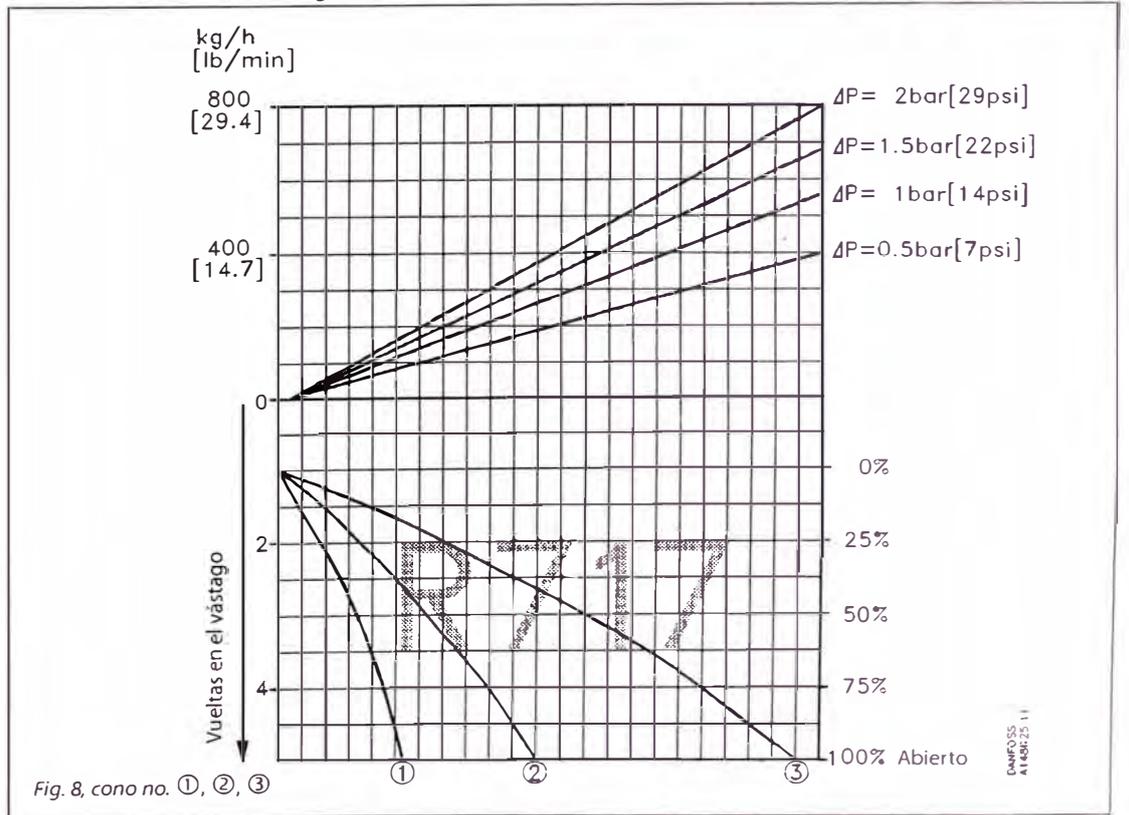
Para elegir el tamaño de válvula y conexiones ver "Conexiones".

Cálculo y selección

Coefficiente de flujo



Líquido R 717, densidad 670 kg/m³ [42 lb/ft³]



Para elegir el tamaño de válvula y conexiones ver "Conexiones".

Cálculo y selección

Líquido R 717, densidad 670 kg/m³ [42 lb/ft³]

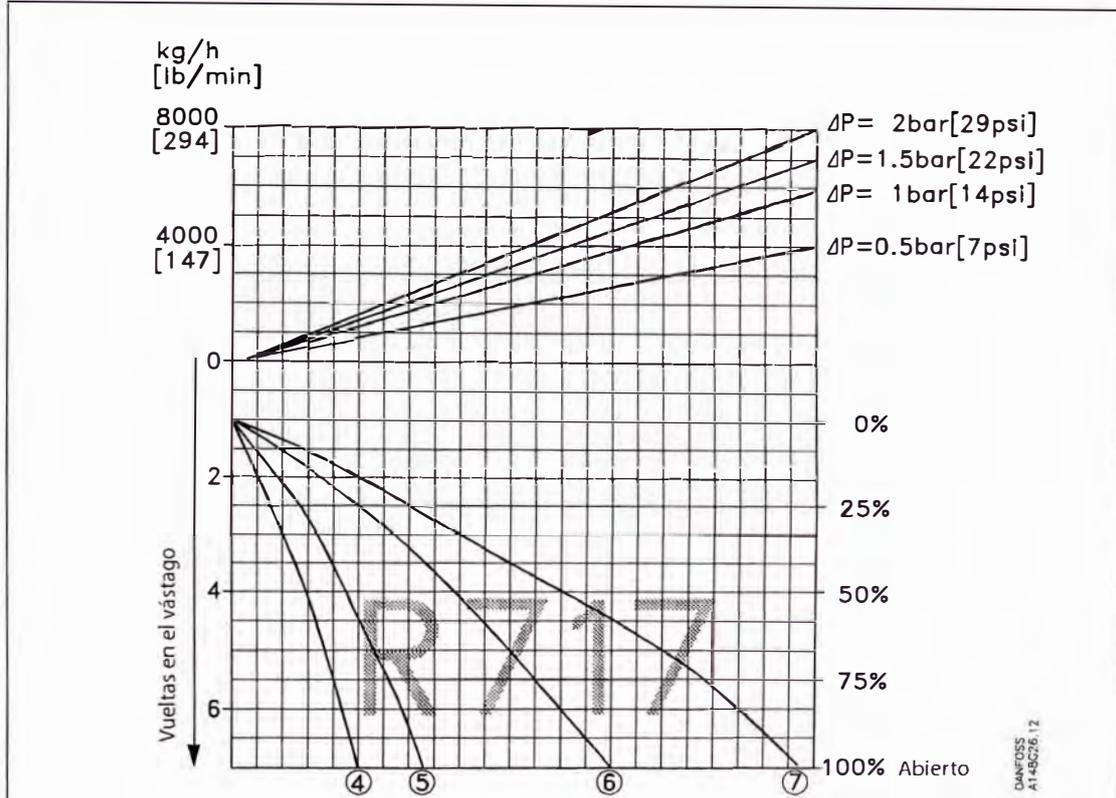


Fig. 9, cono no. ④, ⑤, ⑥, ⑦

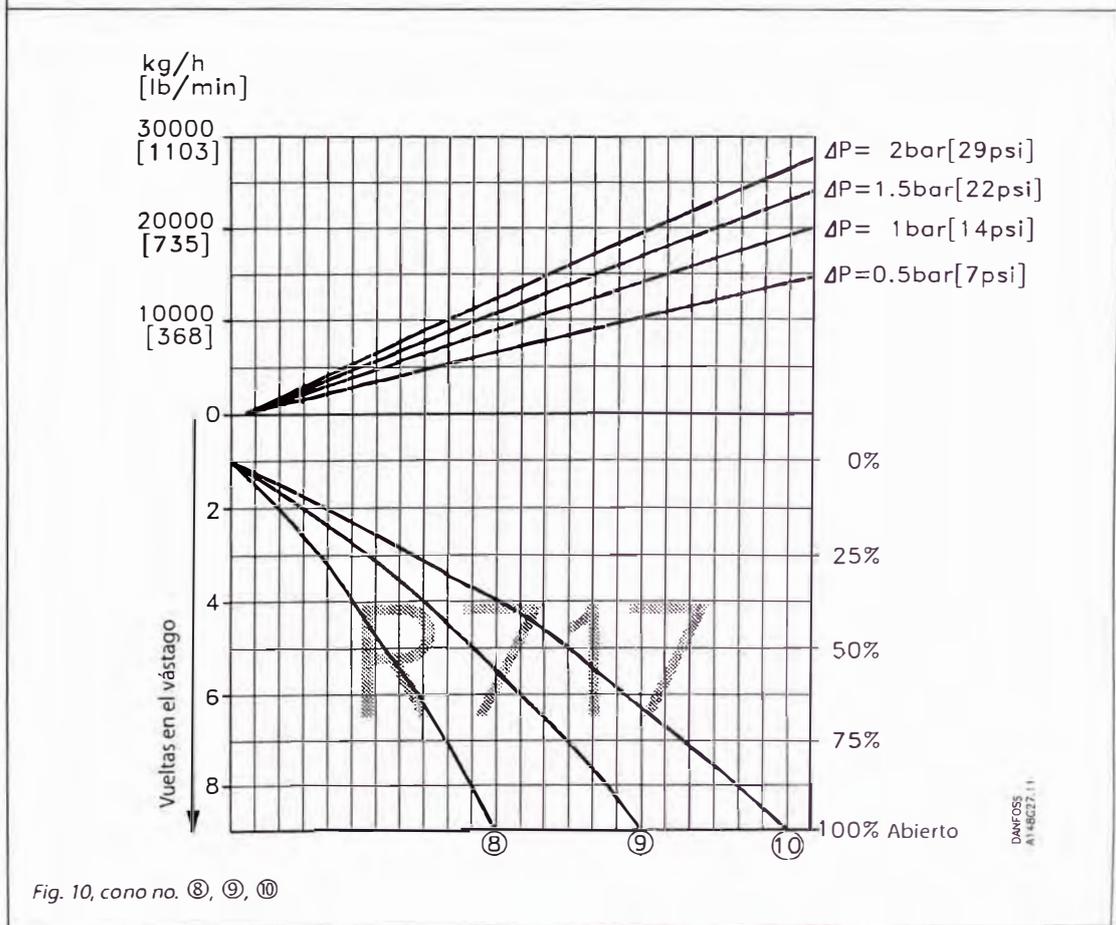
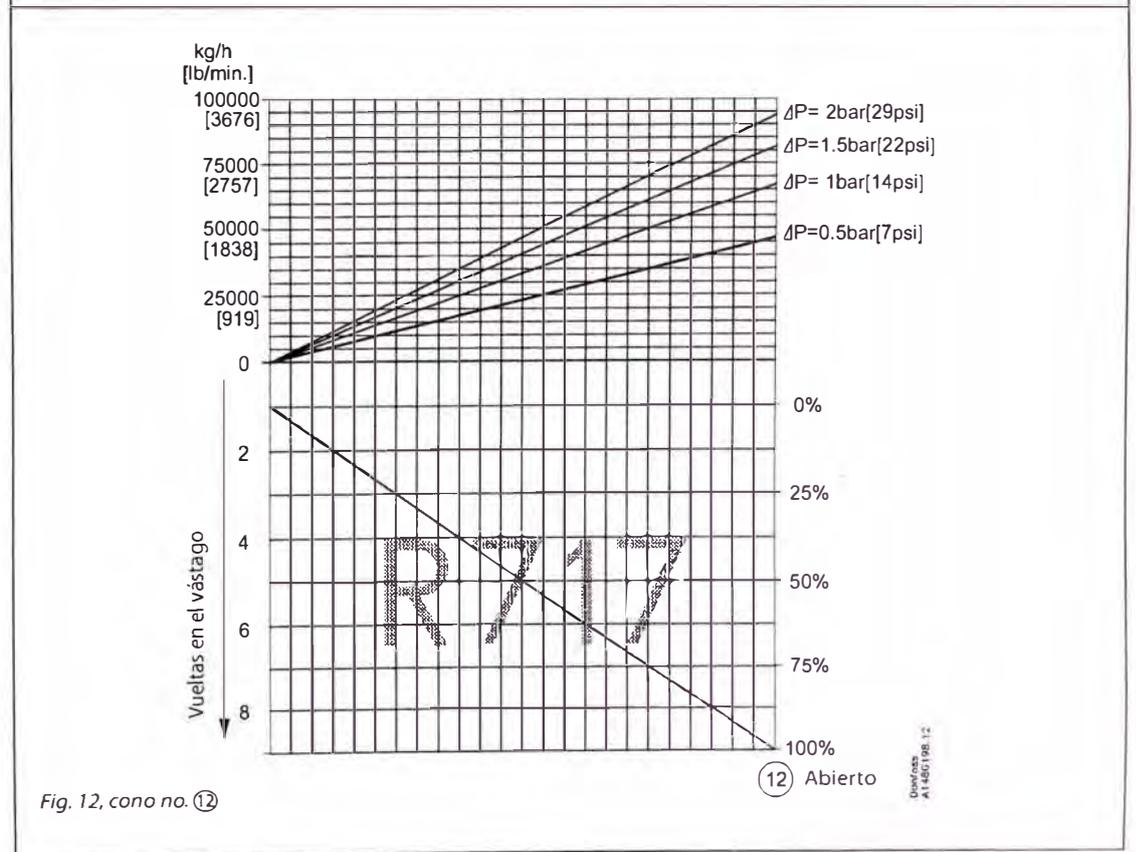
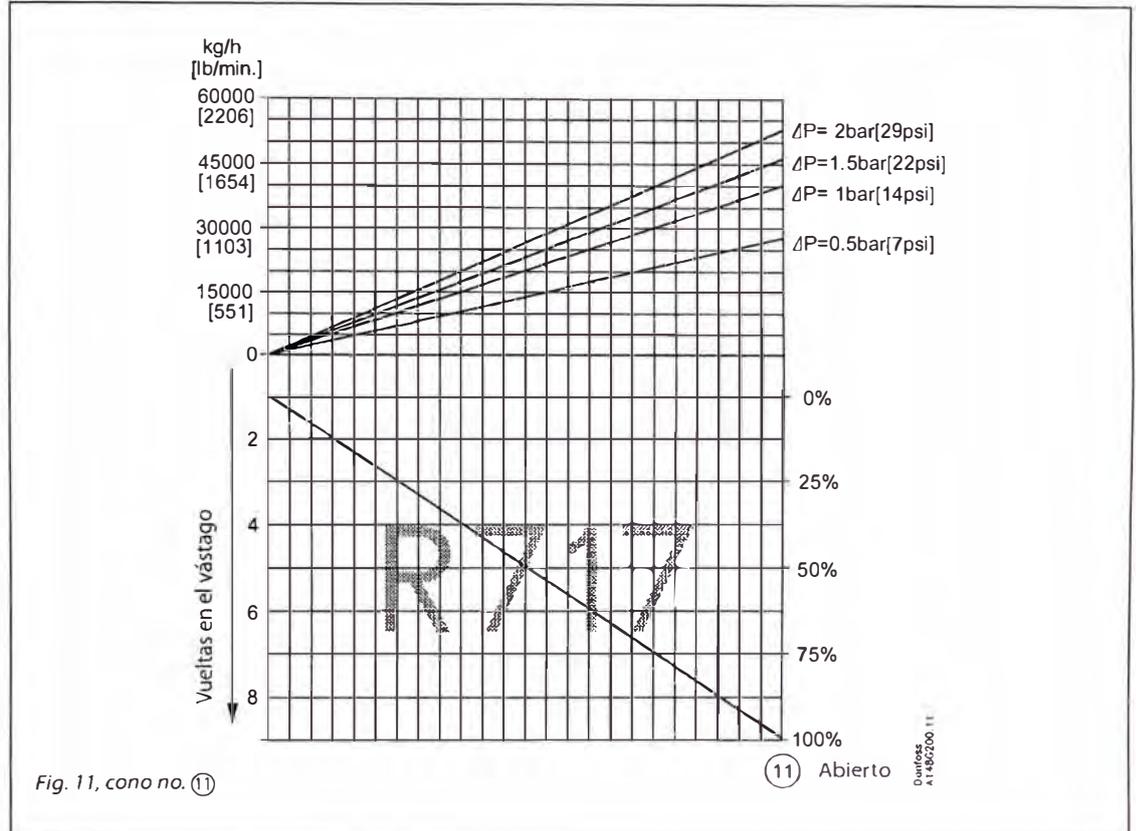


Fig. 10, cono no. ⑧, ⑨, ⑩

Para elegir el tamaño de válvula y conexiones ver "Conexiones".

Cículo y selección

Líquido R 717, densidad: 670 kg/m³ [42 lb/ft³]



Para elegir el tamaño de vástago y conexiones ver conexiones".

ANEXO 5:

BOMBA DE AMONIACO

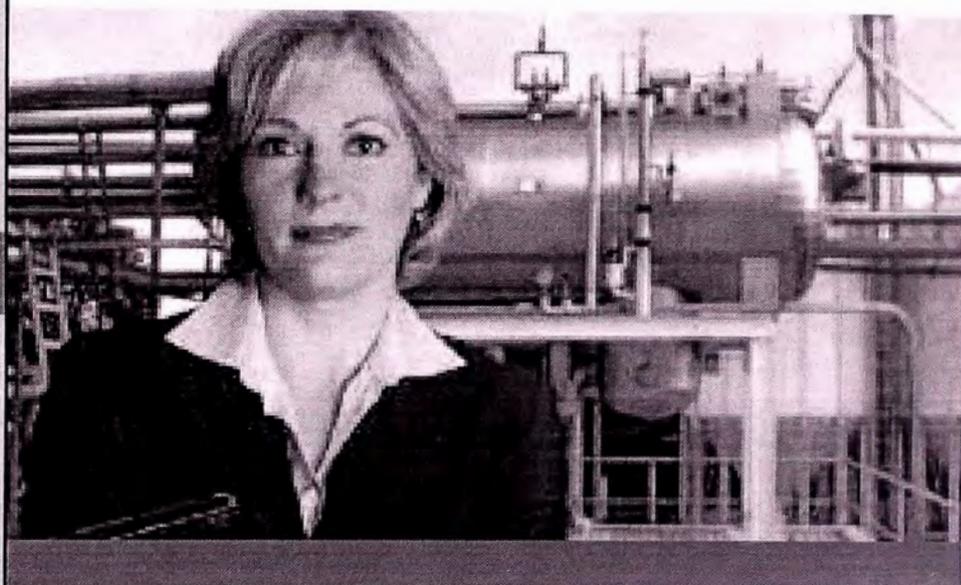
QUÍMICA

PETROLEO Y GAS

INDUSTRIA FRIGORÍFICA

ENERGÍA

SERVICIO

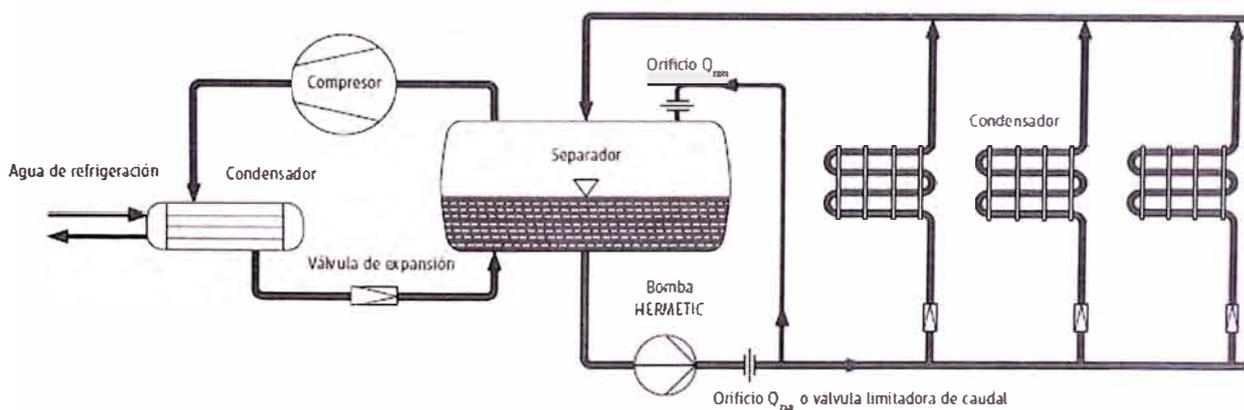


Convincentes en todo el mundo:
Bombas HERMETIC para aplicaciones
en la industria frigorífica

 **LEDERLE**
Hermetic

Simply the best pump technology

HERMETIC – sinónimo de bombas herméticas y fiabilidad.



La figura muestra el esquema simplificado de una instalación frigorífica industrial con utilización de bombas. La característica principal de esta planta radica en que el refrigerante fluye desde un separador central hacia la bomba, la cual lo envía hacia los evaporadores. El vapor que se forma

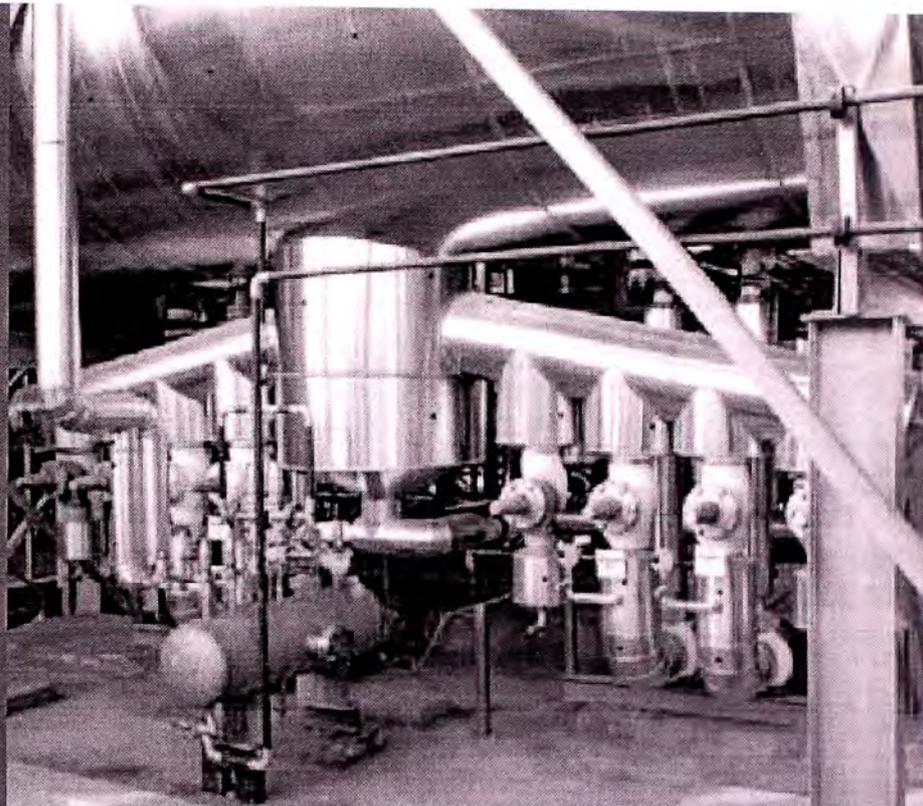
así como el líquido sobrante retorna hacia el separador. El compresor, condensador y la válvula de expansión forman un segundo circuito.

Con nuestras bombas herméticas nos preocupamos de que el fluido refrigerante sea trasegado por caminos seguros y controlados. Con la utilización de

bombas HERMETIC para fluidos refrigerantes le ofrecemos además de la estanqueidad absoluta, las siguientes propiedades:

- Larga longevidad
- Bajos costes operativos
- Rápida adquisición y almacenaje de repuestos

BOMBAS CON
MOTOR ENCAPSULADO
DE VARIAS ETAPAS



Generalidades

Las bombas HERMETIC de la serie CAM son bombas centrífugas completamente cerradas, de varias etapas, sin ningún tipo de sistema de estanqueidad del eje, accionadas electromagnéticamente mediante un motor encapsulado. Los modelos CAM y CAMR han sido desarrollados específicamente para la industria frigorífica. Unos valores NPSH extraordinariamente favorables posibilitan caudales de recirculación de hasta 14 m³/h, en función del modelo de bomba seleccionado, con una altura de acometida de tan sólo 1,0 m. Las bombas pueden ser suministradas como grupos de 2 a 6 etapas y pueden ser utilizadas con amoníaco y freones. Los equipos están certificados por numerosas sociedades de clasificación y por lo tanto aprobados para su utilización en barcos.

La CAMR con su brida de aspiración radial ha sido desarrollada especialmente para instalaciones compactas con un volumen del recipiente mínimo. La bomba está más rápidamente preparada para su arranque tras una parada, gracias a su capacidad de

desgasificación a través de la brida de aspiración. El equipo puede ser instalado directamente debajo del recipiente de forma suspendida, ahorrando espacio.

Construcción

Grupos motobomba de varias etapas (diseño modular).

Margen de trabajo

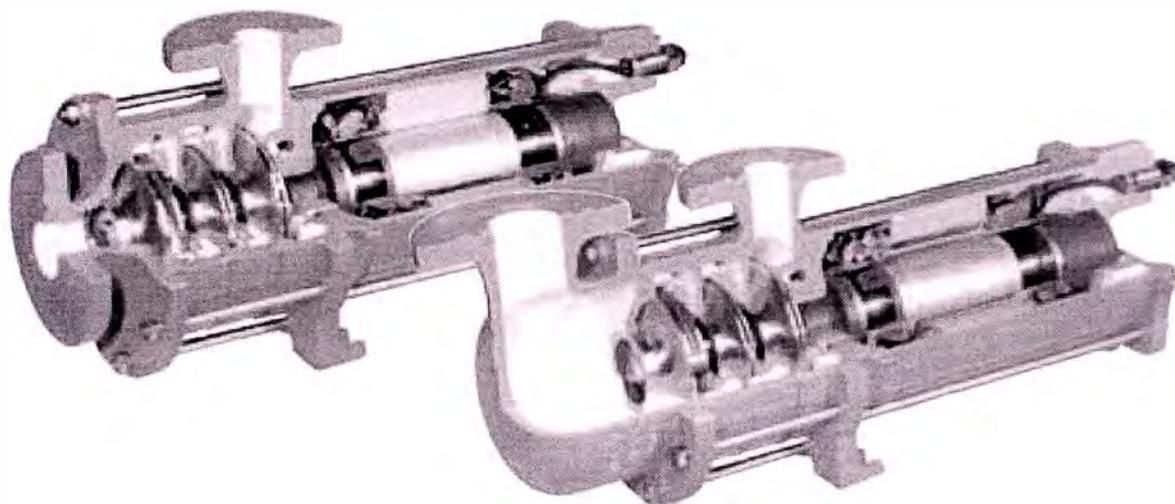
Caudal Q: Máx. 35 m³/h

Altura de elevación H: Máx. 130 m.c.l.

Campos de aplicación

Gases licuados, como por ejemplo, R 717 (NH₃), R 22 (Frigen), CO₂, R 134a, R 404a, R 11, R 12, Baysilone (M3, M5), metanol, aceite de silicona KT3, Syltherm XLT, bromuro de litio.

Fundamentalmente, las bombas para refrigerantes son adecuadas para todos los fluidos refrigerantes. Sin embargo, esto ha de ser comprobado para cada caso en particular.



Funcionamiento

El caudal parcial para la refrigeración del motor y lubricación de los cojinetes se deriva desde el lado de presión del último rodete y se conduce a través del motor. En lugar de llevarlo nuevamente al lado de aspiración, se retorna a través del eje hueco a un punto con una presión aumentada situado entre 2 rodetes (figura 2). El punto 3 en el diagrama de presión-temperatura, que corresponde al de máximo calentamiento, está, por lo tanto, situado a una distancia suficiente de la curva de equilibrio para excluir una evaporación en el interior de la bomba.

Apoyos

El apoyo radial del eje común de bomba y motor lo realizan unos cojinetes deslizantes de idénticas dimensiones lubricados por el fluido. Sin embargo, este apoyo sólo se lleva a cabo durante el arranque y la parada de la bomba, puesto que una vez alcanzada la velocidad nominal del motor encapsulado, la función de apoyo la realiza el mismo rotor de forma hidrodinámica. En nuestras bombas, el empuje axial está compensado hidráulicamente.

Control y seguridades

Recomendamos asegurar las bombas HERMETIC contra cualquier manipulación externa (por ejemplo, del personal operativo) mediante dos placas de orificio. El orificio 1 ($Q_{m\min}$) garantiza el caudal mínimo necesario para la evacuación del calor generado por el motor. El orificio 2 ($Q_{m\max}$) garantiza que se mantenga en la cámara del rotor la mínima presión diferencial necesaria para la estabilización de la compensación hidráulica del empuje axial y para evitar la evaporación del caudal parcial. Además, este orificio impide que se descebe la bomba en el caso de que sólo se disponga de una mínima altura de acometida (con gases licuados). Como alternativa al orificio $Q_{m\max}$ es posible utilizar la válvula limitadora de caudal (véase página 20-22).

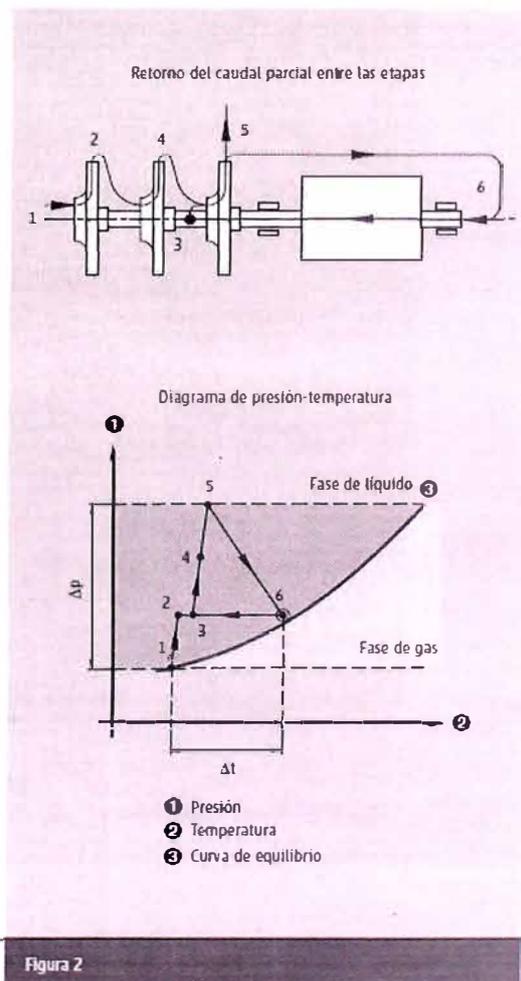


Figura 2

Curva característica CAM 2 y CAMR 2

