

**INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ**

**INSTALACIONES Y PRINCIPIOS DE REFRIGERACION DE LA FÁBRICA DE  
HIELO INDUSTRIAL CHIAPAS, “ARTICO”**

**TRABAJO PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL EN QUIMICA**

**PRESENTA**

**CESAR OCTAVIO CASTELLANOS GALDAMEZ**

**TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS, MAYO DE 2013**

**A LA MEMORIA DE MI PADRE**  
**ROGER EDUARDO CASTELLANOS ZEBADUA**  
**CUYO EJEMPLO DE VIDA FUE MI GUIA**

**A MI MADRE**  
**MARIA DEL ROSARIO GALDAMEZ PADILLA**  
**POR SU ESFUERZO Y DEDICACION INVALUABLE**

## PROPUESTA DE TRABAJO PROFESIONAL

CONOCER EL PRINCIPIO BASICO DE OPERACIÓN DE UNA FÁBRICA DE HIELO, LAS CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS EQUIPOS CON LOS QUE OPERA, SUS DEFECTOS Y FALLAS POSIBLES EN DIFERENTES CONDICIONES QUE SE PUEDEN PRESENTAR DURANTE LA OPERACIÓN, PARA PODER TRABAJAR CON UN EVAPORADOR EFICIENTE QUE ESTE ACORDE CON LOS EQUIPOS QUE SE TIENEN (COMPRESORES, CONDENSADORES, RECIBIDORES, SEPARADORES) Y CON LOS ESPACIOS FISICOS CON LOS QUE SE CUENTA, Y CON DOS TANQUES DE PRODUCCIÓN PARA UNA CAPACIDAD DE 700 MOLDES DE 50/75 kg. DE HIELO.

### INDICE

<b>CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN</b> .....	5
○ PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
○ JUSTIFICACIÓN .....	8
○ ESTADO DEL ARTE .....	9
○ CONTENIDO .....	10
<b>CAPITULO 2 PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN</b> .....	11
○ COMPRESOR .....	13
○ SEPARADOR DE ACEITE .....	14
○ CONDENSADOR .....	14
○ RECIBIDOR DE AMONIACO .....	15
○ EVAPORADOR .....	15
○ VÁLVULA DE EXPANSIÓN .....	16
○ CARACTERÍSTICAS DEL REFRIGERANTE .....	17

<b>CAPITULO 3 RECEPCIÓN, ELABORACIÓN Y CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA</b>	19
○ LINEA DE PRODUCCIÓN	20
○ RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	21
○ FILTRADO DE AGUA	21
○ SUAVIZADOR	21
○ OSMOSIS INVERSA	21
○ DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	22
○ DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA FÁBRICA DE HIELO	24
<b>CAPITULO 4 CÁLCULOS</b>	25
CÁLCULO DE TRANSFERENCIA DE CALOR	26
○ POR CONDUCCIÓN (ECUACIÓN DE FOURIER)	26
○ POR CONVECCIÓN (LEY DE ENFRIAMIENTO DE NEWTON)	26
CÁLCULO PARA LAS BODEGAS DE ALMACENAMIENTO	33
○ CÁLCULO DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE HIELO	33
○ CÁLCULO DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE FRUTAS	42
CÁLCULO TÉRMICO PARA EL TANQUE DE SALMUERA	49
<b>CAPITULO 5 ANEXOS</b>	60
○ ANEXO A, PROPIEDADES TÉRMICAS	61
○ ANEXO B, CONVECCIÓN	73
○ ANEXO C, MOLDES	78
○ ANEXO D, CUARTO FRIGORIFICO	80
○ ANEXO E, COMPRESORES	86
○ ANEXO F, DIAGRAMAS	94
<b>CONCLUSIONES</b>	96
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	97

# **CAPITULO 1**

## INTRODUCCIÓN

La fabricación comercial de hielo en bloques consiste en rellenar moldes de metal (normalmente lámina galvanizada) con agua y sumergirlos en un baño de salmuera (generalmente cloruro sódico o cálcico) refrigerada a una temperatura muy inferior a la de congelación del agua. Tras varias horas, el agua se congela por transferencia de calor a la salmuera y los bloques de hielo se sacan de los moldes tras liberarlos por inmersión en agua; finalmente, se almacenan en espacios de donde llevan un ciclo de refrigeración parecido al de los bloques de hielo.

La producción de hielo en bloques es una operación discontinua; una vez vaciados, los moldes se vuelven a rellenar de agua y se vuelven a colocar en el depósito de salmuera durante otro período de congelación. Normalmente se sacan los moldes por filas poco a poco, y no por completo como se pensaría, debido a que se ahorra mucho más energía. Sea cual sea la capacidad de la máquina de elaboración de hielo en bloques, se necesita mano de obra de forma continua para atender todas las operaciones, en particular, la extracción y manipulación del hielo.

Existen instalaciones en donde la máquina de hielo, el almacén y todos los sistemas de refrigeración y eléctricos están situados dentro de contenedores normalizados. Estas instalaciones son portátiles, fáciles de transportar por tierra y mar y más confiables que los tipos no contenerizados tradicionales; además, su instalación se realiza en bastante menos tiempo y necesitan un período menor para alcanzar el pleno rendimiento. Estas ventajas resultan importantes, en especial en zonas remotas en las que escasean las personas con conocimientos de refrigeración y mantenimiento. Estas unidades se montan en contenedores normalizados de 12 m y su instalación resulta sencilla. Sólo necesitan una base nivelada y un lugar protegido de los rigores del tiempo, y se pueden construir en climas tropicales y zonas costeras. Existen máquinas que producen bloques de diversos tamaños, de 12,5 a 25 kg.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Desarrollar el tanque de salmuera y serpentín (evaporador de amoníaco) para la fábrica de hielo con base en equipos ya adquiridos: banco de compresores (6A, 4B, 6B), condensadores, recibidor, separadores de aceite, etc.

Observar las condiciones de operación en el frigorífico para el diseño de otra bodega de refrigeración en la fábrica, porque se piensa rentar a los comerciantes para que guarden alimentos a refrigerar o para el guardado de bloques de hielo y bolsas comerciales.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Conocer el principio básico de operación de una fábrica de hielo, las características principales de los equipos con los que opera, sus defectos y posibles fallas que se presenten durante la operación, así como trabajar con un evaporador eficiente acorde con los equipos recién adquiridos (compresores, condensadores, recibidores, separadores), con dos tanques de producción, con una capacidad de 700 moldes de 50/75 kg. de hielo.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Conocer el principio básico del sistema de refrigeración.
- ✓ Diferenciar las características básicas de los refrigerantes.
- ✓ Reconocer la interacción entre las diferentes etapas del sistema de refrigeración.
- ✓ Diagnosticar las posibles fallas del sistema de refrigeración y como resolverlas.
- ✓ Diseñar un frigorífico de acuerdo al espacio que se cuenta y con los cálculos ya establecidos para el aprovechamiento de la fábrica.

## JUSTIFICACIÓN

Con el desarrollo de la planta de **HIELO Y REFRIGERACIÓN DE CHIAPAS, “ARTICO”**, ubicado en la 9ª sur oriente # 1956, se pretende satisfacer la demanda en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en base a la experiencia empresarial que se ha tenido, situándola como una ubicación de gran demanda para esa zona y un mercado muy poco competido.

La demanda de bloques de hielo ha crecido rápidamente en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. Las industrias químicas y de construcción, por ejemplo, usan bloques de hielo en situaciones donde el uso de equipo de refrigeración, no la hace práctica. Los bloques de hielo son usados en gran magnitud por los vendedores de alimentos para su conservación y para enfriar las bebidas.

La construcción de la planta de producción de hielo, es el resultado de años de investigación y desarrollo, hecho por expertos y empresarios de acuerdo a los datos que se manejan en la fábrica ya establecida de Terán. La planta fue diseñada para ser operada eficientemente en áreas tropicales, y se demostrará que es altamente rentable.

Los equipos fueron adquiridos para satisfacer toda la demanda de esa zona, también pensando en el prospero desarrollo de la empresa, así como darle un giro a los procedimientos que se venían manejando, ya que, por una parte, la nueva fábrica quedará mejor que la primera, debido a su capacidad, eficiencia, diseño, mejor equipamiento e instalación, y sobre todo, ofrecer un punto de venta adicional y cercano, ya que las personas de esa zona tenían que hacer largos y complicados trayectos para conseguir el producto, hasta la zona poniente de la Ciudad.

Las ventajas principales del hielo en bloques son las siguientes:

- El almacenamiento, la manipulación y el transporte son sencillos y fáciles.
- La tasa de fusión es relativamente baja, por lo que las pérdidas durante el almacenamiento y la distribución son mínimas.
- El hielo es compacto, por lo que se necesita menos espacio de almacenamiento.
- El hielo se puede reducir a partículas del tamaño necesario, mediante su trituración antes de usarlo.
- El hielo puede ser manipulado con facilidad y vendido por bloques.



## ESTADO DEL ARTE

Las aplicaciones del conocimiento de las bajas temperaturas lo encontramos en muchas de las culturas proverbiales, incluyendo la antigua China, Egipto y las culturas mediterráneas.

En China (S. XIV;) se conocía que la evaporación de salmuera de cloruro de sodio (NaCl) sucedía a temperatura más baja que el agua y también, se podía utilizar para mantener frescos ciertos productos. También se descubrió que la mezcla de sal con hielo producía una muy baja temperatura (-21°).

Nacido en 1783 en la ciudad de Boston, Frederick Tudor estudió la posibilidad de aserrar bloques de hielo de los lagos congelados de la región, embarcarlos y venderlos en el Ecuador.

Ofreció su producto por todo el país y convenció a muchos dueños de bares que vendiesen las bebidas con hielo al mismo precio que al natural, enseñó a los restaurantes cómo fabricar helados usando bloques de hielo y hasta dialogó con los médicos en los hospitales para explicarles que el hielo resultaba una cura ideal para los pacientes que tenían fiebre. Todos los negocios prosperaron junto con el de Frederick Tudor, que no solo llevo Bloques de Hielo al Caribe sino que lo transporto en toda Europa e incluso hasta la India. Se le conoció como el “rey del hielo“, y se hizo multimillonario. Falleció próspero y feliz en 1864, varias décadas antes de la llegada de la electricidad y que los avances en los sistemas de refrigeración, volvieran obsoletas a sus industrias.

## CONTENIDO

En este trabajo se verá como se recibe la materia prima

Se verán los principios de refrigeración, desde el corazón de la fábrica, es decir, los compresores, que bombearán el gas de amoníaco hacia los condensadores, y después hacia el receptor para que luego llegue a los evaporadores donde absorberán calor proveniente del tanque de solución de la salmuera de cloruro de sodio para poder mantener su temperatura constante a  $-10^{\circ}\text{C}$ . Este calor de la salmuera, se deberá por una transferencia de calor del agua que será congelada para convertirla en bloques de hielo que serán almacenados y posteriormente vendidos.

Se hablará de los equipos para realizar el ciclo de refrigeración, y se explicará detalladamente su funcionamiento, así como sus principales cuidados, diseño, tamaños para su instalación y operación.

Se hará un balance de materia y energía, que se expresara en un diagrama de procesos, para mayor entendimiento y establecer los parámetros correspondientes del flujo del amoníaco, su presión, su temperatura y sobre todo su entalpía, para poder calcular y diseñar el evaporador para el tanque de salmuera.

Se mostrara un balance económico de ingeniería para conocer su Tasa Interna de Rendimiento (TIR) y compararla con la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) y comprobar que es aceptable la inversión en la fábrica.

# **CAPITULO 2**

## PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN

El principio de la refrigeración se basa en la evaporación del amoníaco líquido (o freón) que fluye en el tubo de enfriamiento. El refrigerante líquido no se puede evaporar a una temperatura inferior a los 0 grados Centígrados (°C) cuando tiene una presión alta. Es por ello que se debe succionar el amoníaco evaporado (o en su caso, freón) en el tubo de enfriamiento por medio del compresor, con el fin de que no se altere la presión dentro de dicho tubo; al bajar la presión, el amoníaco líquido se evapora a una temperatura baja. Por otro lado, el vapor, tiene que ser licuado nuevamente para restituirlo al estado en que su capacidad como refrigerante permita reutilizarlo. Para lograr nuevamente el estado líquido es necesario aumentar la presión del gas. El compresor aumenta la presión hasta un valor aproximado diez veces mayor que la presión atmosférica, y esta elevación de presión ocasiona que se eleve la temperatura del gas (al estar el gas dentro del compresor se “contamina” con partículas de aceite provenientes de la lubricación del mismo éstas se eliminan en el separador de aceite). El gas se introduce al condensador para enfriarse con agua. Es por ello que el gas con alta presión se convierte en líquido al ser enfriado en el condensador. Este gas licuado retorna al recipiente en que estaba al principio, alimentándose de nuevo al tubo de enfriamiento después de su paso por la válvula de regulación que hace que baje la presión. Este mecanismo descrito constituye un método de refrigeración económico ya que se puede efectuar la refrigeración repetidamente sin que se pierda el refrigerante, lo que se conoce como ciclo de refrigeración.

Cabe agregar que al recipiente que contiene el líquido de refrigeración se le denomina “recibidor” y a la válvula de regulación se le denomina “válvula de expansión” al tubo de refrigeración se le conoce como “evaporador” puesto que se refiere a la parte en que se efectúa la refrigeración mediante la evaporación del amoníaco líquido (o del freón).

Para evaporar amoníaco líquido (o freón), por medio del evaporador, es necesario utilizar el calor producto de la evaporación. El amoníaco (o el freón) se evapora absorbiendo el calor de evaporación cedido por los productos a ser refrigerados. El vapor resultante adquiere un calor extra correspondiente al flujo del amoníaco (o freón). Este vapor se succiona al compresor para ser comprimido. Este gas contiene el calor generado por la compresión aparte del calor producido por la evaporación. Dicho gas al llegar al condensador, después de pasar por el separador de aceite, es enfriado por el agua de enfriamiento. El gas cede el calor contenido al agua de enfriamiento convirtiéndose, nuevamente, en amoníaco líquido (o en su caso, freón).

En otras palabras, el vapor que se generó en el evaporador al absorber el calor de los productos refrigerados, pasa por el compresor y llega al condensador en el que se descarga dicho calor.

## FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR

El compresor sirve para elevar la presión del refrigerante evaporado comprimiendo el vapor. Por medio del compresor, el refrigerante transfiere el calor desde un lugar frío hasta uno caliente haciéndolo fluir por lo que se llama ciclo de refrigeración. En la compresión se eleva la presión (aprox.  $13 \text{ kg/cm}^2$ ) y la temperatura del amoníaco (aprox. a  $80^\circ\text{C}$ ) El compresor y el refrigerante se pueden comparar con el corazón y la sangre del cuerpo humano, respectivamente.

Los compresores de uso más común son del tipo reciprocante, y cuenta con uno o varios pistones que se desplazan dentro de un cilindro para comprimir el gas.

En este tipo de compresor el pistón se desplaza hacia arriba y hacia abajo dentro de un cilindro; este desplazamiento permite succionar plenamente el refrigerante en estado de vapor a baja presión proveniente del evaporador hacia el cilindro; al ascender el pistón, el volumen de vapor prevaeciente en el cilindro se reduce elevando su presión de modo paulatino. Un anillo está colocado en el pistón a fin de evitar una posible fuga de vapor entre la holgura del pistón y la pared de cilindro al comprimir el gas, ocasionando una disminución del vapor comprimido por fugas de gas. Al ser mayor la presión del gas comprimido que la presión de gas del tubo de descarga, la válvula de descarga colocada en la parte superior del cilindro se abre por la presión del gas, permitiendo el flujo de gas hacia el exterior (tuberías). Cuando el pistón llega a la posición más alta, el gas contenido en el cilindro se evacúa casi por completo, existe una porción de gas retenido en la holgura resultante entre la cabeza (tapa) el cilindro y el pistón y se conoce como holgura superior. El desplazamiento del pistón hacia abajo agranda el volumen del gas residual reduciendo su presión, al bajar el pistón ligeramente, la presión del vapor prevaeciente en el cilindro alcanza un nivel inferior en el tubo de succión. Esta última presión empuja la válvula de succión hacia arriba y permite que el flujo de vapor del tubo de succión hacia el interior del cilindro aumente hasta que el pistón llegue a su posición inferior; al suceder esto, el cilindro estará lleno de vapor a baja presión proveniente del condensador. Mismo que se comprime mediante el movimiento ascendente del pistón.

Las protecciones de los compresores son:

- Presión de aceite.
- Flujo de agua de enfriamiento.
- Alta presión de descarga
- Baja presión de succión

Las protecciones de los motores son:

- Relevador de sobrecarga
- Interruptor termo magnético

En base a la experiencia adquirida a través de los años, se pretende instalar en estos dos equipos importantes (compresores y motores de los mismos) una instrumentación asociada que nos permita monitorear variables sensibles.

### **FUNCIONAMIENTO DEL SEPARADOR DE ACEITE**

El separador de aceite, tiene la función de disminuir la velocidad del gas, a la vez que cambia repentinamente de dirección al flujo del mismo, el hecho de que las gotas de aceite no puedan cambiar de dirección tan fácilmente como el gas, así como con el diferencial de peso específico entre estos, se genera la separación de las gotas de aceite.

El separador de aceite cuenta con una válvula de descarga de aceite en el fondo, por la cual se extrae el aceite acumulado.

### **FUNCIONAMIENTO DEL CONDENSADOR**

El condensador sirve para licuar el gas enfriándolo; en la mayoría de los casos, se utiliza agua para enfriar el gas (sistema de enfriamiento por agua).

El sistema de enfriamiento por agua permite la transferencia del calor que tiene el refrigerante gaseoso, al agua de enfriamiento por la pared del tubo de enfriamiento; el agua de enfriamiento puede fluir en el interior de dicho tubo o en su contorno exterior.

El grosor de la pared del tubo oscila entre 3 a 5 mm, realmente no obstruye dicha transferencia calorífica dado que, algunos metales como hierro, cobre y latón son buenos conductores de calor. La transferencia calorífica se vuelve ineficiente cuando se deposita sarro o una película de aceite en la superficie interior y exterior del tubo, por más delgadas que estas sean.

Por otro lado, la velocidad del agua que corre en el interior del tubo hace variar el grado de la transferencia calorífica. Cuando más rápido fluye el agua, mejor transferencia de calor se

obtiene. Cuando se enfría un objeto con agua, el tiempo se puede reducir agitando el agua; es recomendable aumentar la velocidad del flujo del agua, no en exceso, debido que se puede presentar un problema de corrosión y de desgaste en el funcionamiento de la bomba, lo cual no se considera conveniente.

## **FUNCIONAMIENTO DEL RECIBIDOR DE AMONIACO**

En el recibidor de líquido (amoniaco), se almacena provisionalmente el refrigerante líquido recién condensado. Este permite que las variaciones en el volumen de refrigerante en el evaporador no afecten la operación correcta del refrigerador. Su capacidad no se puede definir teóricamente, sin embargo, se considera de un 20% a 30% del volumen de obturación.

El recibidor, necesita tener las dimensiones suficientes para almacenar la totalidad del refrigerante contenido en el evaporador para cubrir la necesidad de almacenamiento que se presenten en las reparaciones. Según la antigua Norma de Ingeniería Japonesa, para definir la cantidad de refrigerante necesaria para un equipo de refrigeración por amoniaco se asigna 15 kg por tonelada japonesa de refrigeración, el recibidor de líquido deberá tener la capacidad de almacenamiento de más o menos la mitad de dicha cantidad.

El cuerpo ancho del separador de líquido tiene como función reducir la velocidad del refrigerante del estado gaseoso, con lo cual se precipitan al fondo, por gravedad, las gotas del líquido que no pueden fluir junto con el vapor.

## **FUNCIONAMIENTO DEL EVAPORADOR**

El evaporador, es el espacio donde el refrigerante líquido (amoniaco) se evapora a temperaturas bajas y se lleva a cabo la acción de refrigeración.

Lo importante es que se transfiera bien, el calor desde el exterior hacia el refrigerante líquido que contiene el evaporador. Como la presión dentro de las placas es baja, la temperatura de ebullición también lo es. Cuando el producto escurre al exterior de las placas; se transfiere calor hacia el refrigerante, haciendo que el amoniaco líquido hierva. El amoniaco que aún permanece en su fase líquida tiene la capacidad de refrigerar porque no

ha hervido. El amoníaco que está en su fase de vapor ya no puede refrigerar más, puesto que ha absorbido mucha cantidad de calor.

Una caída de presión del evaporador exige una mayor compresión, obligando a una considerable expansión del volumen aun cuando el peso se mantenga constante, esto ocasiona que el vapor quede diluido. Las fluctuaciones de presión en el evaporador no afectan mucho el volumen de vapor succionado por el compresor, porque, a medida que disminuye la presión, se reduce el peso de dicho vapor.

## **FUNCIONAMIENTO DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN**

La válvula de expansión, tiene la función de oponer una resistencia al flujo del refrigerante líquido. El que se mantenga baja la presión del evaporador se atribuye a la función de la válvula de expansión y del compresor. Aun cuando el compresor succione el refrigerante evaporado sin cesar, la presión del evaporador no se puede reducir de haber un flujo cuantioso del líquido proveniente de la válvula de expansión.

La disminución de la presión del evaporador se logra mediante una reducción en la válvula de expansión, que controla el flujo, efectuándose con ello la refrigeración. Así que, el ajuste en la presión del evaporador se hace por medio de la apertura y el cierre de la válvula de expansión. Cuando la válvula está demasiado abierta, la presión en el evaporador se incrementa, ocasionando que el compresor succione el vapor mezclado con líquido, al presentarse esta situación, en el cabezal del cilindro del compresor se genera escarcha y se denomina compresión en húmedo, es decir, el compresor comprime el vapor que contiene gotas microscópicas del líquido, éstas se evaporan, y se enfría el gas de descarga dejando la escarcha en el cilindro. Estas gotas succionadas por el cilindro, que se convierten, en vapor dentro del mismo, impiden la succión de vapor en el volumen adecuado reduciendo aún más la capacidad de refrigeración.



## **CARACTERÍSTICAS DEL REFRIGERANTE**

La capacidad de absorción de calor del refrigerante depende del calor latente de vaporización, o sea que una pequeña cantidad de refrigerante debe ser capaz de absorber una gran cantidad de calor.

Si la capacidad de absorción de calor del refrigerante no fuera grande, el enfriamiento sería deficiente y además, se requeriría bastante más refrigerante para alcanzar la temperatura deseada. El punto de congelación, debe ser mucho menor que cualquier temperatura encontrada en el sistema.

La propiedad más importante de los refrigerantes consiste en que se convierta de gas a líquido sin dificultad, y que el calor latente al efectuarse la evaporación tenga un valor elevado.

### **FREON**

Es utilizado en lugares concurridos o en donde se tengan posibilidades de incendio debido a que es menos dañino al cuerpo humano de entre los refrigerantes conocidos, por esta razón, el freón es el refrigerante más indicado para emplearse en el aire acondicionado de los barcos y las oficinas, así mismo, el freón debido a su baja temperatura aún a altas presiones no quema los compresores por muy baja que sea la temperatura del evaporador.

### **AMONIACO**

Es el refrigerante más antiguo y se destaca por tener mayor volumen de calor de evaporación, por lo que el equipo de refrigeración en que se usa amoniaco, es más compacto en cuanto a tamaño, que el que usa freón pero, la capacidad de refrigeración del primero es mayor que la del segundo. El costo del amoniaco es aproximadamente una quinta parte del costo del freón. Gracias a estas ventajas, el amoniaco se considera como el

refrigerante ideal para ser usado en sistemas de refrigeración grandes o en equipos para fabricar hielo. Su olor característico advierte inmediatamente las fugas en el sistema. Mediante mechas de azufre encendidas se localizan fugas en forma de un humo denso y blanco.

Sin embargo, el amoniaco tiene varias desventajas, tales como su alta toxicidad, la inflamabilidad, corrosión en el cobre y los metales con aleaciones de cobre.

# **CAPITULO 3**

## **RECEPCION, ELABORACIÓN Y CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA**

### **LINEA DE PRODUCCIÓN**

El agua es la principal materia prima, esta se obtiene de 3 proveedores diferentes, la principal es de nuestros pozos que cuentan con verificación sanitaria oficial, de la red general de agua municipal y a través de la dotación de con carros tanque o pipas. Toda esta agua cruda, previa desinfección, se deposita en tanques de almacenamiento de grandes capacidades a los cuales se les agrega una solución de cloro de por lo menos media hora, asegurando así una buena desinfección al eliminar microorganismos que puedan hacer daño al consumidor.

Después de los tanques de almacenamiento el agua se envía a un filtro de arena para eliminar los sólidos de suspensión. Posteriormente se hace pasar por un filtro de carbón para absorber las características físicas del agua como olor, sabor y al cloro que sirvió para desinfectarla. Al terminar todo este proceso, el agua queda totalmente inodora e insípida.

Después de pasar por el filtro de carbón, el agua llega a los suavizadores cuya función principal es el disminuir, casi en su totalidad, la dureza del agua. En términos sencillos se encargan de eliminar el carbonato de calcio o lo que también conocemos como cal. Este proceso tarda aproximadamente 10 horas de trabajo, para obtener un agua de acuerdo a las normas establecidas. Se cuentan con 2 suavizadores que trabajan de manera alterna para contar con un proceso de manera continua y no alterar la producción.

A través del equipo de Osmosis inversa, se purifica el agua proveniente del suavizador y se le hace pasar a la misma, a alta presión a través de membranas especiales, logrando así un filtrado hasta de 4 micras, lo cual detiene cualquier tipo de impurezas.

Por último, el agua llega al recipiente de producto terminado, previa mezcla de flujos provenientes de la osmosis inversa, el suavizador y el filtro de carbón para obtener con ello un producto bajo las normas de la Secretaria de Salud y Organismos Internacionales como la OMBS.

## RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

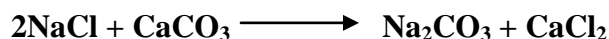
Se obtiene ya sea por los pozos, de la red general de agua o de pipas. Toda el agua extraída se cuantifica y se desinfecta con hipoclorito de sodio (cloro) al 13% hasta alcanzar una concentración de 1 a 1.5 partes por millón y es enviada a las cisternas de almacenamiento en donde se vuelve a clorar para alcanzar una concentración de 3 partes por millón.

## FILTRADO DE AGUA

El filtro de arena se encarga de eliminar los sólidos en suspensión del agua al pasar por esta a través de varias capas de arena que se encuentra dentro del filtro. A este equipo al inicio de cada jornada de trabajo se le realiza un retro lavado que es una operación de limpieza que sirve para eliminar la carga orgánica que quedo atrapada por todo el agua que paso a través de ella durante la jornada de trabajo para evitar que haya dentro del filtro un desarrollo bacteriano que contamine el producto y por consiguiente al consumidor.

## SUAVIZADOR

El filtro de carbón absorbe las características físicas del agua como color, olor y sabor, eliminando también por completo el cloro que sirvió para desinfectar el agua. También este filtro se le hace un retro lavado diariamente de la misma manera como se le hace al filtro de arena con la misma finalidad de mantenerlo higiénico y libre de residuos orgánicos.



## OSMOSIS INVERSA

Purifica el agua proveniente del suavizador que sale a concentración de 5ppm y 950 ppm de sólidos disueltos totales y tiene una capacidad de filtrado hasta de 4 micras y detiene toda clase de impurezas, inclusive microorganismos. El agua que proviene del suavizador entra a los vasos uno y dos, y de estos sale un agua permeada también sale una agua de rechazo, la

cual se va al vaso 3 y el agua permeada a un tubo colector, y así sucesivamente el agua se va filtrando hasta llegar al vaso 5 en donde el agua rechazo de este ultimo vaso se tira al drenaje.

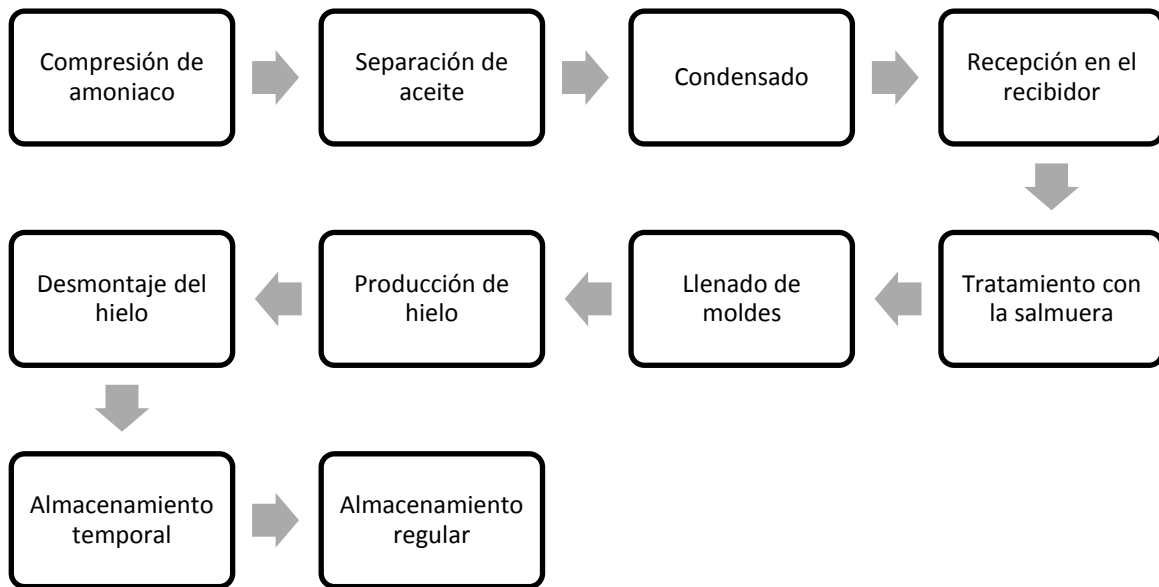


## DESCRIPCION DEL PROCESO

1. Los moldes de tamaño rectangular son colocados en enrejados o canastillas donde, con una maquina de llenado de agua, se llena automáticamente cada uno de los moldes con la cantidad de agua adecuada. El agua purificada es utilizada para producir hielo con propósitos de consumo humano y el agua potable es utilizada para producir hielo de uso comercial, industrial o de servicios.
2. Luego se sumergen en el tanque de salmuera (solución diluida de cloruro de sodio). El tanque de salmuera mantiene el hielo a una temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$ , siendo circulada constantemente para mantener la temperatura homogénea en el tanque.

3. El tiempo requerido para que ocurra el congelamiento del agua variará de acuerdo al tamaño de los envases utilizados. En este caso y por las condiciones, el tiempo de congelación será de 24 horas aproximadamente.
  
4. Una vez que se forma el hielo, los enrejados son elevados desde el tanque de congelamiento y colocados en el tanque de descongelado. Agua a temperatura ambiente es utilizada para permitir que los bloques de hielo se despeguen de los moldes. Inmediatamente después, el hielo es removido de los moldes por medio de un descargador o volquete.
  
5. Los moldes vacíos son devueltos a las canastillas donde empezará otra vez el llenado y el hielo es colocado en un área de almacenamiento temporal. A partir de ahí, es enviado o colocado en un área de almacenamiento regular por un apilador de hielo.

## DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA FABRICA DE HIELO





# **CAPITULO 4**

## CALCULO DE TRANSFERENCIA DE CALOR

La transferencia de calor se le define como el proceso por el que se intercambia energía en forma de calor entre distintos cuerpos, o entre diferentes partes de un mismo cuerpo que están a distinta temperatura y fluye del objeto de mayor temperatura a otro que se encuentra a menor temperatura. El calor se puede transferir por convección, radiación o conducción. Aunque estos tres procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos.

### POR CONDUCCIÓN (ECUACIÓN DE FOURIER)

En los sólidos, la única forma de transferencia de calor es la conducción. Si se calienta un extremo de una varilla metálica, de forma que aumente su temperatura, el calor se transmite hasta el extremo más frío por conducción. No se comprende en su totalidad el mecanismo exacto de la conducción de calor en los sólidos, pero se cree que se debe, en parte, al movimiento de los electrones libres que transportan energía cuando existe una diferencia de temperatura.

La ecuación para la transferencia de calor por conducción se conoce como la ecuación de Fourier:

$$\dot{Q}_{cond} = \kappa A \frac{T_{s1} - T_{s2}}{\Delta x} \quad (3.1)$$

### POR CONVECCIÓN (LEY DE ENFRIAMIENTO DE NEWTON)

Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección. El movimiento del fluido puede ser natural o forzado.

Si se calienta un líquido o un gas, su densidad (masa por unidad de volumen) suele disminuir. Si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido más frío y más denso desciende. Este tipo de

movimiento, debido exclusivamente a la no uniformidad de la temperatura del fluido, se denomina convección natural.

La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con lo que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes de la mecánica de fluidos.

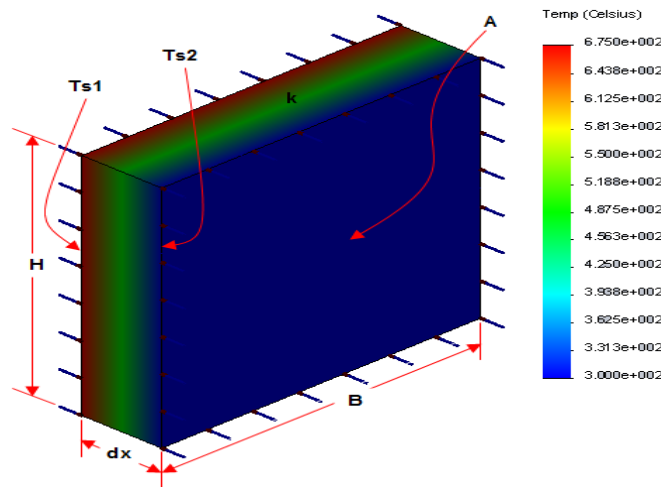
La ecuación para la transferencia de calor por convección se conoce como la ecuación de Newton y se define como:

$$\dot{Q}_{conv} = h A (T_s - T_\infty) \quad (3.2)$$

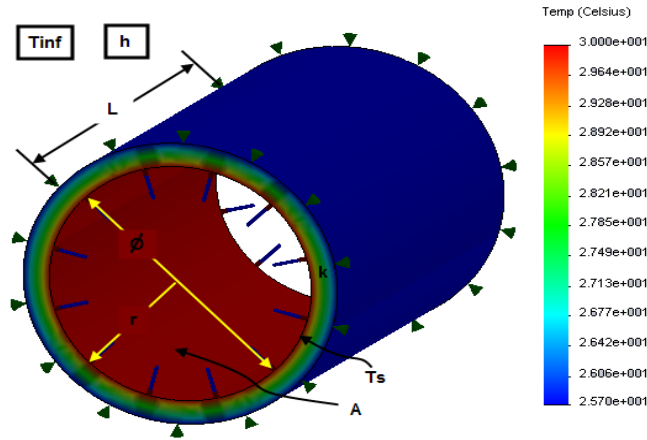
Consideraciones Importantes:

$$T_{s1} > T_{s2} \quad T_s > T_\infty \quad \Delta T = T_{s1} - T_{s2} \quad T_{s1} \xrightarrow{q} T_{s2} \quad (3.3)$$

Donde  $\dot{Q}$  es la transferencia de calor (W),  $k$  es la conductividad térmica (W/m·°C),  $h$  es el coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m<sup>2</sup>·°C),  $A$  es el área de contacto (m<sup>2</sup>),  $\Delta x$  es el espesor de la pared (m),  $T_s$  es la temperatura del sólido (°C) y  $T_\infty$  es la temperatura del fluido (°C).



**Fig. 3.1) Transferencia de Calor en una Pared Plana simulada en Solidworks**



*Fig. 3.2) Transferencia de Calor en una Pared Cilíndrica simulada en Solidworks*

## ECUACION GENERAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR

$$\dot{Q} = U \Delta T \quad (3.4)$$

Donde  $U$  es el coeficiente global de transferencia de calor,  $\Delta T$  es la diferencia de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y  $Rt$  es la resistencia térmica total ( $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ )

## RESISTENCIA TERMICA

Es un parámetro fundamental para caracterizar las prestaciones térmicas de un producto (o una capa de un elemento constructivo), representa la dificultad que presenta el producto en dejarse atravesar por el calor. Valores altos de resistencia térmica indican niveles de aislamiento elevados mientras que resistencias térmicas bajas implican falta de aislamiento.

### Resistencia térmica a la convección

$$R_1 = \frac{1}{h_1 A_1} \quad R_2 = \frac{1}{h_2 A_2} \quad R_n = \frac{1}{h_n A_n} \quad (3.5)$$

$$A_n = B_n H \quad (3.6)$$

Donde  $B_n$  y  $H$  son la anchura y la altura de la pared que transfiere calor.

### Resistencia térmica de una pared plana

$$R_a = \frac{\Delta x_a}{k_a A_a} \quad R_b = \frac{\Delta x_b}{k_b A_b} \quad R_m = \frac{\Delta x_m}{k_m A_m} \quad (3.7)$$

$$A_m = B_n H \quad (3.8)$$

### Resistencia térmica de la pared cilíndrica

$$R_a = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 \pi k_a L} \quad R_b = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2 \pi k_b L} \quad R_m = \frac{\ln(r_{n+1}/r_n)}{2 \pi k_m L} \quad (3.9)$$

$$A_n = \pi \phi_n L \quad (3.10)$$

Donde  $r_n$  es el radio (m),  $\phi_n$  es el diámetro (m) y  $L$  es la longitud del tubo (m)

### Resistencia térmica total

$$R_T = R_n + R_m \quad (3.11)$$

$R_n$  es la resistencia convectiva y  $R_m$  es la resistencia térmica conductiva

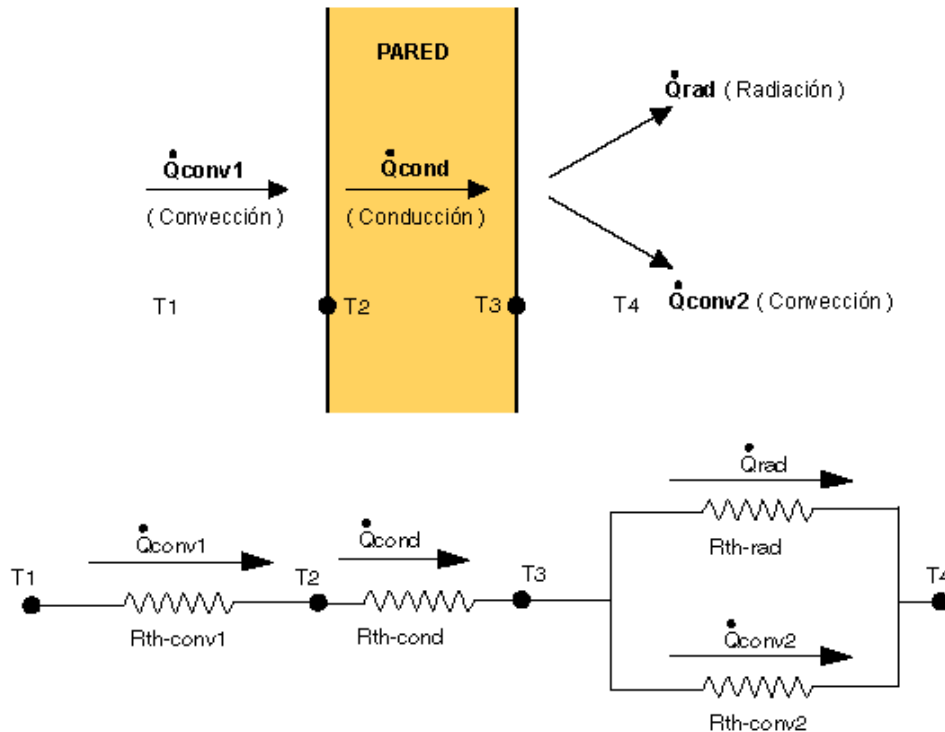


Fig. 3.3) Representación de las resistencias térmicas

## CALOR Y TEMPERATURA

Se entiende por flujo de calor a la transferencia de energía térmica, no el flujo de una sustancia similar a un fluido llamado calor. Asimismo la transferencia de calor hacia un sistema se conoce como una adición de calor y la transferencia hacia afuera de un sistema como rechazo de calor.

El calor se transfiere en tres diferentes maneras: conducción, convección y radiación. La conducción es la transferencia de energía de partículas más energéticas

La cantidad de calor que tiene un cuerpo en un momento dado se llama ENTALPÍA y se mide en kilocalorías o BTU. La energía viaja en una sola dirección, de un objeto o área más caliente a una más fría. La temperatura es el nivel de calor al que se encuentra un cuerpo y se representa en °C o °F. La temperatura de un cuerpo mide la energía promedio de las partículas del objeto.

### CALOR SENSIBLE

El calor sensible aumenta el movimiento molecular permitiendo la ebullición y es cuando la transferencia de calor ocasiona un cambio constante en la temperatura. En general, se ha observado experimentalmente que la cantidad de calor necesaria para calentar o enfriar un cuerpo es directamente proporcional a la masa del cuerpo y el número de grados en que cambia su temperatura. La constante de proporcionalidad recibe el nombre de calor específico. El calor sensible se puede calcular por:

$$Q_s = \Delta H = m \Delta h = m C_p (T_2 - T_1)$$

En donde

$Q_s$  = Calor sensible.

$m$  = Es la masa del cuerpo.

$C_p$  = Es el calor específico a presión constante (definido como la cantidad de calor requerida para aumentar en un grado la temperatura de la unidad de masa de un cuerpo a presión constante).

$T_2$  = Temperatura final de la sustancia.

$T_1$  = Temperatura inicial de la sustancia.

Si el proceso se efectuara a volumen constante, entonces el calor sensible sería:

$$Q_s = \Delta U = m \Delta u = m C_v (T_2 - T_1)$$

En donde  $C_v$  es el calor específico a volumen constante. Los valores de calor específico varían también con la temperatura ambiente y el estado físico de agregación de las sustancias.

Otra manera de calcular la entalpía de una sustancia en una sola fase es:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

Se acostumbra a expresar la capacidad calorífica a presión constante,  $C_p$ , como una función de la temperatura mediante una serie de potencias, con constantes a, b, c, etc., por ejemplo:

$$C_p = a + bT + cT^2 + dT^3$$

Donde la temperatura puede expresarse en grados Celsius, grados Fahrenheit, Rankin o Kelvin.

Dada la ecuación de capacidad calorífica, podemos calcular el cambio de entalpía por mol o unidad de masa integrando dicha ecuación respecto a la temperatura:

$$\Delta h = \int_{T_1}^{T_2} (a + bT + cT^2 + dT^3) dT$$

Integrando:

$$\Delta h = a(T_2 - T_1) + b\left(\frac{T_2^2 - T_1^2}{2}\right) + c\left(\frac{T_2^3 - T_1^3}{3}\right) + d\left(\frac{T_2^4 - T_1^4}{4}\right)$$

Donde las unidades del  $C_p$  son:  $\frac{\text{kJ}}{(\text{kmol})(\text{K})}$  ó  $\frac{\text{Btu}}{(\text{lbmol})(\text{R})}$

Para resumir, hay tres maneras para determinar los cambios de la energía interna y de la entalpía:

1. Usar los datos tabulados de  $u$  y  $h$ . Es la manera más fácil y más exacta cuando se tienen las tablas a la mano.
2. Emplear las relaciones de  $C_v$  y  $C_p$  como función de la temperatura y efectuar las integraciones. Es muy inconveniente en los cálculos manuales, aunque bastante deseable en los computarizados. Los resultados obtenidos son muy exactos.

3. Utilizar los calores específicos promedio. Es muy simple y en verdad conveniente cuando no se cuenta con tablas de propiedades.

## CALOR LATENTE

Es la energía requerida por una sustancia para cambiar de estado, de sólido a líquido (calor de fusión) o de líquido a gaseoso (calor de vaporización). Al cambiar de gaseoso a líquido y de líquido a sólido se libera la misma cantidad de energía.

El agua tiene un calor de vaporización alto ya que, para romper los puentes de hidrógeno que enlazan las moléculas, es necesario suministrar mucha energía; también tiene un calor de fusión alto.

- Agua: calor de fusión = 333,9 kJ/kg (79,9 kcal/kg); de vaporización = 2253 kJ/kg (539 kcal/kg).
- Amoníaco: calor de fusión = 180 kcal/kg; de vaporización = 1369 kJ/kg (327 kcal/kg).

Para el cálculo de calor de fusión es:

$$Q_f = m h_{if}$$

Donde

$Q_f$  = Calor de fusión

$m$  = masa de la sustancia

$h_{if}$  = calor latente de fusión



## CÁLCULO DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE HIELO

### \*Carga por transmisión de paredes

#### 1º Método

##### “Ley de enfriamiento de Newton”

Altura= h= 9.4408 ft= 2.8775 m

Largo = L= 38.2764 ft= 11.6667m

Ancho= A= 31.6820 ft= 9.6567 m

Volumen=  $11448.6023\text{ft}^3 = 324.1843^3$

DT= (Diferencia de temperatura entre la temperatura ambiente de diseño y la temperatura de diseño del espacio refrigerado).

Pared de poliuretano= 4 in= 0.3333 ft= 101.6 mm.

Techo de poliuretano= 6 in= 0.5 ft= 152.4 mm

Piso de poliestireno= 4 in= 0.3333 ft= 101.6 mm.

Tiempo de enfriamiento= 1 día= 24 horas.

$$\begin{aligned}\text{Área de paredes laterales} &= 2 h (L + A) = 2 (9.4408 \text{ ft}) (38.27 + 31.68) \text{ ft} \\ &= 1320.9265 \text{ ft}^2 = 122.721\text{m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Área del techo} &= L \times A = (38.2464 \times 31.6820) \text{ ft}^2 \\ &= 1212.6729 \text{ ft}^2 = 112.6637 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Área del piso} = 1212.6729 \text{ ft}^2 = 112.6637 \text{ m}^2$$

T ambiente = 35°C = 95°F

T cámara = -3°C = 26.6°F

Para fines de cálculo de la carga, el calor transferido a través de una pared dada puede calcularse mediante la ecuación básica de transferencia de calor (Ley de enfriamiento).

$$Q = U \times A \times DT$$

Donde:

Q= Transferencia de calor [Kcal/hr] ó [Btu/hr]

U= Coeficiente de transferencia de calor total [Kcal/hr m<sup>2</sup> °C] ó [BTU7hr ft<sup>2</sup> °F]

A= Área en metros cuadrados ó en pies cuadrados.

DT= Temperatura cámara – temperatura ambiente.

$$Q_{\text{paredes}} = 0.025 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2\text{hr}^\circ\text{C}} (122.721\text{m}^2)(-3 - 35)^\circ\text{C} = -116.58 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -462.64 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{techo}} = 0.024 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2\text{hr}^\circ\text{C}} (112.6637\text{m}^2)(-3 - 35)^\circ\text{C} = -102.74 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -407.74 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{Piso}} = 0.03 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2\text{hr}^\circ\text{C}} (112.6637\text{m}^2)(-3 - 35)^\circ\text{C} = -128.43 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -509.677 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$Q = -347.77 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -1380.064 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = -8346.49 \frac{\text{Kcal}}{\text{día}} = \mathbf{-33121.536 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}}$$

## 2º Método

### “Ley Fourier”

$$\frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx}$$

Donde:

q<sub>x</sub>= es la velocidad de transferencia de calor en la dirección x en watt (w)

A= es el área de corte transversal normal a la dirección del flujo de calor (m<sup>2</sup>)

T= es la temperatura en K

K= es la conductividad térmica en W/m K en el sistema.

La cantidad  $[q_x/A]$  se llama flujo específico (flux) de calor y se expresa en  $W/m^2$

La cantidad  $dT/dx$  es el gradiente de temperatura en la dirección  $x$

El signo negativo de la ecuación se incluye debido a que si el flujo de calor es positivo en determinado sentido, la temperatura disminuye ese mismo sentido.

Reordenando la ecuación:

$$\frac{q_x}{A} \int_{x_1}^{x_2} dx = -k \int_{T_1}^{T_2} dT$$

Se integra suponiendo que  $k$  es constante y no varía con temperaturas y eliminando por conveniencia el subíndice  $x$  de  $q_x$ ,

$$\frac{q_x}{A} = \frac{k}{x_2 - x_1} (T_1 - T_2)$$

Datos:

Paredes laterales de 4 in de grosor de poliuretano, 6 in de poliuretano en el techo y 4 in de poliestireno en el piso.

$$T_1 = -3^\circ\text{C} = 26.6^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 35^\circ\text{C} = 95^\circ\text{F}$$

$$X_1 = 0 \text{ in} = 0 \text{ m}$$

$$X_2 = 4 \text{ in} = 0.1016 \text{ m}$$

$K$  poliuretano =  $(0.017 - 0.02) \text{ W/m K}$ ;  $(0.015 - 0.017) \text{ Kcal/m hr } ^\circ\text{C}$

$$\frac{q_x}{A} = \frac{0.016 \frac{\text{Kcal}}{\text{m hr } ^\circ\text{C}}}{(0.1016 - 0) \text{ m}} (-3 - 35)^\circ\text{C} = -5.98425 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{ hr}}$$

$$Q_{\text{paredes}} = -5.98425 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{ hr}} (122.721 \text{ m}^2) = -734.393 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -2918.27 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{Techo}} = \frac{0.016 \frac{\text{Kcal}}{\text{m hr } ^\circ\text{C}}}{(0.1524 - 0) \text{ m}} (-3 - 35)^\circ\text{C} (122.6637 \text{ m}^2) = -449.466 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{Piso}} = \frac{0.030 \frac{\text{Kcal}}{\text{m hr } ^\circ\text{C}}}{(0.1016 - 0) \text{ m}} (-3 - 35)^\circ\text{C} (112.6637 \text{ m}^2) = -1264.139 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$Q = -2447.998 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -9714.4319 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = -233146.367 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}$$

### \* Carga del producto

La carga debida al producto, es la cantidad que hay que extraerle al producto para bajar su temperatura hasta la temperatura del cuarto refrigerado. Esta carga puede deberse a:

Colocar un producto a una temperatura mayor que la del cuarto

Un proceso de enfriamiento (que implica carga latente).

El calor de transpiración de algunos productos alimenticios.

La carga total del producto será la suma de los diversos tipos de carga que existan para el caso particular.

El cálculo térmico para mantener el producto a las temperaturas interiores se debe considerar para ello la naturaleza del producto.

Este cálculo debe hacerse en tres etapas:

Calor sensible arriba del punto de congelación.

Calor latente de congelación.

Calor sensible abajo del punto de congelación.

Se harán cuatro cálculos: 400 barras, 350 barras, 700 barras y para ocupar el 60% del volumen del frigorífico.

$$\dot{m}_1 = 400 \frac{\text{barras}}{\text{día}} \left( \frac{50 \text{ kg}}{1 \text{ barra}} \right) = 20000 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 44092.6828 \frac{\text{lbm}}{\text{día}}$$

$$\dot{m}_2 = 350 \frac{\text{barras}}{\text{día}} \left( \frac{50 \text{ kg}}{1 \text{ barra}} \right) = 17500 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 38581.09 \frac{\text{lbm}}{\text{día}}$$

$$\dot{m}_3 = 700 \frac{\text{barras}}{\text{día}} \left( \frac{50 \text{ kg}}{1 \text{ barra}} \right) = 35000 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 77162.1949 \frac{\text{lbm}}{\text{día}}$$

$$\dot{m}_4 = 0.6 V_{\text{frigorífico}} \rho_{\text{hielo}} = 0.6(324.18 \text{ m}^3) \left( 921 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 179141.86 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$\dot{Q}_1 = \dot{m}_1 C_{p_{hielo}} (T_2 - T_1) = 20000 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \left( 2.11 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (-3 - 0)^\circ\text{C} = -126000 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}$$

$$\dot{Q}_1 = -1.46527 \text{ kW} = -1260.1528 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -5000.68 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = \mathbf{-120016.32 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}}$$

$$\dot{Q}_2 = \dot{m}_2 C_{p_{hielo}} (T_2 - T_1) = 17500 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \left( 2.11 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (-3 - 0)^\circ\text{C} = -110775 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}$$

$$\dot{Q}_2 = -1.2821 \text{ kW} = -1102.63 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -4375.6 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = \mathbf{-105014.4 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}}$$

$$\dot{Q}_3 = \dot{m}_3 C_{p_{hielo}} (T_2 - T_1) = 35000 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \left( 2.11 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (-3 - 0)^\circ\text{C} = -221550 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}$$

$$\dot{Q}_3 = -2.5642 \text{ kW} = -2205.26 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -8751.200 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = \mathbf{-210028.8 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}}$$

$$\dot{Q}_4 = \dot{m}_4 C_{p_{hielo}} (T_2 - T_1) = 179141.8 \frac{\text{kg}}{\text{día}} \left( 2.11 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (-3 - 0)^\circ\text{C} = -1133967.97 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}$$

$$\dot{Q}_4 = -13.1246 \text{ kW} = -11287.3 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -44791.61 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = \mathbf{-1074998.64 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}}$$

### \* Calor de respiración

La ecuación para determinar el calor de respiración es:

$$Q = W \times \text{Carga de respiración}$$

Q = Btu que debe extraerse

W = Peso del producto en libras

Nota: No hay calor de respiración

### \* Carga por infiltración de aire

Cualquier cantidad de aire que penetre en el espacio refrigerado debe reducirse a la temperatura de almacenamiento, aumentando de este modo la carga de refrigeración. Además, en este caso de que el contenido de humedad del aire que ha penetrado sea superior que el existente en el espacio refrigerado, el exceso de humedad y el calor latente de la condensación se añadirá a la carga de refrigeración.

La ecuación básica por infiltración

$$Q = \text{Volumen} \times \text{cambios de aire} \times \text{calor de infiltración}$$

### 1º método

Si el Volumen del frigorífico es 11448.6023 ft<sup>3</sup>, se debe obtener por interpolación los cambios de aire promedio por 24 horas.

$$\text{Cambios de aire} = \frac{4.9 - 3.9}{10000 - 15000} (11448.6 - 10000) + 4.9 = 4.61028$$

Ahora, se toma las ganancias en  $\frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3}$  de aire alimentado eliminado para condiciones de almacenaje arriba de 30°F.

Por tablas, el calor de infiltración es 2.2

$$\dot{Q} = 11448.6023 \text{ft}^3 \left( 4.61028 \frac{\text{cambios}}{\text{día}} \right) \left( 2.22 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3} \right) = -117174.4 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}$$

### 2º Método (comprobación)

Se puede utilizar la fórmula de gas ideal agregando un factor de compresibilidad en el caso que no se comporte idealmente el aire. Por lo tanto:

$$v = \frac{zRT}{P}$$

Donde:

v = es volumen específico del aire

z = factor de compresibilidad

R = constante de los gases ideales

T = Temperatura ambiente

P = Presión

Si el volumen específico es el recíproco de la densidad, esto es:

$$v = \frac{V}{m}$$

Entonces la ecuación para calcular la masa es:

$$m = \frac{PV}{zRT}$$

Donde m es la masa del aire y V es el volumen a ocupar (volumen del frigorífico).

El dato que nos sirve del ejemplo anterior, son los cambios de aire:

$$V = 4.61028 (11448.6023\text{ft}^3) = 52781.262 \text{ft}^3$$

Para obtener el factor de compresibilidad, se debe obtener la presión reducida y la temperatura reducida.

$$P_{\text{red}} = \frac{P_{\text{sistema}}}{P_{\text{crítica}}} = \frac{14.696 \text{ psia}}{3209 \text{ psia}} = 0.0045$$

$$T_{\text{red}} = \frac{T_{\text{sistema}}}{T_{\text{crítica}}} = \frac{14.696 \text{ R}}{3209 \text{ R}} = 0.4174$$

Por la gráfica de factor de compresibilidad, se ve que Z=1. Entonces, la ecuación de gas real se ajusta perfectamente a una ideal:

$$m = \frac{PV}{RT} = \frac{(14.696 \text{ psia})(52781.26221\text{ft}^3)}{\left(0.3704 \frac{\text{psia ft}^3}{\text{lbm R}}\right)(555\text{R})} = 3773.2445 \frac{\text{lbm}}{\text{día}}$$

$$\dot{n} = 3773.2445 \frac{\text{lbm}}{\text{día}} \left( \frac{1 \text{ lbmol}}{28.97 \text{ lbm}} \right) = 130.2466 \frac{\text{lbmol}}{\text{día}}$$

Por la fórmula de calor sensible

$$\dot{Q} = \dot{m} \int_{T_1}^{T_2} C_{p\text{aire}} dT = \dot{m} \int_{T_1}^{T_2} (a + bT + cT^2 + dT^3) dT$$

Donde las constantes del aire: a=6.713; b=0.0209x10<sup>-2</sup>; c=0.03540x10<sup>-5</sup>; d= -0.08052x10<sup>-9</sup>

$$\dot{Q} = 130.2466 \frac{\text{lbmol}}{\text{día}} \int_{555\text{R}}^{485\text{R}} (6.713 + 0.02609 \times 10^{-2}T + 0.0354 \times 10^{-5}T^2 - 0.08052 \times 10^{-9}T^3) dT$$

$$\dot{Q} = -63211.4462 \frac{\text{Btu}}{\text{día}} = -2633.81 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$\dot{Q} = -2633.81 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = -663.709 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -0.85131 \text{ kW}$$

**\* Cargas varias**

Las cargas varias consisten principalmente del calor cedido por el alumbrado, los motores eléctricos que funcionan dentro del espacio y por las personas que están trabajando en el interior del cuarto. Los siguientes cálculos se hacen para obtener la ganancia de calor de fuentes varias:

$$\dot{Q}_{\text{Alumbrado}} = \text{Wattage} \times 3.42 \frac{\text{BTU}}{\text{Watt hr}} \times \frac{\text{hr de uso}}{\text{día}}$$

$$\dot{Q}_{\text{Alumbrado}} = 4 \text{ lamparas} \left( \frac{40 \text{ W}}{1 \text{ lampara}} \right) \times 3.42 \frac{\text{BTU}}{\text{Watt hr}} \times \left( \frac{24 \text{ hr}}{\text{día}} \right) = -13132.8 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}$$

$$\dot{Q}_{\text{Motores}} = \text{Potencia en caballos} \times \text{Factor (ver tablas)} \times \text{Horas de uso al día}$$

Nota: Los motores están afuera del frigorífico así que se despreciara este cálculo.

$$\dot{Q}_{\text{Personas}} = \text{Número de personas} \times \text{Factor (ver tabla)} \times \text{horas al día}$$

$$\dot{Q}_{\text{Personas}} = 1 \text{ persona} \times \left( 984 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right) \times \left( 5 \frac{\text{hr}}{\text{día}} \right) = -4920 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}$$

La suma de todos los cálculos realizados en las secciones anteriores nos da como resultado la cantidad sub-total, posteriormente se le añade un factor de seguridad del 20% que es el calor total dentro del frigorífico que debe ser eliminado. Por último se obtiene la carga total de refrigeración, si se considera que 1 tonelada de refrigeración=12000 Btu/hr.



### 400 BARRAS DE HIELO

$$SUB\ TOTAL_{400\ BARRAS} = -488389.88 \frac{BTU}{día}$$

$$TOTAL_{400\ BARRAS} = -586067.86 \frac{BTU}{día} = -24419.5 \frac{Btu}{hr}$$

$$CARGA\ TOTAL\ DE\ REFRIGERACIÓN = 2.03495\ ton\ de\ ref$$

### 350 BARRAS DE HIELO

$$SUB\ TOTAL_{350\ BARRAS} = -473387.96 \frac{BTU}{día}$$

$$TOTAL_{350\ BARRAS} = -568065.56 \frac{BTU}{día} = -23669.4 \frac{Btu}{hr}$$

$$CARGA\ TOTAL\ DE\ REFRIGERACIÓN = 1.972\ ton\ de\ ref$$

### 700 BARRAS DE HIELO

$$SUB\ TOTAL_{700\ BARRAS} = -578402.36 \frac{BTU}{día}$$

$$TOTAL_{700\ BARRAS} = -694082.84 \frac{BTU}{día} = -28920.1183 \frac{BTU}{Hr}$$

$$CARGA\ TOTAL\ DE\ REFRIGERACIÓN = 2.41\ ton\ de\ ref$$

**179141.86 kg/día**

$$SUB\ TOTAL = -1443372.2 \frac{BTU}{día}$$

$$TOTAL = -1732046.64 \frac{BTU}{día} = -72168.61 \frac{BTU}{Hr}$$

$$CARGA\ TOTAL\ DE\ REFRIGERACIÓN = 6.014\ ton\ de\ ref$$

## CÁLCULO DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE FRUTAS

### \* Carga por transmisión de paredes

#### 1º Método

#### “Ley de enfriamiento de Newton”

Altura= h= 14.7637 ft = 4.5 m

Largo = L= 45.9317 ft = 14 m

Ancho= A= 21.3254 ft = 6.5 m

Volumen= 14461.2194 ft<sup>3</sup> = 409.5 m<sup>3</sup>

DT= (Diferencia de temperatura entre la temperatura ambiente de diseño y la temperatura de diseño del espacio refrigerado).

Pared de poliuretano= 4 in= 0.3333 ft= 101.6 mm.

Techo de poliuretano= 6 in= 0.5 ft= 152.4 mm

Piso de poliestireno= 4 in= 0.3333 ft= 101.6 mm.

Tiempo de enfriamiento= 1 día= 24 horas.

$$\begin{aligned}\text{Área de paredes laterales} &= 2 h (L + A) = 2 (14.7637 \text{ ft}) (45.9317 + 21.3254) \text{ ft} \\ &= 1985.9272 \text{ ft}^2 = 184.5 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Área del techo} = L \times A = (45.9317 \times 21.3254) \text{ ft}^2 = 979.5118 \text{ ft}^2 = 91 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del piso} = 979.5118 \text{ ft}^2 = 91 \text{ m}^2$$

T ambiente = 35°C = 95°F

T cámara = 4.44°C = 40°F

$$Q = U \times A \times DT$$

Donde:

Q= Transferencia de calor [Kcal/hr] ó [Btu/hr]

U= Coeficiente de transferencia de calor total [Kcal/hr m<sup>2</sup> °C] ó [BTU/hr ft<sup>2</sup> °F]

A= Área en metros cuadrados ó en pies cuadrados.

DT= Temperatura cámara – temperatura ambiente.

$$Q_{\text{paredes}} = 0.025 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{hr}^\circ\text{C}} (184.5 \text{ m}^2) (4.44 - 35)^\circ\text{C} = -140.958 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -600 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{techo}} = 0.024 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{hr}^\circ\text{C}} (91 \text{ m}^2) (4.44 - 35)^\circ\text{C} = -66.743 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -264.857 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{Piso}} = 0.03 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{hr}^\circ\text{C}} (91 \text{ m}^2) (4.44 - 35)^\circ\text{C} = -83.4288 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -331.07 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$Q = -291.1298 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -1195.927 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = -6987.11 \frac{\text{Kcal}}{\text{día}} = \mathbf{-28702.24 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}}$$

## 2º Método

### “Ley Fourier”

$$\frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx}$$

Donde:

$q_x$ = es la velocidad de transferencia de calor en la dirección x en watt (w)

A= es el área de corte transversal normal a la dirección del flujo de calor (m<sup>2</sup>)

T= es la temperatura en K

K= es la conductividad térmica en W/m K en el sistema.

Datos:

Paredes laterales de 4 in de grosor de poliuretano, 6 in de poliuretano en el techo y 4 in de poliestireno en el piso.

$$T_1 = 4.44^\circ\text{C} = 40^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 35^\circ\text{C} = 95^\circ\text{F}$$

$$X_1 = 0 \text{ in} = 0 \text{ m}$$

$$X_2 = 4 \text{ in} = 0.1016 \text{ m}$$

$$K \text{ poliuretano} = (0.017 - 0.02) \text{ W/m K}; (0.015 - 0.017) \text{ Kcal/m hr } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{q_x}{A} = \frac{0.016 \frac{\text{Kcal}}{\text{m hr } ^\circ\text{C}}}{(0.1016 - 0) \text{ m}} (4.44 - 35) ^\circ\text{C} = -4.1826 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{ hr}}$$

$$Q_{\text{paredes}} = -4.1826 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{ hr}} (184.5 \text{ m}^2) = -887.9247 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -3523.56 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{Techo}} = \frac{0.016 \frac{\text{Kcal}}{\text{m hr } ^\circ\text{C}}}{(0.1524 - 0) \text{ m}} (4.44 - 35) ^\circ\text{C} (91 \text{ m}^2) = -291.9643 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{Piso}} = \frac{0.030 \frac{\text{Kcal}}{\text{m hr } ^\circ\text{C}}}{(0.1016 - 0) \text{ m}} (4.44 - 35) ^\circ\text{C} (91 \text{ m}^2) = -821.149 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$Q = -2001.038 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -7940.74 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = \mathbf{-190577.76 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}}$$

#### \* Carga del producto

El cálculo se hará para ocupar el 60% del volumen del frigorífico.

$$\dot{m} = 0.6 V_{\text{frigorífico}} \rho_{\text{mango}} = 0.6 (409.5 \text{ m}^3) \left( 960 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 255872 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 21666.8 \frac{\text{lbm}}{\text{hr}}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} C_{p_{\text{mango}}} (T_2 - T_1) = 21666.8 \frac{\text{lbm}}{\text{hr}} \left( 0.90 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm } ^\circ\text{F}} \right) (40 - 95) ^\circ\text{F} = -1072507 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$\dot{Q}_4 = -314.041 \text{ kW} = -270267.12 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -1072507 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = \mathbf{-25740168.85 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}}$$

### \* Calor de respiración

La ecuación para determinar el calor de respiración es:

$$Q = W \times \text{Carga de respiración}$$

Q = Btu que debe extraerse

W = Peso del producto en libras

$$Q = 21666.8 \frac{\text{lbm}}{\text{hr}} \times -0.030 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm} * \text{hr}} = -650 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

### \* Carga por infiltración de aire

La ecuación básica por infiltración

$$Q = \text{Volumen} \times \text{cambios de aire} \times \text{calor de infiltración}$$

1° método:

Si el Volumen del frigorífico es 11448.6023 ft<sup>3</sup>, se debe obtener por interpolación los cambios de aire promedio por 24 horas.

$$\text{Cambios de aire} = \frac{4.9 - 3.9}{10000 - 15000} (14461.2194 - 10000) + 4.9 = 4.0077$$

Ahora, se toma las ganancias en  $\frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3}$  de aire alimentado eliminado para condiciones de almacenaje arriba de 40°F.

Por tablas, el calor de infiltración es 2.62

$$\dot{Q} = 14461.21984 \text{ft}^3 \left( 4.0077 \frac{\text{cambios}}{\text{día}} \right) \left( 2.22 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3} \right) = -117174.4 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}$$

### 2° Método (comprobación)

Se puede utilizar la fórmula de gas ideal agregando un factor de compresibilidad en el caso que no se comporte idealmente el aire. Por lo tanto:

$$v = \frac{zRT}{P}$$

Donde:

$v$  = es volumen específico del aire

$z$  = factor de compresibilidad

$R$  = constante de los gases ideales

$T$  = Temperatura ambiente

$P$  = Presión

Si el volumen específico es el recíproco de la densidad, esto es:

$$v = \frac{V}{m}$$

Entonces la ecuación para calcular la masa es:

$$m = \frac{PV}{zRT}$$

Donde  $m$  es la masa del aire y  $V$  es el volumen a ocupar (volumen del frigorífico).

El dato que nos sirve del ejemplo anterior, son los cambios de aire:

$$V = 4.0077(14461.2144\text{ft}^3) = 57956.22 \text{ ft}^3$$

Para obtener el factor de compresibilidad, se debe obtener la presión reducida y la temperatura reducida.

$$P_{\text{red}} = \frac{P_{\text{sistema}}}{P_{\text{crítica}}} = \frac{14.696 \text{ psia}}{3209 \text{ psia}} = 0.0045$$

$$T_{\text{red}} = \frac{T_{\text{sistema}}}{T_{\text{crítica}}} = \frac{14.696 \text{ R}}{3209 \text{ R}} = 0.4174$$

Por la gráfica de factor de compresibilidad, se ve que  $Z=1$ . Entonces, la ecuación de gas real se ajusta perfectamente a una ideal:

$$m = \frac{PV}{RT} = \frac{(14.696 \text{ psia})(57956.22\text{ft}^3)}{\left(0.3704 \frac{\text{psia ft}^3}{\text{lbm R}}\right)(555\text{R})} = 4143.19367 \frac{\text{lbm}}{\text{día}}$$

$$n = 4143.1967 \frac{\text{lbm}}{\text{día}} \left( \frac{\text{lbmol}}{28.97\text{lbm}} \right) = 143.016 \frac{\text{lbmol}}{\text{día}}$$

Por la fórmula de calor sensible

$$\dot{Q} = \dot{m} \int_{T_1}^{T_2} C_{p_{\text{aire}}} dT = \dot{m} \int_{T_1}^{T_2} (a + bT + cT^2 + dT^3) dT$$

Donde las constantes del aire:  $a=6.713$ ;  $b=0.0209 \times 10^{-2}$ ;  $c=0.03540 \times 10^{-5}$ ;  $d= -0.08052 \times 10^{-9}$

$$\dot{Q} = 143.0168 \frac{\text{lbmol}}{\text{día}} \int_{555R}^{500R} (6.713 + 0.02609 \times 10^{-2}T + 0.0354 \times 10^{-5}T^2 - 0.08052 \times 10^{-9}T^3) dT$$

$$\dot{Q} = -54353.445 \frac{\text{Btu}}{\text{día}} = -2264.72 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}}$$

$$\dot{Q} = -4235.44 \frac{\text{Btu}}{\text{hr}} = -570.702 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} = -0.732 \text{ kW}$$

**\* Cargas varias**

Las cargas varias consisten principalmente del calor cedido por el alumbrado, los motores eléctricos que funcionan dentro del espacio y por las personas que están trabajando en el interior del cuarto. Los siguientes cálculos se hacen para obtener la ganancia de calor de fuentes varias:

$$\dot{Q}_{\text{Alumbrado}} = \text{Wattage} \times 3.42 \frac{\text{BTU}}{\text{Watt hr}} \times \frac{\text{hr de uso}}{\text{día}}$$

$$\dot{Q}_{\text{Alumbrado}} = 4 \text{ lamparas} \left( \frac{40 \text{ W}}{1 \text{ lampara}} \right) \times 3.42 \frac{\text{BTU}}{\text{Watt hr}} \times \left( \frac{24 \text{ hr}}{\text{día}} \right) = -13132.8 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}$$

$$\dot{Q}_{\text{Motores}} = \text{Potencia en caballos} \times \text{Factor (ver tablas)} \times \text{Horas de uso al día}$$

Nota: Los motores están afuera del frigorífico así que se despreciara este cálculo.

$\dot{Q}_{Personas} = \text{Número de personas} \times \text{Factor (ver tabla)} \times \text{horas al día}$

$$\dot{Q}_{Personas} = 1 \text{ persona} \times \left( -984 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \right) \times \left( 5 \frac{\text{hr}}{\text{día}} \right) = -4920 \frac{\text{Btu}}{\text{día}}$$

$$\text{SUB TOTAL} = -25904748 \frac{\text{BTU}}{\text{día}}$$

$$\text{TOTAL} = -31085697 \frac{\text{BTU}}{\text{día}} = -1295237.4 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

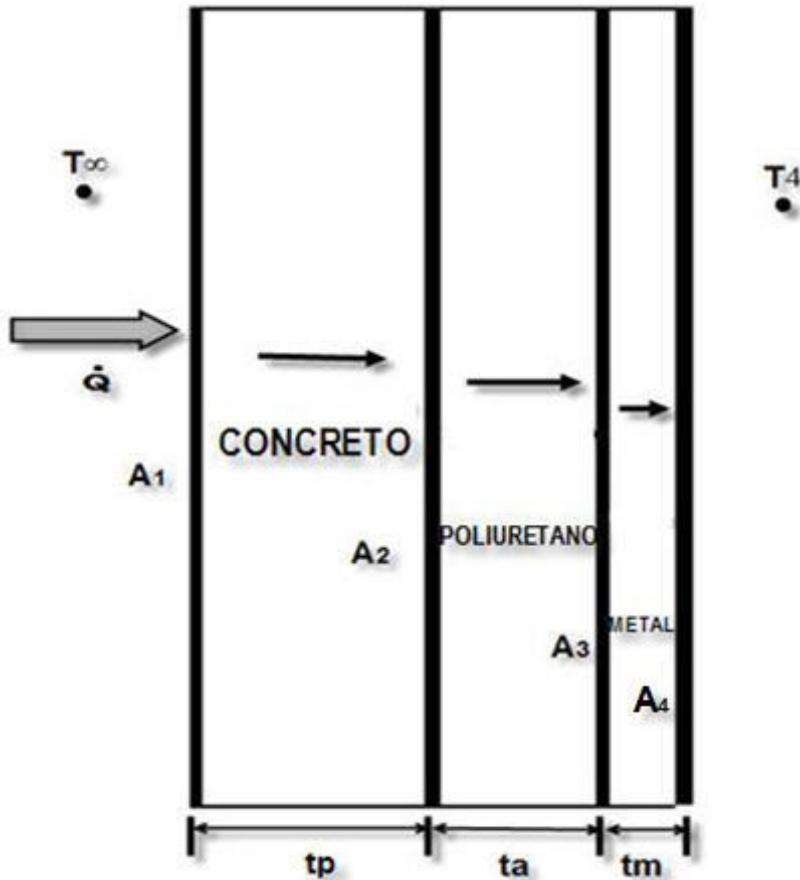
*CARGA TOTAL DE REFRIGERACIÓN = 107.9 ton de ref*



## CALCULO TERMICO PARA EL TANQUE DE SALMUERA

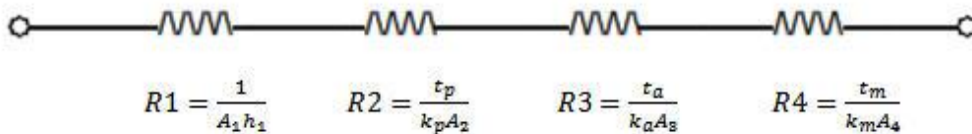
Se analizará el flujo de calor a través del depósito, comenzando por las paredes laterales, después se calculará el suelo y por último de la tapa que protege la salmuera.

En la siguiente figura se muestra la transferencia del flujo de calor a través del depósito:



Transferencia de calor en las paredes laterales.

Por lo que podemos distinguir 1 convección y 3 conducciones, de manera que podemos expresar la ecuación general de calor, realizando una analogía con la Ley de Ohm:



$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (1)$$

Por lo que de acuerdo con la ecuación:

$$q = \frac{\Delta T}{R_t} \quad (2)$$

La ecuación final queda de la siguiente manera:

$$q = \frac{T_\infty - T_4}{\frac{1}{A_1 h_1} + \frac{t_p}{k_p A_2} + \frac{t_a}{k_a A_3} + \frac{t_m}{k_m A_4}} \quad (3)$$

Donde:

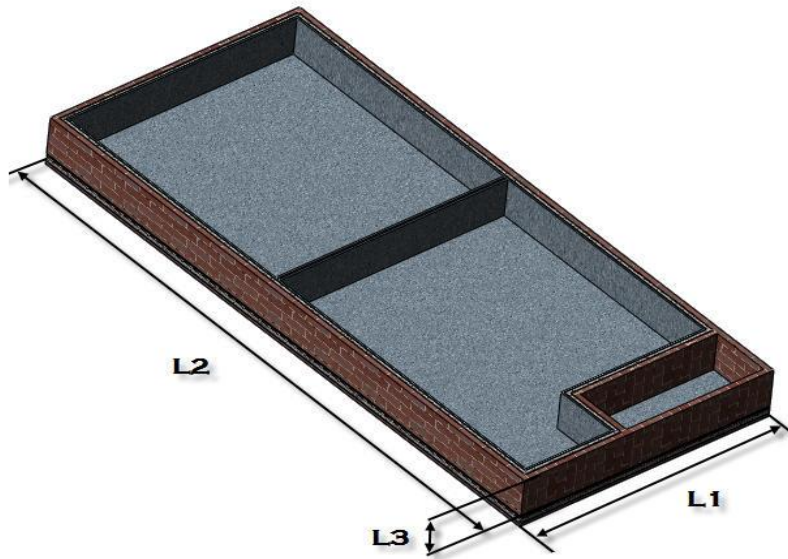
$$A_1 = L_2 L_3$$

$$A_2 = (L_2 - 2t_p)(L_3)$$

$$A_3 = (L_2 - 2(t_p + t_a))(L_3)$$

$$A_4 = (L_2 - 2(t_p + t_m + t_a))(L_3)$$

Ecuación que utilizaremos para obtener el calor en las paredes laterales del depósito.



**Dimensiones del Contenedor de Salmuera**

De donde:

$T_\infty$  = Temperatura crítica del ambiente.

$T_4$  = Temperatura en el interior del depósito.

$h_1$  = Coeficiente de convección.

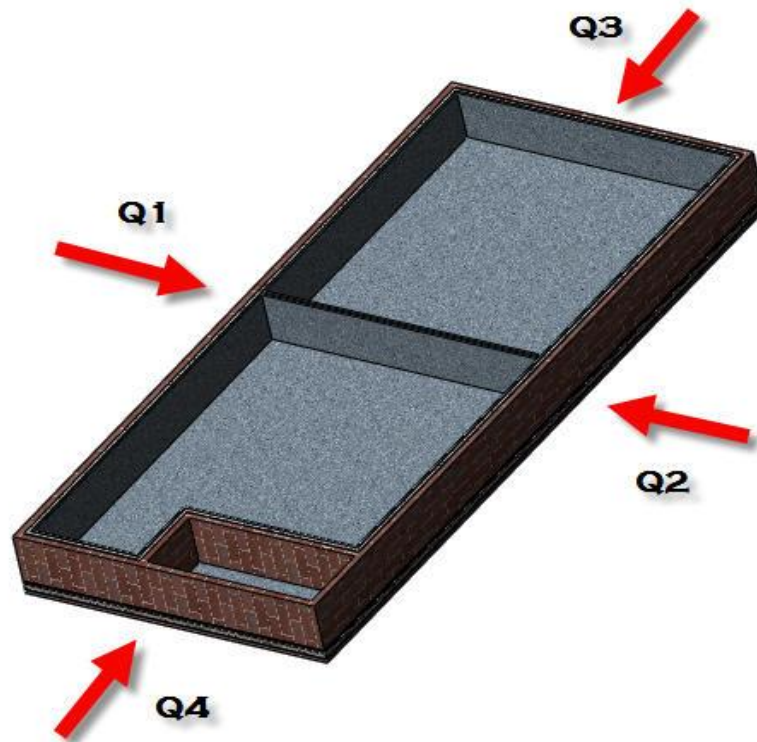
$t_p$  =Espesor del concreto.

$t_a$  =Espesor del poliuretano.

$t_m$  =Espesor del metal.

$L_1, L_2$  y  $L_3$  = Medidas del contenedor (mostradas en la figura 12).

De manera que se denominará  $Q_1, Q_2, Q_3$  y  $Q_4$  a la transferencia de calor que ocurre en las paredes laterales y están mostrados en la siguiente figura tridimensional:



Vista tridimensional del contenedor mostrando de la transferencia de calor en las paredes laterales.

Por lo tanto podemos saber que:

$$Q_1 = Q_2 \quad (4)$$

$$Q_1 = Q_2 = \frac{T_{\infty} - T_4}{\frac{1}{A_1 h_1} + \frac{t_p}{k_p A_2} + \frac{t_a}{k_a A_3} + \frac{t_m}{k_m A_4}} \quad (5)$$

Análogamente a Q1 y Q2 tenemos que:

$$Q3 = Q4 \quad (6)$$

$$Q3 = Q4 = \frac{T_{\infty} - T4}{\frac{1}{A5h1} + \frac{tp}{kpA6} + \frac{ta}{kaA7} + \frac{tm}{kmA8}} \quad (7)$$

Donde:

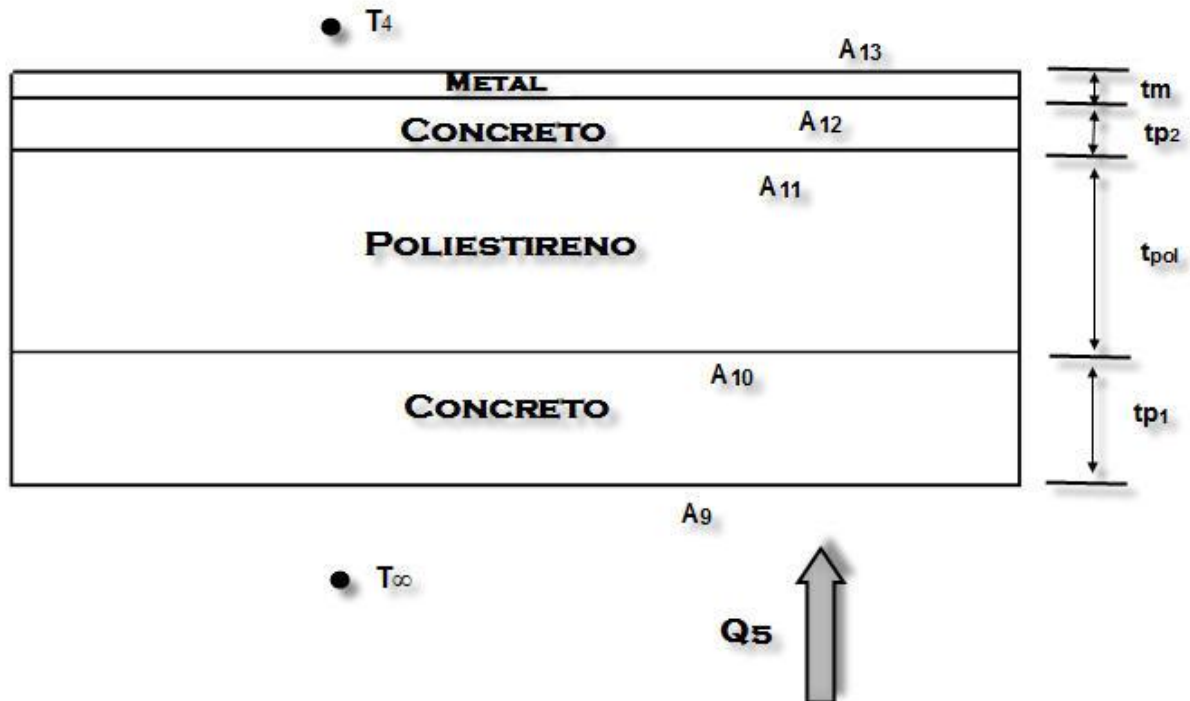
$$A5 = L1L3$$

$$A6 = (L1 - 2tp)(L3)$$

$$A7 = (L1 - 2(tp + ta))(L3)$$

$$A8 = (L1 - 2(tp + tm + ta))(L3)$$

Para calcular el calor transferido a través del suelo, debe considerarse el siguiente arreglo:

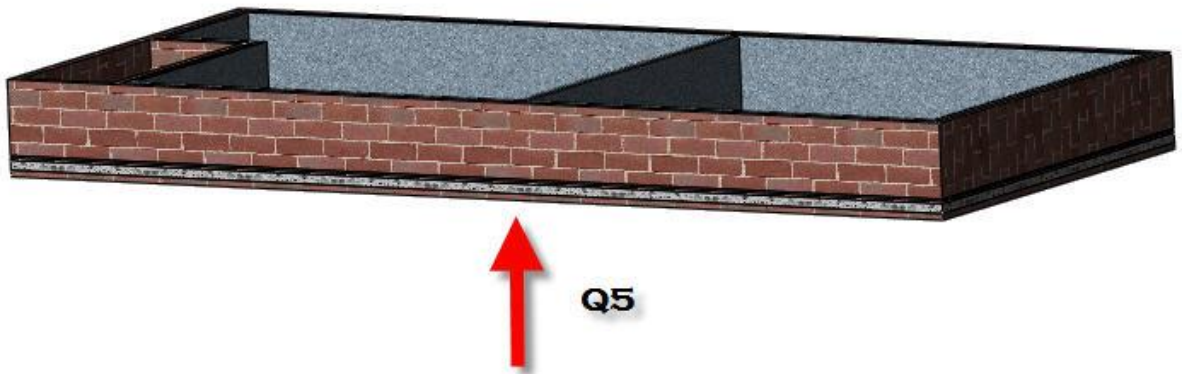


Transferencia de calor a través del piso del contenedor.

Este flujo de calor se calcula a partir de la ecuación:

$$Q_5 = \frac{T_{\infty} - T_4}{\frac{1}{A_9 h_2} + \frac{tp_1}{k_p A_{10}} + \frac{tpol}{k_{pol} A_{11}} + \frac{tp_2}{k_p A_{12}} + \frac{tm}{k_m A_{13}}} \quad (8)$$

De forma tridimensional:



Vista tridimensional de Transferencia de calor en el piso del contenedor

Donde:

$$A_9 = L_1 L_2$$

$$A_{10} = (L_1 - 2tp_1)(L_2 - 2tp_1)$$

$$A_{11} = (L_1 - 2(tp_1 + tpol))(L_2 - 2(tp_1 + tpol))$$

$$A_{12} = (L_1 - 2(tp_1 + tpol + tp_2))(L_2 - 2(tp_1 + tpol + tp_2))$$

$$A_{13} = (L_1 - 2(tp_1 + tpol + tp_2 + tm))(L_2 - 2(tp_1 + tpol + tp_2 + tm))$$

**De donde:**

**$T_{\infty}$  = Temperatura crítica del ambiente.**

**$T_4$  = Temperatura en el interior del depósito.**

**$h_2$  = Coeficiente de convección.**

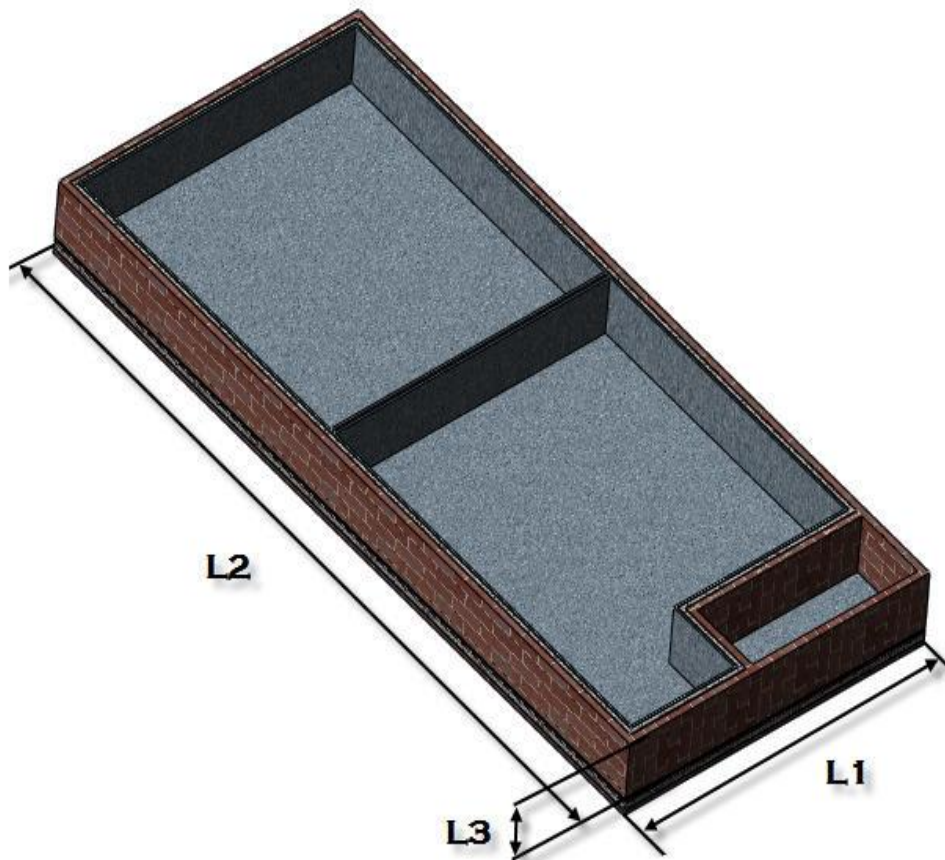
**$tp_1$  = Primer espesor de concreto.**

**$tpol$  = Espesor del poliestireno.**

**$tp_2$  = Segundo espesor de concreto.**

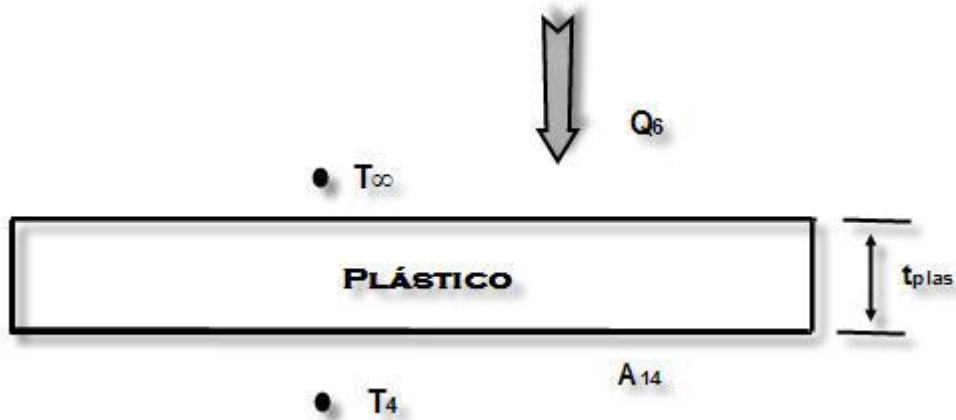
**$t_m$  = Espesor del metal.**

**$L_1, L_2$  y  $L_3$  = Medidas del contenedor (mostradas en la figura 16).**



**Longitudes del Contenedor**

Por otra parte se realizará el cálculo del calor a través de la tapa ejemplificado con la siguiente figura:

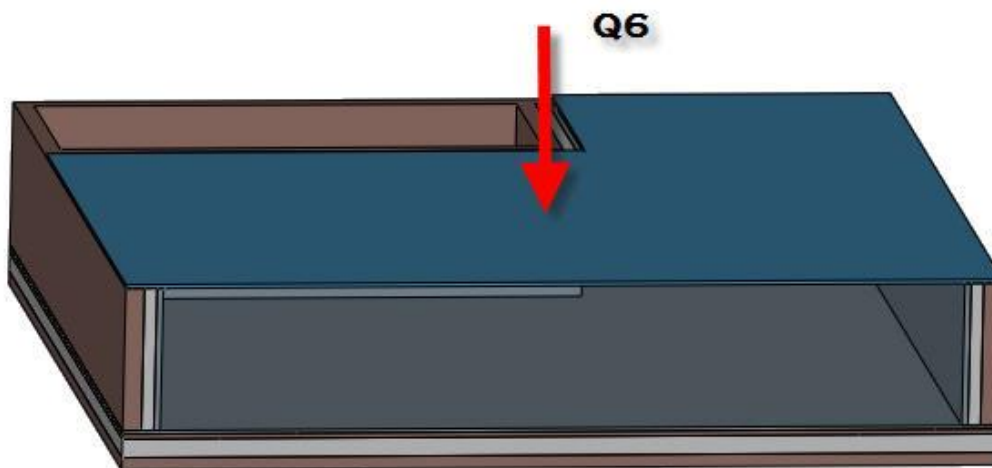


Transferencia de calor en la tapa del contenedor

Y el cálculo del calor debe realizarse a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_6 = \frac{T_\infty - T_4}{\left[ \frac{1}{A_{14}h} + \frac{t_{plas}}{k_{plas}A_{14}} \right]} \quad (9)$$

De forma tridimensional y con una vista de sección:



Vista tridimensional de sección de la transferencia de calor en la tapa del contenedor.

Posteriormente se analiza el calor que será extraído en el agua de los bloques y en la salmuera:

Para el agua:

El calor sensible debe calcularse con la ecuación:

$$q_{sen1} = m_{agua} C_{p_{agua}} (T_{\infty} - 0^{\circ}C)$$

Por lo que la ecuación final queda:

$$q_{sen1} = m_{agua} C_{p_{agua}} (T_{\infty}) \quad (10)$$

Para el cálculo del calor latente puede utilizarse la siguiente ecuación:

$$q_{lat1} = m_{agua} \Delta_{fg} \quad (11)$$

El calor sensible debajo del punto de congelación debe calcularse con la ayuda de la expresión:

$$q_{sen2} = m_{agua} C_{p_{hielo}} (0^{\circ}C - T_2)$$

Por lo que la ecuación final queda

$$q_{sen2} = m_{agua} C_{p_{hielo}} (-T_2) \quad (12)$$

Para la salmuera:

El calor sensible que debe extraerse a la salmuera se calcula a través de la ecuación:

$$q_{sen3} = m_{salmuera} C_{p_{salmuera}} (T_{\infty} - T_4) \quad (13)$$

**De Donde:**

$m_{agua}$ = Flujo másico del agua.

$C_{p_{agua}}$ = Calor específico del agua.

$T_{\infty}$  = Temperatura crítica del ambiente.

$\Delta_{fg}$ = Entalpia de fusión del agua.

$C_{p_{hielo}}$ = Calor específico del hielo.

$T_2$  = Temperatura del hielo.



msalmuera= Flujo másico de la salmuera.

Cpsalmuera= Calor específico de la salmuera.

T4 = Temperatura en el interior del depósito.

Ahora se procederá a calcular numéricamente los calores, con el uso de las fórmulas antes planteadas.

Como primer paso para obtener los calores, empezaremos calculando todos los coeficientes necesarios.

Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor por convección.

Ahora calcularemos los factores de convección h1 y h2:

Datos:

$$x = 1.15 \text{ [m]}$$

$$T_{\infty} = 40 [^{\circ}\text{C}]$$

$$T_4 = -10 [^{\circ}\text{C}]$$

$$P_1 = 101.33 \text{ [kPa]}$$

$$g = 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

Se determina una temperatura media para establecer las propiedades del agua.

$$T = \frac{T_p + T_o}{2} = \frac{40 + (-10)}{2} = \frac{30}{2} = 15^{\circ}\text{C}$$

Utilizando el software EES proporcionado en el libro de termodinámica de Cengel, se encuentran las siguientes propiedades:

$$\rho = 998.66 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu = 1.1391 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

$$k = 0.5939 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$C_p = 4.1869 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$Pr = 8.0331$$

Se calculan los parámetros adimensionales de Grashoff y el Raleigh con las ecuaciones:

$$Gr = \frac{\rho^2 g \beta (T_{\infty} - T_4) x^3}{\mu^2} \quad (14)$$

Donde g es la gravedad,  $\beta$  es el coeficiente de temperatura y x es la profundidad del tanque.

$$Gr = 1.9909 \times 10^{12}$$

Por definición:

$$Ra = Gr \cdot Pr$$

Sustituyendo valores:

$$Ra = 1.5992 \times 10^{13}$$

Se calcula el número de Nusselt a partir de la ecuación empírica:

$$Nu = c Ra^m$$

$$Nu = 2519.43$$

Donde c y m son coeficientes.

Con este valor se calcula h1 y h2:

$$h1 = h2 = \frac{NuK}{x}$$

$$h1 = h2 = 1277 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$$

Se calcula el calor que pasa a través de las paredes con la ecuación:

$$Q1 = Q2 = \frac{T_{\infty} - T_4}{\left[ \frac{1}{A1h1} + \frac{tp}{kpA2} + \frac{ta}{kaA3} + \frac{tm}{kmA4} \right]}$$

$$Q1 = Q2 = 0.0778 \text{ KW}$$

$$Q3 = Q4 = \frac{T_{\infty} - T_4}{\left[ \frac{1}{A5h1} + \frac{tp}{kpA6} + \frac{ta}{kaA7} + \frac{tm}{kmA8} \right]}$$

$$Q3 = Q4 = 0.0636 \text{ KW}$$

**El calor transferido a través del piso:**

$$Q5 = \frac{T_{\infty} - T4}{\left[ \frac{1}{A9h2} + \frac{tp_1}{kpA10} + \frac{tpol}{kpolA11} + \frac{tp_2}{kpA12} + \frac{tm}{kmA13} \right]}$$

$$Q5 = 0.6557 \text{ KW}$$

**El calor transferido a través de la tapa:**

$$Q6 = \frac{T_{\infty} - T4}{\left[ \frac{1}{A14h} + \frac{tplas}{kplasA14} \right]}$$

$$Q6 = 2.4702 \text{ KW}$$

**Se calcula el calor que debe ser extraído del agua y de la salmuera:**

**Para el agua:**

**Calor sensible arriba del punto de congelación:**

$$q_{sen1} = m_{\text{agua}} C_{p_{\text{agua}}} (T_{\infty})$$

$$q_{sen1} = 48.75 \text{ KW}$$

**Calor latente de congelación:**

$$q_{lat1} = m_{\text{agua}} \square_{fg}$$

$$q_{lat1} = 97.67 \text{ KW}$$

**Calor sensible abajo del punto de congelación:**

$$q_{sen2} = m_{\text{agua}} C_{p_{\text{hielo}}} (T2)$$

$$q_{sen2} = 2.46 \text{ KW}$$

**Para la salmuera:**

**Únicamente se calcula el calor sensible ya que la salmuera permanece en una sola fase:**

$$q_{sen3} = m_{\text{salmuera}} C_{p_{\text{salmuera}}} (T_{\infty} - T4)$$

$$q_{sen3} = 11.60 \text{ KW}$$

$$\text{CARGA TOTAL} = 160.48 \text{ KW}$$

# **CAPITULO 5**

## **Anexo A**

# **Propiedades Térmicas**

**TABLA A-1**

Propiedades del aire a presión atmosférica.

Los valores de  $\mu$ ,  $\kappa$ ,  $C_p$ ,  $Pr$  dependen poco de la presión y se pueden utilizar en un intervalo bastante amplio de presiones

<b>T,</b> <b>K</b>	<b><math>\rho</math>,</b> <b>kg / m<sup>3</sup></b>	<b><math>C_p</math>,</b> <b>KJ / kg °C</b>	<b><math>\mu \times 10^5</math>,</b> <b>kg / m s</b>	<b><math>\nu \times 10^5</math>,</b> <b>m<sup>2</sup> / s</b>	<b><math>\kappa</math>,</b> <b>W / m °C</b>	<b><math>\alpha \times 10^4</math>,</b> <b>m<sup>2</sup> / s</b>	<b>Pr</b>
100	3,525	1,398	69,270	19,650	0,009773	0,02501	0,9911
150	2,351	0,9433	1,0460	44,490	0,01394	0,05745	0,7077
200	1,764	0,9883	1,3470	76,380	0,01798	0,10165	0,7406
250	1,411	1,005	1,6150	1,1440	0,02188	0,13161	0,7414
300	1,176	1,007	1,8580	1,5800	0,02566	0,2216	0,729
350	1,008	1,008	2,0830	2,0660	0,02931	0,2983	0,7161
400	0,8822	1,012	2,2930	2,5980	0,03284	0,376	0,7062
450	0,7843	1,019	2,4900	3,1750	0,03626	0,4222	0,6995
500	0,7058	1,028	2,6770	3,7920	0,03956	0,5564	0,6956
550	0,6417	1,039	2,8550	4,4490	0,04275	0,6532	0,6938
600	0,5882	1,051	3,0250	5,1420	0,04583	0,7512	0,6935
650	0,543	1,063	3,1880	5,8710	0,04881	0,8578	0,6942
700	0,5042	1,075	3,3450	6,6330	0,05169	0,9672	0,6956
750	0,4706	1,087	3,4960	7,4280	0,05447	1,0774	0,6976
800	0,4412	1,099	3,6410	8,2530	0,05716	1,1951	0,6999
850	0,4153	1,11	3,7820	9,1090	0,05977	1,3097	0,7025
900	0,3922	1,121	3,9190	9,9930	0,06228	1,4271	0,7052
950	0,3716	1,131	4,0520	0,10900	0,06471	1,551	0,7079
1000	0,353	1,14	4,1810	0,11840	0,06707	1,6779	0,7108
1100	0,3209	1,158	4,4280	0,13800	0,07155	1,969	0,7165
1200	0,2942	1,173	4,6620	0,15850	0,07576	2,251	0,722
1300	0,2715	1,187	4,8850	0,17990	0,07973	2,583	0,7274
1400	0,2521	1,199	5,0990	0,20220	0,08347	2,92	0,7325
1500	0,2353	1,21	5,3020	0,22530	0,08703	3,262	0,7372
1600	0,2206	1,22	5,4980	0,24920	0,09042	3,609	0,7416
1700	0,2076	1,228	5,6850	0,27380	0,09368	3,977	0,7454
1800	0,1961	1,236	5,8650	0,29910	0,09683	4,379	0,7486
1900	0,1858	1,243	6,0380	0,32500	0,0999	4,811	0,7512
2000	0,1765	1,249	6,2050	0,35150	0,1029	5,26	0,7531
2100	0,1681	1,255	6,3650	0,37870	0,1059	5,715	0,7541
2200	0,1605	1,26	6,5200	0,40630	0,1089	6,12	0,7543
2300	0,1535	1,265	6,6690	0,43450	0,1119	6,54	0,7536
2400	0,1471	1,269	6,8140	0,46320	0,115	7,02	0,7519
2500	0,1412	1,274	6,9530	0,49240	0,1182	7,441	0,749

**TABLA A-2**

Propiedades del agua a presión atmosférica.

Los valores de  $\mu$ ,  $\kappa$ ,  $C_p$ ,  $Pr$  dependen poco de la presión y se pueden utilizar en un intervalo bastante amplio de presiones

<b>T,</b> <b>K</b>	<b><math>\rho</math>,</b> <b>kg / m<sup>3</sup></b>	<b><math>C_p</math>,</b> <b>KJ / kg °C</b>	<b><math>\mu \times 10^3</math>,</b> <b>kg / m s</b>	<b><math>\nu \times 10^6</math>,</b> <b>m<sup>2</sup> / s</b>	<b><math>\kappa</math>,</b> <b>W / m °C</b>	<b>Pr</b>
273	1000	4,228	1,7930	1,7930	0,5475	13,84
274	1000	4,221	1,7320	1,7320	0,5496	13,3
275	1000	4,214	1,6740	1,6740	0,5516	12,79
276	1000	4,208	1,6200	1,6200	0,5536	12,31
277	1000	4,204	1,5680	1,5680	0,5556	11,86
278	1000	4,2	1,5190	1,5190	0,5576	11,44
279	1000	4,196	1,4720	1,4720	0,5596	11,04
280	1000	4,194	1,4280	1,4280	0,5616	10,66
281	1000	4,191	1,3850	1,3860	0,5635	10,3
282	1000	4,189	1,3450	1,3450	0,5655	9,964
283	999,7	4,188	1,3070	1,3070	0,5674	9,642
284	999,6	4,187	1,2700	1,2700	0,5694	9,336
285	999,5	4,186	1,2350	1,2350	0,5713	9,045
286	999,4	4,185	1,2010	1,2020	0,5732	8,769
287	999,3	4,184	1,1690	1,1700	0,5751	8,505
288	999,1	4,184	1,1380	1,1390	0,577	8,253
289	999	4,183	1,1090	1,1100	0,5788	8,013
290	998,8	4,183	1,0800	1,0820	0,5806	7,783
291	998,6	4,183	1,0530	1,0550	0,5825	7,564
292	998,4	4,183	1,0270	1,0290	0,5843	7,353
293	998,2	4,183	1,0020	1,0040	0,5861	7,152
294	998	4,183	0,97800	0,98000	0,5879	6,959
295	997,8	4,183	0,95490	0,95700	0,5896	6,774
296	997,6	4,183	0,93260	0,93490	0,5913	6,597
297	997,3	4,183	0,91120	0,91360	0,5931	6,427
298	997,1	4,183	0,89050	0,89310	0,5948	6,263
299	996,8	4,183	0,87060	0,87340	0,5964	6,106
300	996,5	4,183	0,85140	0,85440	0,5981	5,955
301	996,2	4,183	0,83290	0,83600	0,5998	5,809
302	996	4,183	0,81500	0,81830	0,6014	5,669
303	995,7	4,183	0,79770	0,80120	0,603	5,534
304	995,3	4,183	0,78100	0,78470	0,6046	5,404
305	995	4,183	0,76490	0,76870	0,6061	5,279

T, K	$\rho$ , kg / m <sup>3</sup>	Cp, KJ / kg °C	$\mu \times 10^4$ , kg / m s	$\nu \times 10^7$ , m <sup>2</sup> / s	$\kappa$ , W / m °C	Pr
306	994,7	4,183	7,4930	7,5330	0,6077	5,158
307	994,4	4,183	7,3420	7,3840	0,6092	5,042
308	994	4,183	7,1960	7,2400	0,6107	4,929
309	993,7	4,183	7,0550	7,1000	0,6121	4,821
310	993,3	4,183	6,9180	6,9650	0,6136	4,716
311	993	4,182	6,7860	6,8340	0,615	4,615
312	992,6	4,182	6,6570	6,7070	0,6164	4,517
313	992,2	4,182	6,5330	6,5840	0,6178	4,422
314	991,8	4,182	6,4120	6,4650	0,6192	4,331
315	991,4	4,182	6,2950	6,3490	0,6205	4,242
316	991	4,182	6,1810	6,2370	0,6218	4,157
317	990,6	4,182	6,0700	6,1280	0,6231	4,074
318	990,2	4,182	5,9630	6,0220	0,6244	3,994
319	989,8	4,182	5,8590	5,9190	0,6257	3,916
320	989,4	4,182	5,7580	5,8200	0,6269	3,841
321	988,9	4,182	5,6590	5,7230	0,6281	3,768
322	988,5	4,181	5,5640	5,6290	0,6293	3,697
323	988	4,181	5,4710	5,5370	0,6305	3,628
324	987,6	4,181	5,3800	5,4480	0,6316	3,562
325	987,1	4,182	5,2920	5,3610	0,6327	3,497
326	986,6	4,182	5,2060	5,2770	0,6338	3,435
327	986,2	4,182	5,1230	5,1950	0,6349	3,374
328	985,7	4,182	5,0420	5,1150	0,636	3,315
329	985,2	4,182	4,9630	5,0370	0,637	3,258
330	984,7	4,182	4,8860	4,9610	0,638	3,202
331	984,2	4,182	4,8100	4,8880	0,639	3,148
332	983,7	4,182	4,7370	4,8160	0,64	3,096
333	983,2	4,183	4,6660	4,7460	0,641	3,045
334	982,7	4,183	4,5960	4,6770	0,6419	2,995
335	982,2	4,183	4,5280	4,6110	0,6428	2,947
336	981,6	4,184	4,4620	4,5460	0,6437	2,9
337	981,1	4,184	4,3970	4,4820	0,6446	2,854
338	980,6	4,184	4,3340	4,4200	0,6455	2,81
339	980	4,185	4,2730	4,3600	0,6463	2,767
340	979,5	4,185	4,2130	4,3010	0,6471	2,724



T, K	$\rho$ , kg / m <sup>3</sup>	Cp, KJ / kg °C	$\mu \times 10^4$ , kg / m s	$\nu \times 10^7$ , m <sup>2</sup> / s	$\kappa$ , W / m °C	Pr
341	978,9	4,186	4,1540	4,2430	0,6479	2,683
342	978,3	4,186	4,0970	4,1870	0,6487	2,644
343	977,8	4,187	4,0400	4,1320	0,6495	2,605
344	977,2	4,187	3,9860	4,0790	0,6502	2,567
345	976,6	4,188	3,9320	4,0260	0,651	2,53
346	976	4,189	3,8800	3,9750	0,6517	2,494
347	975,5	4,189	3,8290	3,9250	0,6524	2,459
348	974,9	4,19	3,7790	3,8760	0,6531	2,425
349	974,3	4,191	3,7300	3,8290	0,6537	2,391
350	973,7	4,192	3,6820	3,7820	0,6544	2,359
351	973,1	4,192	3,6350	3,7360	0,655	2,327
352	972,4	4,193	3,5900	3,6910	0,6556	2,296
353	971,8	4,194	3,5450	3,6480	0,6562	2,266
354	971,2	4,195	3,5010	3,6050	0,6568	2,236
355	970,6	4,196	3,4580	3,5630	0,6573	2,207
356	969,9	4,197	3,4160	3,5220	0,6579	2,179
357	969,3	4,198	3,3750	3,4820	0,6584	2,152
358	968,6	4,199	3,3350	3,4430	0,6589	2,125
359	968	4,2	3,2950	3,4040	0,6594	2,099
360	967,3	4,201	3,2570	3,3670	0,6599	2,073
361	966,7	4,202	3,2190	3,3300	0,6604	2,048
362	966	4,203	3,1820	3,2940	0,6609	2,024
363	965,3	4,204	3,1450	3,2580	0,6613	2
364	964,7	4,205	3,1100	3,2240	0,6618	1,976
365	964	4,207	3,0750	3,1900	0,6622	1,953
366	963,3	4,208	3,0410	3,1560	0,6626	1,931
367	962,6	4,209	3,0070	3,1240	0,663	1,909
368	961,9	4,21	2,9740	3,0920	0,6634	1,888
369	961,2	4,212	2,9420	3,0600	0,6637	1,867
370	960,5	4,213	2,9100	3,0300	0,6641	1,846
371	959,8	4,214	2,8790	2,9990	0,6644	1,826
372	959,1	4,216	2,8480	2,9700	0,6647	1,806
373	958,4	4,217	2,8190	2,9410	0,6651	1,787

**TABLA A-3**

Propiedades del hielo a presión atmosférica.

Los valores de  $C_p$  dependen poco de la presión y se pueden utilizar en un intervalo bastante amplio de presiones

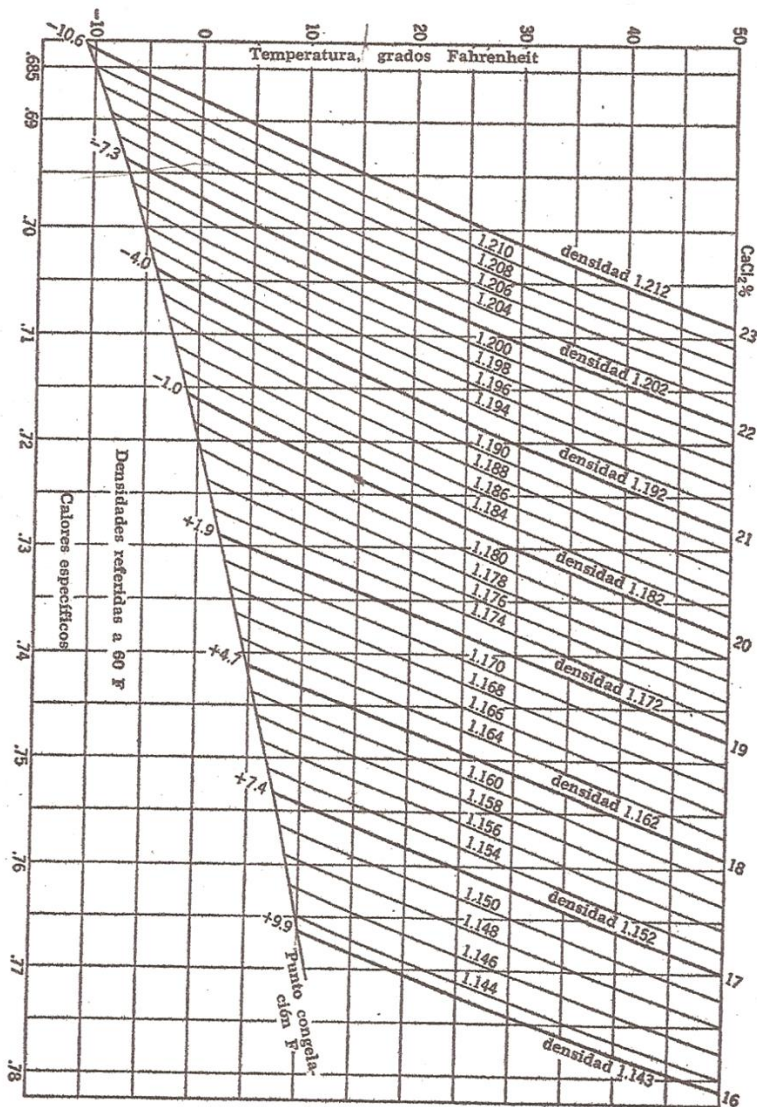
<b>T, K</b>	<b><math>\rho</math>, kg / m<sup>3</sup></b>	<b><math>C_p</math>, KJ / kg °C</b>	<b><math>\kappa</math>, W / m °C</b>
273	1000	2,162	0,5475
272	916,8	2,15	2,094
271	917,0	2,139	2,097
270	917,1	2,128	2,101
269	917,3	2,117	2,104
268	917,4	2,106	2,108
267	917,6	2,096	2,111
266	917,7	2,086	2,115
265	917,9	2,076	2,118
264	918,0	2,066	2,122
263	918,1	2,056	2,125
262	918,3	2,047	2,129
261	918,4	2,038	2,133
260	918,6	2,028	2,136
259	918,7	2,019	2,14
258	918,9	2,01	2,143
257	919,0	2,001	2,147
256	919,1	1,993	2,15
255	919,3	1,984	2,154
254	919,4	1,975	2,157
253	919,5	1,967	2,161
252	919,7	1,949	2,165
251	919,8	1,941	2,168
250	920,0	1,934	2,172
249	920,1	1,926	2,175
248	920,2	1,919	2,179
247	920,4	1,912	2,182
246	920,5	1,904	2,186
245	920,6	1,897	2,189
244	920,8	1,889	2,193
243	920,9	1,882	2,197
242	921,0	1,874	2,2
241	921,2	1,867	2,204
240	921,3	1,86	2,207

<b>T, K</b>	<b><math>\rho</math>, kg / m<sup>3</sup></b>	<b>C<sub>p</sub>, KJ / kg °C</b>	<b><math>\kappa</math>, W / m °C</b>
239	921,4	1,852	2,211
238	921,6	1,845	2,214
237	921,7	1,838	2,218
236	921,8	1,83	2,221
235	921,9	1,823	2,225
234	922,1	1,816	2,229
233	922,2	1,808	2,232
232	922,3	1,801	2,236
231	922,4	1,794	2,239
230	922,6	1,786	2,243
229	922,7	1,779	2,246
228	922,8	1,772	2,25
227	922,9	1,764	2,253
226	923,1	1,757	2,257
225	923,2	1,75	2,261
224	923,3	1,742	2,264
223	923,4	1,735	2,268
222	923,5	1,728	2,271
221	923,7	1,721	2,275
220	923,8	1,713	2,278
219	923,9	1,706	2,282
218	924	1,699	2,285
217	924,1	1,692	2,289
216	924,2	1,684	2,292
215	924,4	1,677	2,296
214	924,5	1,67	2,3
213	924,6	1,663	2,303
212	924,7	1,656	2,307
211	924,8	1,648	2,31
210	924,9	1,641	2,314
209	925	1,634	2,317
208	925,2	1,627	2,321
207	925,3	1,62	2,324
206	925,4	1,612	2,328
205	925,5	1,605	2,332
204	925,6	1,598	2,335
203	925,7	1,591	2,339
202	925,8	1,584	2,342
201	925,9	1,577	2,346
200	926	1,57	2,349

**TABLA A-3**

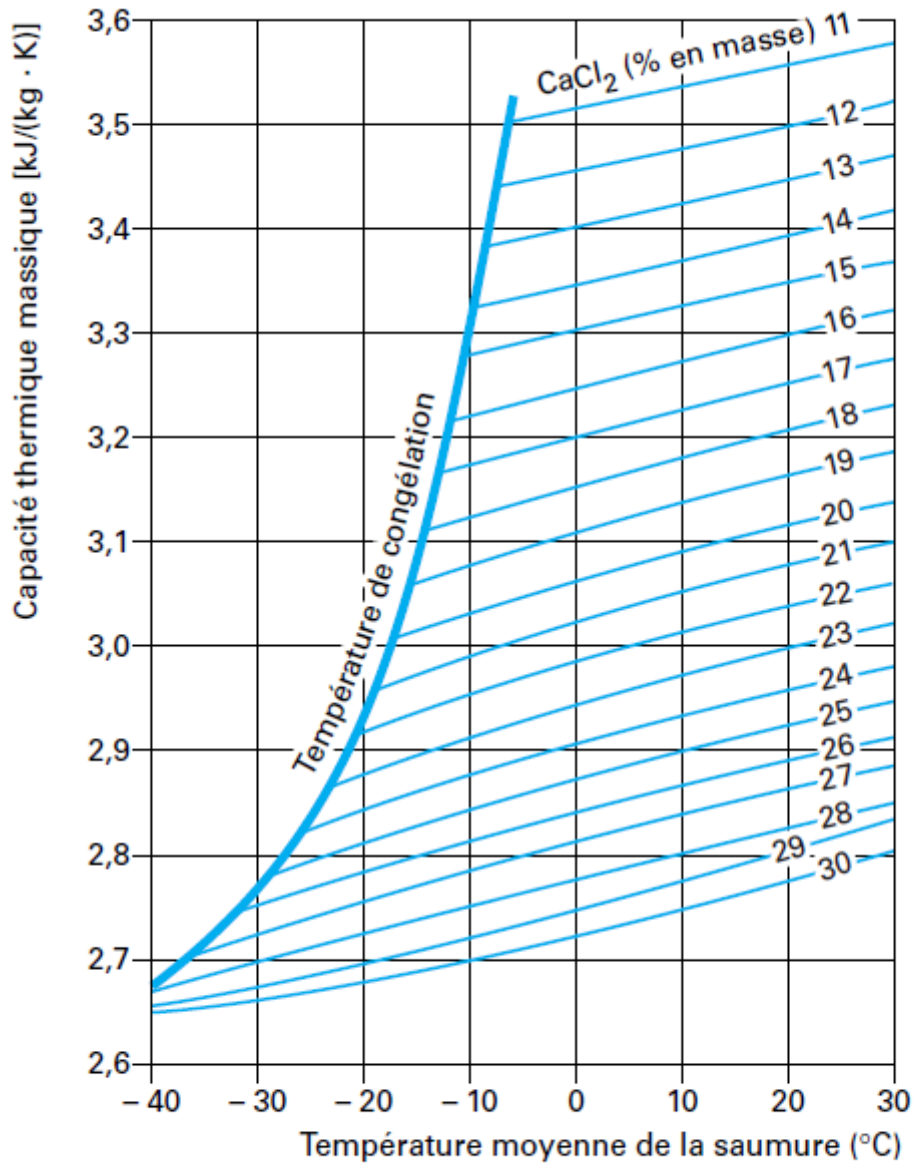
Propiedades de la Salmuera Cloruro de Calcio a presión atmosférica.

No se encontraron tablas precisas donde aparezcan las propiedades térmicas descritas en función de la temperatura, ni pudieron ser calculadas con el software EES, pero si se encontraron graficas de las que se pueden extraer dichas propiedades.



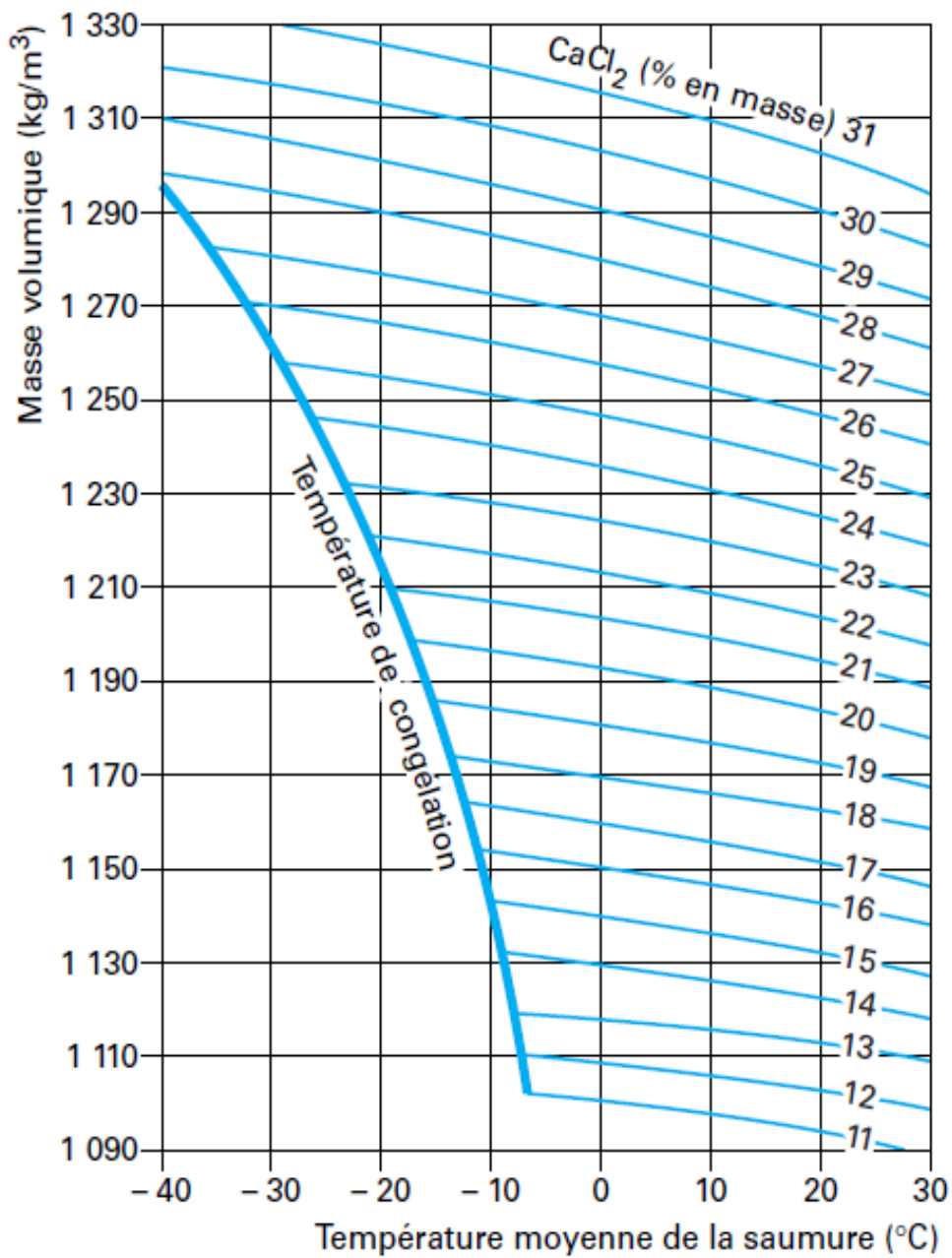
*Fig. A-3.1) Calores específicos y puntos de congelación de salmuera (cloruro de calcio) para varias concentraciones de peso*

Los datos de la gráfica anterior fueron comparados con los datos obtenidos de una publicación francesa de fluidos frigoportores donde se obtuvieron las siguientes graficas y se encuentran en el sistema de unidades internacionales para su fácil manejo de ellas y una eficaz interpretación.



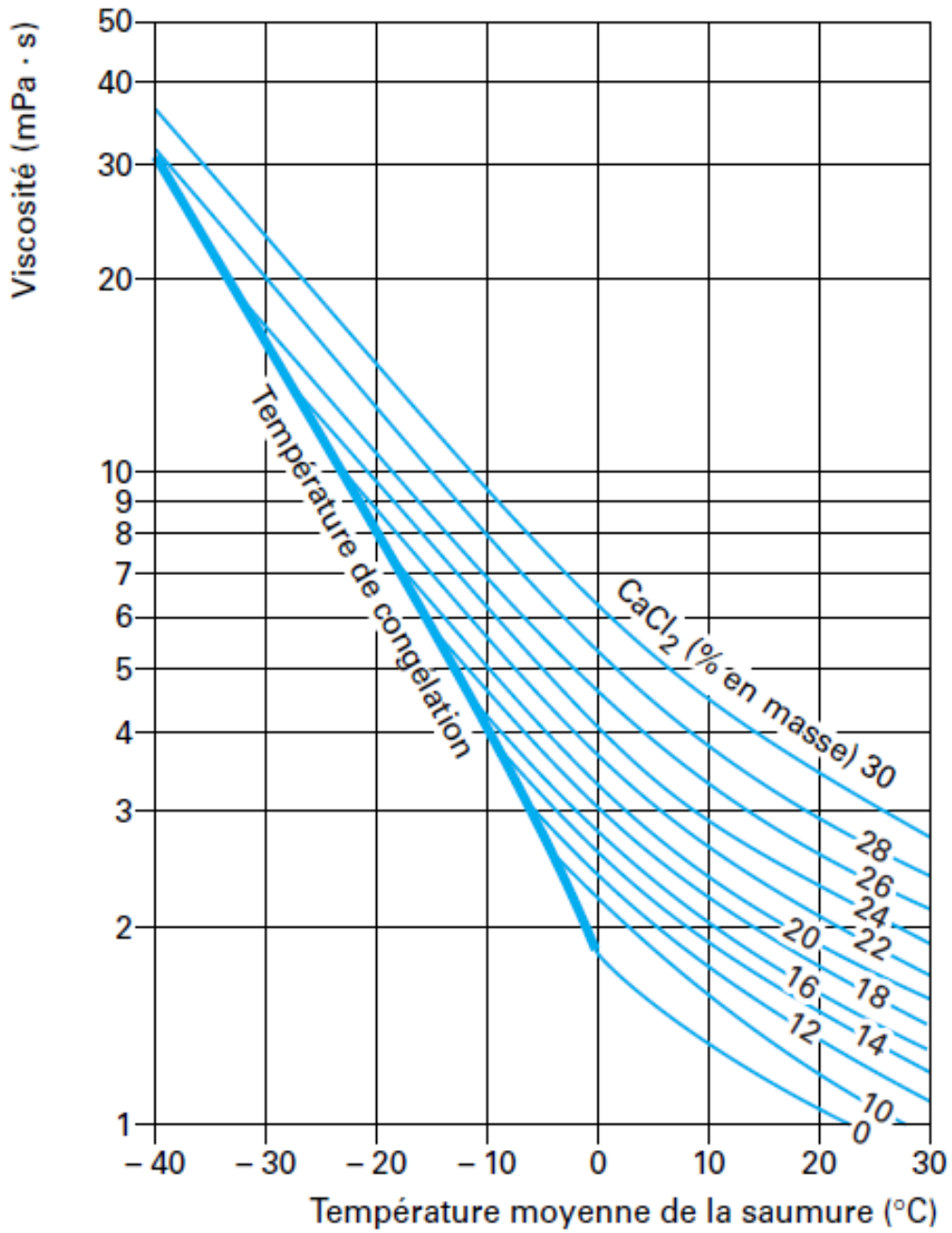
Ⓐ capacidad térmica específica de las salmueras a base de cloruro de calcio

Fig. A-3.2) Capacidad térmica de la salmuera (cloruro de calcio) a diferentes temperaturas y para varias concentraciones de peso



**(b) masse volumique des saumures à base de chlorure de calcium**

*Fig. A-3.2) Densidad de la salmuera (cloruro de calcio) a diferentes temperaturas y para varias concentraciones de peso*



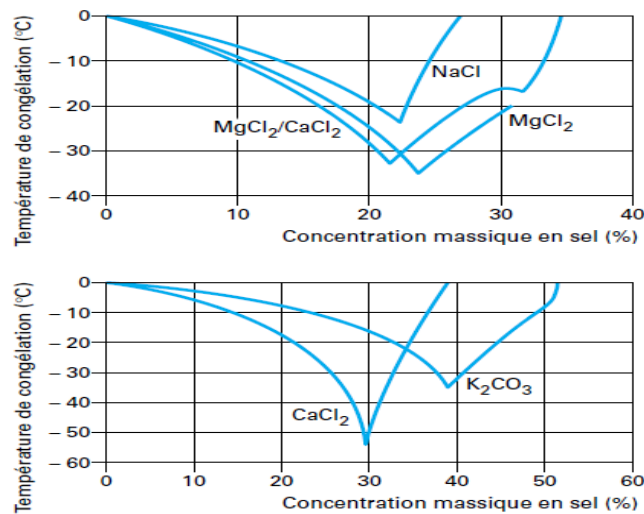
© viscosité des saumures à base de chlorure de calcium

Fig. A-3.3) Viscosidad Dinámica de la salmuera (cloruro de calcio) a diferentes temperaturas y para varias concentraciones de peso

**TABLA A-4.1**

Propiedades de la salmuera a base de sales inorgánicas

Salmuera	Formula química	Composición másica del punto eutéctico kg/kg	Temperatura mínima de congelación °C
Cloruro de sodio	NaCl	0,231	-21,2
Cloruro de magnesio	MgCl <sub>2</sub>	0,206	-33,6
Cloruro de calcio	CaCl <sub>2</sub>	0,299	-55
Carbonate de calcio	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,389	-35

*Fig. A-3.4) Temperatura de congelación de diferentes salmueras en función de la concentración de sal***TABLA A-4.2**

Propiedades de diferentes salmueras a -30 °C

Salmuera	% en masa de Salmuera por temperatura de congelación de -40 °C	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Capacidad Térmica (J / kg-K)	Conductividad Térmica (W / m-K)	Viscosidad Cinemática mm <sup>2</sup> /s
Cloruro de calcio	25,7	1163	2763	0,494	12
Cloruro de magnesio	20	1190	2964	0,46	16,8
Carbonate de potasio	37	1410	2627	0,463	27,4
Acetato de potasio	39	1350	2592	0,42	25
Sal de potasio	41	1360	2600	0,44	9



## **Anexo B**

# **Convección**

**TABLA B-1**

Resumen de las relaciones de convección natural

Geometría	Ecuación	Limitaciones
Diversas superficies isotermas	$Nu_f = C(Gr_f Pr_f)^m$ C y m de la Tabla 7.1	Véase Tabla 7.1
Superficie vertical isoterma	$\frac{1}{Nu}^{-1/2} = 0,825 \frac{0,387 Ra^{1/6}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{8/27}}$	$10^{-1} < Ra_L < 10^{12}$
Superficie vertical, flujo de calor constante, h local	$Nu_{xf} = C(Gr_x^* Pr_f)^m$	$C = 0,60, m = \frac{1}{5}$ para $10^5 < Gr_x^* < 10^{11}$  $C = 0,17, m = \frac{1}{4}$ para $2 \times 10^{13} < Gr_x^* < 10^{16}$
Cilindros horizontales isotermos	$\frac{1}{Nu}^{-1/2}$ $= 0,60 + 0,387 \left\{ \frac{Gr Pr}{[1 + (0,559/Pr)^{9/16}]^{16/9}} \right\}^{1/6}$	$10^{-5} < Gr Pr < 10^{13}$
Superficies horizontales, flujo de calor constante		Véase texto
Superficies inclinadas	Apartado 7.7	Véase texto
Esferas	$Nu = 2 + 0,43(Gr Pr)^{1/4}$ $Nu = 2 + 0,5(Gr Pr)^{1/4}$ $Nu = 2 + \frac{0,589(Gr Pr)^{1/4}}{[1 + (0,469/Pr)^{9/16}]^{4/9}}$	$1 < Gr Pr < 10^5$ <i>Agua</i> , $3 \times 10^5 < Gr Pr < 8 \times 10^8$  $0,5 < Pr$ $Gr Pr < 10^{11}$
Espacios cerrados	$q = k_e A(\Delta T/\delta)$ $\frac{k_e}{k} = C(Gr_\delta Pr)^n(L/\delta)^m$	Las constantes C y m de la Tabla 7.3  Conducción pura para $Gr_\delta Pr < 2.000$
A través de espacios vacíos	La mayor parte es por radiación	

Datos Obtenidos del Libro Transferencia de Calor J.P. Holman Octava Edición

**TABLA B-2**Constantes para utilizar en la ecuación  $Nu = C(Ra)^n$ 

Geometría	Rayleigh		C	n	Ref(s)
Planos y cilindros verticales	1,00E-01	1,00E+04	Usar Fig. 7.7	Usar Fig. 7.7	4
	1,00E+04	1,00E+09	0,59	1/4	4
	1,00E+09	1,00E+13	0,021	2/5	30
	1,00E+09	1,00E+13	0,1	1/3	22, 16*
Cilindros horizontales	0,00E+00	1,00E+05	0,4	0	4
	1,00E-05	1,00E+04	Usar Fig. 7.8	Usar Fig. 7.8	4
	1,00E+04	1,00E+09	0,53	1/4	4
	1,00E+09	1,00E+12	0,13	1/3	4
	1,00E-10	1,00E-02	0,675	0,058	76*
	1,00E-02	1,00E+02	1,02	0,148	76*
	1,00E+02	1,00E+04	0,85	0,188	76
	1,00E+04	1,00E+07	0,48	1/4	76
	1,00E+07	1,00E+12	0,125	1/3	76
Superficie superior de placas calientes o superficie inferior de placas frías	2,00E+04	8,00E+06	0,54	1/4	44, 52
Superficie superior de placas calientes o superficie inferior de placas frías	8,00E+06	1,00E+11	0,15	1/3	44, 52
Superficie inferior de placas calientes o superficie superior de placas frías	1,00E+05	1,00E+11	0,27	1/4	44, 37, 75
Cilindro vertical, altura = diámetro. Longitud característica = diámetro	1,00E+04	1,00E+06	0,775	0,21	77
Sólidos irregulares, longitud característica = distancia que una partícula fluida recorre en la capa limite	1,00E+04	1,00E+09	0,52	1/4	78

\* Preferido

Datos Obtenidos del Libro Transferencia de Calor, J.P. Holman, Octava Edición

**TABLA B-3**

Resumen de las relaciones de convección forzada

Geometría	Ecuación	Restricciones
Corriente en un tubo	$Nu_d = 0,023 Re_d^{0,8} Pr^n$	Flujo turbulento completamente desarrollado n=0,4 para calentamiento, n=0,3 para enfriamiento, $0,6 < Pr < 100$ , $2.500 < Re < 1,25 \times 10^5$
Corriente en un tubo	$Nu = 0,021(Re^{0,8} - 100)Pr^{0,4}$ $Nu = 0,012(Re^{0,87} - 280)Pr^{0,4}$	$0,5 < Pr < 1,5$ , $10^4 < Re < 5 \times 10^6$ $1,5 < Pr < 500$ , $3.000 < Re < 10^6$
Corriente en un tubo	$Nu_d = 0,027 Re_d^{0,8} Pr^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_p}\right)^{(0,14)}$	Flujo turbulento completamente desarrollado
Corriente en un tubo, región de entrada	$Nu_d = 0,036 Re_d^{0,8} Pr^{1/3} \left(\frac{d}{L}\right)^{0,055}$ Véase también figura 6.5 y 6.6	Flujo turbulento $10 < \frac{L}{d} < 400$
Corriente en un tubo	Relación de Petukov	Flujo turbulento completamente desarrollado, $0,5 < Pr < 2.000$ , $10^4 < Re_d < 5 \times 10^6$ , $0 < \frac{\mu_b}{\mu} < 40$
Corriente en un tubo	$Nu^d = 3,66 + \frac{0,0668 (d/L) Re_d Pr}{1 + 0,04[(d/L) Re_d Pr]^{2/3}}$	Laminar
Corriente en un tubo	$Nu^d = 1,86 (Re_d Pr)^{1/3} \left(\frac{d}{L}\right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_p}\right) 0,14$	Flujo laminar completamente desarrollado, $Re_d Pr \frac{d}{L} > 10$
Tubos rugosos	$St_b Pr_f^{2/3} = \frac{f}{8}$ o Ec. (6.7)	Flujo turbulento completamente desarrollado
Conductos no circulares	Número de Reynolds evaluado con el diámetro hidráulico $D'_H = \frac{4A}{P}$ A= área de la sección transversal de la corriente P= perímetro mojado	Igual a la ecuación particular para el flujo en un conducto
Corriente transversal a cilindros	$Nu_f = C Re_{df}^n Pr^{1/3}$ C y n de la Tabla 6.2	$0,4 < Re_{df} < 400.000$
Corriente transversal a cilindros	$Nu_{df} = \frac{0,62 Re_f^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0,4}{Pr}\right)^{2/3}\right]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re}{282.000}\right)^{5/8}\right]^{4/5}$	$10^2 < Re_f < 10^7$ , $Pe > 0,2$
Corriente transversal		

**TABLA B-3** (Continuación)

<b>Geometría</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Restricciones</b>
Corriente transversal a cilindros no circulares	$Nu = C Re_{df}^n Pr^{-1/3}$ Véase Tabla 6.3 para valores de C y n	
Corriente alrededor de esferas	$Nu_{df} = 0,037 Re_{df}^{0,8}$  $Nu Pr^{-0,3} (\mu_p/\mu)^{0,25} = 1,2 + 0,53 Re_d^{0,54}$  $Nu = 2 + (0,4 Re_d^{1/2} + 0,06 Re_d^{2/3}) Pr^{0,4} (\mu_p/\mu)^1$	Pr ~ 0,7 (gases), 17 < Re < 70.00  Agua y aceites, 1 < Re < 200.000, propiedades a T $\infty$
Corriente a través de haces de tubos	$Nu_f = C Re_{f,max}^n Pr_f^{1/3}$ C y n de la tabla 6.4	0,7 < Pr < 380, 3,5 < Re < 800.000, propiedades a T $\infty$ Véase texto
Corriente a través de haces de tubos	$Nu = C Re_{d,max}^n Pr^{0,36} \left( \frac{Pr}{Pr_p} \right)^{1/4}$	0,7 < Pr < 500, 10 < Re $_{d,max}$ < 10 <sup>6</sup>
Metales líquidos Factor de fricción $\Delta_p = f (L/d) \rho v_m^2 / 2g_c$ $v_m = \dot{m} / \rho A_c$		Véase texto

Subíndices:

- b = Temperatura promedio,
- f = Temperatura de película,
- $\infty$  = Temperatura de corriente libre,
- p = Temperatura de la pared

**Anexo C**

# **Moldes**

**TABLA C-1**

Moldes para Barra de Hielos

Cap. en Kg Apro x.	Medidas Interiores			Lamina Galvanizada		Cincho Solera Galvaniza do	Peso Aproxima do
	Ancho	Largo	Alto	Cuerpo	Fondo		
<b>150</b>	27 m 9 m	55 m 9 m	129 m 5 m	16	14	38 x 6 mm 1 1/2" x 1/4"	32 Kgs
	11 in	22 in	51 in				
<b>75</b>	20 m 3 m	40 m 7 m	106 m 8 m	16	14	38 x 6 mm 1 1/2" x 1/4"	20 Kgs
	8 in	16 in	45 in				
<b>50</b>	20 m 3 m	40 m 7 m	864 m m	16	14	32 x 6 mm 1 1/4" x 1/4"	16 Kgs
	8 in	16 in	34 in				

## **Anexo D**

# **Cuarto Frigorífico**



**TABLA D-1**

Temperaturas exteriores de diseño en verano para algunas ciudades de la República Mexicana

Lugar	B.S.		B.H.		Altitud (m)
	°C	°F	°C	°F	
<i>Aguas Calientes</i> Aguas Calientes	34	93	19	66	1879
<i>Baja California</i> Ensenada	34	93	26	79	13
Mexicali	43	109	28	82	1
La Paz	36	97	27	81	18
Tijuana	35	95	26	79	29
<i>Campeche</i> Campeche	36	97	26	79	25
Ciudad del Carmen	37	99	26	79	3
<i>Coahuila</i> Matamoros	34	93	21	70	1120
Monclava	38	100	24	75	586
Nueva Rosita	41	106	25	77	430
Piedras Negras	40	104	26	79	220
Saltillo	35	95	22	72	1609
<i>Colima</i> Colima	36	97	24	75	494
Manzanillo	35	95	27	81	3
<i>Chiapas</i> Tapachula	34	93	25	77	168
Tuxtla Gutiérrez	35	95	25	77	536
<i>Chihuahua</i> Camargo	43	109	23	73	1653
Casas Grandes	43	109	25	77	1478
Chihuahua	35	95	23	73	1423
Ciudad Juárez	37	99	24	75	1137
Parral	32	90	20	68	1652
<i>Distrito Federal</i> México Tacubaya	32	90	17	63	2309
<i>Durango</i> Durango	33	91	17	63	1898
Guadalupe Victoria	43	109	21	70	1982
Ciudad Lerdo	36	97	21	70	1140
Santiago Papasquiaro	38	100	21	70	1740
<i>Guanajuato</i> Celaya	38	100	20	68	1754
Guanajuato	32	90	18	64	2030
Irapuato	35	95	19	66	1724
León	34	93	20	68	1809
Salvatierra	35	95	19	66	1761
Silao	36	97	20	68	1777
<i>Guerrero</i> Acapulco	33	91	27	81	3
Chilpancingo	33	91	23	73	1250
Iguala	39	102	22	72	735
Taxco	34	93	20	68	1755
<i>Hidalgo</i> Pachuca	29	84	18	64	2445
Tulancingo	32	90	19	66	2181

**TABLA D-1 (Continuación)**

Lugar	B.S.		B.H.		Altitud (m)
	°C	°F	°C	°F	
<i>Jalisco</i>					
Guadalajara	33	91	20	68	1589
Lagos de Moreno	39	102	20	68	1880
Puerto Vallarta	36	97	26	79	2
<i>México</i>					
Texcoco	32	90	19	66	2216
Toluca	26	79	17	63	2675
<i>Michoacán</i>					
Apatzingán	39	102	25	77	682
Morelia	30	86	19	66	1923
La Piedad	34	93	20	68	1775
Uruapan	34	93	20	68	1611
Zamora	35	95	20	68	1633
Zacapú	32	90	19	66	2000
<i>Morelos</i>					
Cuatla	42	108	22	72	1291
Cuernavaca	31	88	20	68	1538
<i>Nayarit</i>					
Acaponeta	37	99	27	81	25
San Blas	33	91	26	79	7
Tepic	36	97	26	79	918
<i>Nuevo León</i>					
Linares	38	100	25	77	684
Montemorelos	39	102	25	77	432
Monterrey	38	100	26	79	534
<i>Oaxaca</i>					
Oaxaca	35	95	22	72	1563
Salina Cruz	34	93	26	79	56
<i>Puebla</i>					
Huauchinango	37	99	21	70	1600
Puebla	29	84	17	63	2150
Tehuacan	34	93	20	68	1676
Teziutlán	36	97	22	72	1990
<i>Queretaro</i>					
Queretaro	33	91	21	70	1842
<i>Quintana Roo</i>					
Cozumel	33	91	27	81	3
Payo Obispo	34	93	27	81	4
<i>San Luis Potosí</i>					
Matehuala	36	97	22	72	1597
San Luis Potosí	34	93	18	64	1877
<i>Sinaloa</i>					
Culiacán	37	99	27	81	53
Escuinapa	33	91	26	79	14
Mazatlán	31	88	26	79	78
Topolobampo	37	99	27	81	3
<i>Sonora</i>					
Ciudad Obregón	43	109	28	82	40
Empalme	43	109	28	82	2
Guaymas	42	108	28	82	4
Hermosillo	41	106	28	82	211
Navajoa	41	106	28	82	38
Nogales	37	99	26	79	1177

**TABLA D-1 (Continuación)**

Lugar	B.S.		B.H.		Altitud (m)
	°C	°F	°C	°F	
<i>Tabasco</i>					
Villahermosa	37	99	26	79	10
<i>Tamaulipas</i>					
Matamoros	36	97	26	79	12
Nuevo Laredo	41	106	25	77	140
Tampico	36	97	28	82	18
Ciudad Victoria	38	100	26	79	321
<i>Tlaxcala</i>					
Tlaxcala	28	82	17	63	2252
<i>Veracruz</i>					
Alvarado	35	95	26	79	9
Córdoba	36	97	23	73	871
Jalapa	32	90	21	70	1399
Orizaba	34	93	21	70	1248
Tuxpan	37	99	27	81	14
Veracruz	33	91	27	81	16
<i>Yucatán</i>					
Mérida	37	99	27	81	22
Progreso	33	97	27	81	14
<i>Zacatecas</i>					
Fresnillo	36	97	19	66	2250
Zacatecas	28	82	17	63	2612

**TABLA D-2**

Coeficientes de Transmisión de Calor

Material	Densidad (lbm/ft <sup>3</sup> )	Temperatura media (°F)	Conductividad k	Conductancia C
<i>Materiales de construcción</i>				
Concreto, arena y grava	140		12.0	
Ladrillo común	120	75	5.0	
Ladrillo de fachada	130	75	9.0	
Ladrillos hueco de 2 celdas de 6"		75		0.66
Bloque de concreto, arena y grava de 8"		75		0.90
Bloque de concreto, cenizas de 8"		75		0.58
Yeso para estucar, arena	105	75	5.6	
<i>Materiales aislante</i>				
Capa de lana mineral	0.5	75	0.32	
Capa de fibra de vidrio	0.5	75	0.32	
Placa de corcho	6.6 – 8.0	0	0.25	
Placa de fibra de vidrio	9.5 – 11.0	-16	0.21	
Uretano expandido R-11		0	0.17	
Poliestireno expandido	1.0	0	0.24	
Placa de lana mineral	15.0	0	0.25	
Cubierta de techo aislante de 2"		75		0.18
Relleno suelto de lana mineral	2.0 – 5.5	0	0.23	
Perlita expandida	5.0 – 8.0	0	0.32	
<i>Techos</i>				
Techos de asbesto-cemento	120	75		4.76
Asfalto en rollo	70	75		6.50
Techo prefabricado de 3/8"	70	75		3.0
Tejas de madera		75		1.06
<i>Materiales para piso</i>				
Alfombra de fibra		75		0.48
Alfombra de hule espuma		75		0.81
Losa de corcho de 1/8"		75		3.60
Loseta asfáltica de vinilo o linoleum		75		20.0
Subsuelo de madera de 25/32"				1.02
Suelo de madera 3/4"				1.47
<i>Vidrio</i>				
Vidrio plano sencillo				0.73
Vidrio aislante doble				0.49
Vidrio aislante triple				0.38
<i>Materiales para acabados</i>				
Placa de asbesto-cemento	120	75	4.0	
Yeso de 1/2"	50	75		2.25
Triplay	34	75	0.80	
Revestimiento de madera	20	75	0.38	
Fibracel	65	75	1.4	
Filtro permeable al vapor		75		16.70
Película plástica impermeable		75		
<i>Maderas</i>				
Madera biselada de 1 x 8		75		1.23
Arce, roble, madera dura	45	75	1.1	
Abeto, pino, madera blanda	32	75	0.8	
<i>Varios</i>				
Agua			4.2	
Nieve			1.2 – 3.6	
Tierra			7.2 – 12.0	
Aserrín		75	0.45	

**TABLA D-3**

Corrección de la Temperatura por el Efecto Solar

Tipo de superficie	Pared Este	Pared Sur	Pared Oeste	Techo Plano
Superficies de color oscuro : Techo de arcilla negra, techo de chapopote y pintura negra	8	5	8	20
Superficie de color medio : Madera sin pintar, ladrillo, losa roja, cemento oscuro y pintura roja, gris o verde	6	4	6	15
Superficie de color claro : Piedra blanca, cemento de color claro y pintura Blanca	4	2	4	9

**TABLA D-4**

Calculo Rápido de la Transferencia de Calor

- Material A: Poliuretano expandido, [ $k=0.17$ ]
- Material B: Fibra de vidrio, corcho, lana mineral y poliestireno expandido [ $k=0.25$ ]
- Material C: Aserrín [ $k=0.45$ ]

Aislante	Pulgadas de aislante										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Material A	2.04	1.36	1.02	0.815	0.68	0.58	0.51	0.45	0.41	0.37	0.34
Material B	3.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.86	0.75	0.67	0.60	0.55	0.50
Material C	5.4	3.6	2.7	2.16	1.8	1.54	1.35	1.2	1.08	0.98	0.9

**TABLA D-5**

Cambios de Aire cada 24 h en Cuartos Fríos

Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen (ft <sup>3</sup> )	Cambios de aire cada 24 h
6	200	44.0
8	300	34.5
11	400	29.5
14	500	26.0
17	600	23.0
23	800	20.0
28	1000	17.5
42	1500	14.0
57	2000	12.0
85	3000	9.5
113	4000	8.2
142	5000	7.2

## **Anexo E**

# **Compresores**

**TABLA E-1**

Compresor MYCOM 95 NH-2A (95 mm x 76 mm x 2 Cilindros)

	Desplazamiento	45.2 m <sup>3</sup> /h	51.7 m <sup>3</sup> /h	58.1 m <sup>3</sup> /h	64.6 m <sup>3</sup> /h	71.1 m <sup>3</sup> /h					
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM					
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP					
30°C (86°F)	5°C (41°F)	14.3	8.6	16.3	9.9	18.4	11.1	20.4	12.3	22.5	13.5
	0°C (32°F)	11.7	8.9	13.4	10.2	15.0	11.4	16.7	12.7	18.4	14.0
	-5°C (23°F)	9.5	8.8	10.8	10.1	12.2	11.4	13.5	12.6	14.9	13.9
	-10°C (14°F)	7.6	8.5	8.7	9.8	9.7	11.0	10.8	12.2	11.9	13.4
	-15°C (5°F)	6.0	8.1	6.8	9.2	7.7	10.4	8.5	11.5	9.4	12.7
	-20°C (-4°F)	4.6	7.4	5.3	8.4	6.0	9.5	6.6	10.5	7.3	11.6
	-25°C (-13°F)	3.4	6.7	3.9	7.6	4.4	8.6	4.9	9.5	5.4	10.5
	-30°C (-22°F)	2.5	5.9	2.8	6.7	3.2	7.6	3.5	8.4	3.9	9.2
35°C (95°F)	5°C (41°F)	13.6	9.9	15.5	11.3	17.5	12.7	19.4	14.1	21.3	15.5
	0°C (32°F)	11.1	9.9	12.7	11.3	14.2	12.7	15.8	14.1	17.4	15.5
	-5°C (23°F)	8.9	9.6	10.2	11.0	11.4	12.3	12.7	13.7	14.0	15.1
	-10°C (14°F)	7.1	9.1	8.2	10.4	9.2	11.7	10.2	13.0	11.2	14.3
	-15°C (5°F)	5.5	8.5	6.3	9.8	7.1	11.0	7.9	12.2	8.7	13.4
	-20°C (-4°F)	4.2	7.7	4.8	8.8	5.4	9.9	6.0	11.0	6.6	12.1
	-25°C (-13°F)	3.2	6.9	3.6	7.9	4.1	8.9	4.5	9.9	5.0	10.9
	-30°C (-22°F)	2.2	6.1	2.6	7.0	2.9	7.8	3.2	8.7	3.5	9.6
40°C (104°F)	5°C (41°F)	13.0	11.0	14.8	12.6	16.7	14.1	18.5	15.7	20.4	17.3
	0°C (32°F)	10.6	10.8	12.1	12.3	13.6	13.9	15.1	15.4	16.6	16.9
	-5°C (23°F)	8.5	10.3	9.7	11.8	10.9	13.2	12.1	14.7	13.3	16.2
	-10°C (14°F)	6.7	9.7	7.6	11.1	8.6	12.4	9.5	13.8	10.5	15.2
	-15°C (5°F)	5.2	8.9	5.9	10.2	6.7	11.4	7.4	12.7	8.1	14.0
	-20°C (-4°F)	3.9	8.0	4.4	9.1	5.0	10.3	5.5	11.4	6.1	12.5
	-25°C (-13°F)	2.7	7.1	3.1	8.2	3.5	9.2	3.9	10.2	4.3	11.2
	-30°C (-22°F)	1.9	6.2	2.2	7.1	2.4	7.9	2.7	8.8	3.0	9.7
45°C (113°F)	5°C (41°F)	12.1	11.9	13.8	13.6	15.6	15.2	17.8	16.9	19.0	18.6
	0°C (32°F)	9.7	12.0	11.8	13.8	12.4	15.5	13.8	17.2	15.2	18.9
	-5°C (23°F)	7.9	11.4	9.1	13.1	10.2	14.7	11.3	16.3	12.5	18.0
	-10°C (14°F)	6.2	10.7	7.1	12.2	8.0	13.7	8.9	15.3	9.8	16.8
	-15°C (5°F)	4.9	9.6	5.6	11.0	6.2	12.3	6.9	13.7	7.6	15.1
	-20°C (-4°F)	3.6	8.6	4.1	9.8	4.6	11.0	5.2	12.2	5.7	13.5
	-25°C (-13°F)	2.6	7.5	3.0	8.6	3.4	9.7	3.7	10.8	4.1	11.8
	-30°C (-22°F)	1.7	6.5	1.9	7.5	2.2	8.4	2.4	9.3	2.7	10.3

Notas:

1.- Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tons = 3,024 Kcal/hora = 12,000 BTU/hora

1HP = 0.7458 KWH

2.- La potencia al freno, BHP no incluye la pérdida de transmisión por banda.

3.- Los valores que aparecen en el cuadro rojo se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>

Datos obtenidos de: Tabla de Capacidades y Caballos de Fuerza Compresores MYCOM

**TABLA E-2**

Compresor MYCOM 95 NV-4A (95 mm x 76 mm x 4 Cilindros)

	Desplazamiento	90.4 m <sup>3</sup> /h	103.4 m <sup>3</sup> /h	116.3 m <sup>3</sup> /h	129.2 m <sup>3</sup> /h	142.1 m <sup>3</sup> /h	155.0 m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C (86°F)	5°C ( 41°F)	28.6 17.3	32.7 19.8	36.7 22.2	40.8 24.7	44.9 27.2	49.0 29.6
	0°C ( 32°F)	23.4 17.9	26.7 20.4	30.1 23.0	33.4 25.5	36.8 28.1	40.1 30.6
	- 5°C ( 23°F)	18.9 17.6	21.6 20.2	24.3 22.7	27.0 25.2	29.8 27.7	32.4 30.2
	-10°C ( 14°F)	15.1 17.1	17.3 19.5	19.5 22.0	21.6 24.4	23.8 26.8	25.9 29.3
	-15°C ( 5°F)	11.9 16.0	13.6 18.3	15.3 20.6	17.0 22.9	18.7 25.2	20.4 27.5
	-20°C (- 4°F)	9.2 14.7	10.5 16.8	11.8 18.9	13.1 21.0	14.4 23.1	15.7 25.2
	-25°C (-13°F)	6.9 13.4	7.9 15.4	8.8 17.3	9.8 19.2	10.8 21.1	11.8 23.0
	-30°C (-22°F)	<b>4.9 11.8</b>	<b>5.6 13.5</b>	<b>6.3 15.2</b>	<b>7.0 16.9</b>	<b>7.7 18.6</b>	<b>8.4 20.3</b>
35°C (95°F)	5°C ( 41°F)	27.2 19.8	31.1 22.7	35.0 25.5	38.9 28.3	42.8 31.1	46.7 34.0
	0°C ( 32°F)	22.2 19.8	25.7 22.7	28.5 25.5	31.7 28.3	34.9 31.1	38.0 34.0
	- 5°C ( 23°F)	17.9 19.3	20.5 22.0	23.1 24.8	25.6 27.5	28.2 30.3	30.7 33.0
	-10°C ( 14°F)	14.2 18.3	16.3 20.9	18.3 23.5	20.3 26.1	22.3 28.7	24.4 31.3
	-15°C ( 5°F)	11.1 17.1	12.7 19.5	14.2 22.0	15.8 24.4	17.4 26.8	19.0 29.3
	-20°C (- 4°F)	8.5 15.5	9.7 17.7	10.9 19.9	12.1 22.1	13.3 24.3	14.5 26.5
	-25°C (-13°F)	6.2 13.9	7.1 15.9	8.0 17.8	8.9 19.8	9.8 21.8	10.7 23.8
	-30°C (-22°F)	<b>4.4 12.1</b>	<b>5.1 13.9</b>	<b>5.7 15.6</b>	<b>6.3 17.3</b>	<b>6.9 19.0</b>	<b>7.6 20.8</b>
40°C (104°F)	5°C ( 41°F)	25.8 22.1	29.5 25.2	33.2 28.4	36.9 31.5	40.6 34.7	44.3 37.8
	0°C ( 32°F)	21.0 21.6	24.0 24.7	27.0 27.7	30.0 30.8	33.0 33.9	36.0 37.0
	- 5°C ( 23°F)	16.9 20.7	19.4 23.6	21.8 26.6	24.2 29.5	26.6 32.5	29.0 35.4
	-10°C ( 14°F)	13.3 19.4	15.2 22.2	17.1 24.9	19.0 27.7	20.9 30.5	22.8 33.2
	-15°C ( 5°F)	10.3 17.9	11.8 20.4	13.2 23.0	14.7 25.5	16.2 28.1	17.6 30.6
	-20°C (- 4°F)	7.8 16.0	8.9 18.3	10.0 20.6	11.1 22.9	12.2 25.2	13.3 27.5
	-25°C (-13°F)	<b>5.6 14.3</b>	<b>6.4 16.3</b>	<b>7.2 18.4</b>	<b>8.0 20.4</b>	<b>8.8 22.4</b>	<b>9.6 24.5</b>
	-30°C (-22°F)	<b>3.9 12.4</b>	<b>4.5 14.2</b>	<b>5.1 15.9</b>	<b>5.6 17.7</b>	<b>6.2 19.5</b>	<b>6.7 21.2</b>
45°C (113°F)	5°C ( 41°F)	24.2 23.7	27.7 27.1	31.1 30.5	34.6 33.9	38.1 37.3	41.5 40.7
	0°C ( 32°F)	19.3 24.1	22.1 27.5	24.9 31.0	27.6 34.4	30.4 37.8	33.2 41.3
	- 5°C ( 23°F)	15.9 22.8	18.1 26.1	20.4 29.4	22.7 32.6	24.9 35.9	27.2 39.2
	-10°C ( 14°F)	12.4 21.4	14.2 24.4	16.0 27.5	17.8 30.5	19.6 33.6	21.3 36.6
	-15°C ( 5°F)	9.7 19.2	11.1 22.0	12.5 24.7	13.9 27.4	15.3 30.2	16.7 32.9
	-20°C (- 4°F)	7.2 17.1	8.2 19.6	9.3 22.0	10.3 24.5	11.3 26.9	12.4 29.4
	-25°C (-13°F)	<b>5.2 15.1</b>	<b>6.0 17.2</b>	<b>6.7 19.4</b>	<b>7.4 21.5</b>	<b>8.2 23.7</b>	<b>8.9 25.8</b>
	-30°C (-22°F)	<b>3.4 13.0</b>	<b>3.9 14.9</b>	<b>4.4 16.8</b>	<b>4.8 18.6</b>	<b>5.3 20.5</b>	<b>5.8 22.4</b>

Notas:

1.- Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tons = 3,024 Kcal/hora = 12,000 BTU/hora

1HP = 0.7458 KWH

2.- La potencia al freno, BHP no incluye la perdida de transmisión por banda.

3.- Los valores que aparecen en el cuadro rojo se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>

Datos obtenidos de: Tabla de Capacidades y Caballos de Fuerza Compresores MYCOM



**TABLA E-3**

Compresor MYCOM 95 NW-6A (95 mm x 76 mm x 6 Cilindros)

	Desplazamiento	135.7 m <sup>3</sup> /h	155.1 m <sup>3</sup> /h	174.5 m <sup>3</sup> /h	193.9 m <sup>3</sup> /h	213.3 m <sup>3</sup> /h	232.7 m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C (86°F)	5°C (41°F)	42.9 25.9	49.1 29.6	55.2 33.3	61.3 37.0	67.4 40.7	73.6 44.4
	0°C (32°F)	35.1 26.7	40.1 30.5	45.1 34.3	50.1 38.1	55.1 41.9	60.1 45.7
	- 5°C (23°F)	28.4 26.5	32.4 30.3	36.5 34.0	40.5 37.8	44.6 41.6	48.6 45.4
	-10°C (14°F)	22.7 25.6	25.9 29.3	29.2 33.0	32.4 36.6	35.6 40.3	38.9 43.9
	-15°C (5°F)	17.9 24.1	20.4 27.5	23.0 31.0	25.5 34.4	28.1 37.8	30.6 41.3
	-20°C (-4°F)	13.8 22.1	15.8 25.2	17.7 28.4	19.7 31.5	21.7 34.7	23.6 37.8
	-25°C (-13°F)	10.3 20.1	11.8 23.0	13.2 25.8	14.7 28.7	16.2 31.6	17.6 34.4
	-30°C (-22°F)	7.5 17.7	8.6 20.3	9.6 22.8	10.7 25.3	11.8 27.8	12.8 30.4
35°C (95°F)	5°C (41°F)	40.1 29.8	46.7 34.0	52.5 38.3	58.3 42.5	64.1 46.8	70.0 51.0
	0°C (32°F)	33.3 29.6	38.1 33.9	42.9 38.1	47.6 42.3	52.4 46.5	57.1 50.8
	- 5°C (23°F)	26.9 28.8	30.7 32.9	34.6 37.0	38.4 41.1	42.2 45.2	46.1 49.3
	-10°C (14°F)	21.4 27.4	24.5 31.3	27.6 35.2	30.6 39.1	33.7 43.0	36.7 46.9
	-15°C (5°F)	16.7 25.6	19.1 29.2	21.4 32.9	23.8 36.5	26.2 40.2	28.6 43.8
	-20°C (-4°F)	12.7 23.2	14.5 26.5	16.3 29.8	18.1 33.1	19.9 36.4	21.7 39.7
	-25°C (-13°F)	9.4 20.9	10.7 23.9	12.1 26.8	13.4 29.8	14.7 32.8	16.1 35.8
	-30°C (-22°F)	6.6 18.2	7.5 20.8	8.5 23.4	9.4 26.0	10.3 28.6	11.3 31.2
40°C (104°F)	5°C (41°F)	38.8 33.0	44.3 37.8	49.9 42.5	55.4 47.2	60.9 51.9	66.5 56.6
	0°C (32°F)	31.6 32.3	36.1 37.0	40.6 41.6	45.1 46.2	49.6 50.8	54.1 55.4
	- 5°C (23°F)	25.4 30.9	29.1 35.4	32.7 39.8	36.3 44.2	39.9 48.6	43.6 53.0
	-10°C (14°F)	20.0 29.1	22.9 33.2	25.8 37.4	28.6 41.5	31.5 45.7	34.3 49.8
	-15°C (5°F)	15.4 26.7	17.6 30.6	19.8 34.4	22.0 38.2	24.2 42.0	26.4 45.8
	-20°C (-4°F)	11.6 24.1	13.3 27.5	15.0 31.0	16.6 34.4	18.3 37.8	19.9 41.3
	-25°C (-13°F)	8.4 21.4	9.6 24.5	10.8 27.6	12.0 30.6	13.2 33.7	14.4 36.7
	-30°C (-22°F)	5.8 18.5	6.7 21.1	7.5 23.8	8.3 26.4	9.1 29.0	10.0 31.7
45°C (113°F)	5°C (41°F)	36.3 35.6	41.5 40.7	46.7 45.7	51.9 50.8	57.1 55.9	62.3 61.0
	0°C (32°F)	29.0 36.1	33.2 41.3	37.3 46.4	41.5 51.6	45.6 56.8	49.8 61.9
	- 5°C (23°F)	23.8 34.3	27.2 39.2	30.6 44.1	34.0 49.0	37.4 53.9	40.8 58.8
	-10°C (14°F)	18.7 32.0	21.3 36.6	24.0 41.2	26.7 45.8	29.3 50.3	32.0 54.9
	-15°C (5°F)	14.6 28.8	16.7 32.9	18.7 37.0	20.8 41.2	22.9 45.3	25.0 49.4
	-20°C (-4°F)	10.8 25.7	12.4 29.4	13.9 33.0	15.5 36.7	17.0 40.4	18.5 44.1
	-25°C (-13°F)	7.8 22.6	8.9 25.8	10.1 29.1	11.2 32.3	12.3 35.5	13.4 38.8
	-30°C (-22°F)	5.1 19.6	5.8 22.0	6.5 25.2	7.3 28.0	8.0	8.7 33.6

Notas:

1.- Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tons = 3,024 Kcal/hora = 12,000 BTU/hora

1HP = 0.7458 KWH

2.- La potencia al freno, BHP no incluye la pérdida de transmisión por banda.

3.- Los valores que aparecen en el cuadro rojo se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>

Datos obtenidos de: Tabla de Capacidades y Caballos de Fuerza Compresores MYCOM

**TABLA E-4**

Compresor MYCOM 95 NWV-8A (95 mm x 76 mm x 8 Cilindros)

	Desplazamiento	181.0 m <sup>3</sup> /h	206.8 m <sup>3</sup> /h	232.7 m <sup>3</sup> /h	258.5 m <sup>3</sup> /h	284.4 m <sup>3</sup> /h	310.2 m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C (86°F)	5°C (41°F)	57.2 34.5	65.4 39.5	73.5 44.4	81.7 49.3	89.9 54.2	98.0 59.2
	0°C (32°F)	46.6 35.6	53.4 40.7	60.0 45.7	66.7 50.8	73.4 55.9	80.0 61.0
	- 5°C (23°F)	37.8 35.3	43.2 40.3	48.6 45.4	54.0 50.4	59.4 55.5	64.8 60.5
	-10°C (14°F)	30.2 34.2	34.6 39.1	38.9 43.9	43.2 48.8	47.5 53.7	51.8 58.6
	-15°C (5°F)	23.7 32.2	27.1 36.8	30.1 41.4	33.9 46.0	37.3 50.6	40.7 55.2
	-20°C (-4°F)	18.3 29.5	20.9 33.7	23.5 37.9	26.1 42.1	28.7 46.3	31.3 50.5
	-25°C (-13°F)	13.7 26.8	15.7 30.7	17.7 34.5	19.6 38.3	21.6 42.1	23.5 46.0
	-30°C (-22°F)	9.9 23.7	11.4 27.1	12.8 30.4	14.2 33.8	15.6 37.2	17.0 40.6
35°C (95°F)	5°C (41°F)	54.4 39.6	62.2 45.3	69.9 51.0	77.7 56.6	85.5 62.3	93.2 67.9
	0°C (32°F)	44.5 39.5	50.8 45.1	57.2 50.8	63.5 56.4	70.0 62.0	76.2 67.7
	- 5°C (23°F)	35.8 38.4	41.0 43.9	46.1 49.4	51.2 54.9	56.3 60.4	61.4 65.9
	-10°C (14°F)	28.5 36.6	32.6 41.9	36.6 47.1	40.7 52.3	44.8 57.5	48.8 62.8
	-15°C (5°F)	22.1 34.0	25.3 38.9	28.5 43.8	31.6 48.6	34.8 53.5	37.9 58.3
	-20°C (-4°F)	16.9 30.9	19.7 35.4	21.8 39.8	24.2 44.2	26.6 48.6	29.0 53.0
	-25°C (-13°F)	12.5 27.8	14.3 31.8	16.1 35.7	17.9 39.7	19.7 43.7	21.5 47.6
	-30°C (-22°F)	8.8 24.3	10.1 27.8	11.4 31.2	12.6 34.7	13.9 38.2	15.1 41.6
40°C (104°F)	5°C (41°F)	51.7 44.1	59.1 50.4	66.5 56.7	73.9 63.0	81.3 69.3	88.7 75.6
	0°C (32°F)	42.1 43.1	48.1 49.3	54.1 55.5	60.1 61.6	66.1 67.8	72.1 73.9
	- 5°C (23°F)	33.8 41.3	38.7 47.2	43.5 53.1	48.3 59.0	53.1 64.9	58.0 70.8
	-10°C (14°F)	26.6 38.9	30.4 44.4	34.2 50.0	38.0 55.5	41.8 61.1	45.6 66.6
	-15°C (5°F)	20.6 35.6	23.5 40.7	26.5 45.8	29.4 50.9	32.3 56.0	35.3 61.1
	-20°C (-4°F)	15.5 32.1	17.7 36.7	19.9 41.2	22.1 45.8	24.3 50.4	26.5 55.0
	-25°C (-13°F)	11.2 28.5	12.8 32.6	14.4 36.6	16.0 40.7	17.6 44.8	19.2 48.8
	-30°C (-22°F)	7.8 24.6	8.9 28.2	10.0 31.7	11.1 35.2	12.2 38.7	13.3 42.2
45°C (113°F)	5°C (41°F)	48.4 47.4	55.4 54.2	62.3 61.0	69.2 67.8	76.1 74.5	83.0 81.3
	0°C (32°F)	38.7 48.2	44.2 55.0	49.8 61.9	55.3 68.8	60.8 75.7	66.3 82.6
	- 5°C (23°F)	31.8 45.7	36.3 52.2	40.8 58.8	45.4 65.3	49.9 71.8	54.4 78.3
	-10°C (14°F)	24.9 42.7	28.4 48.8	32.0 54.9	35.6 61.0	39.1 67.1	42.7 73.2
	-15°C (5°F)	19.4 38.4	22.2 43.9	25.0 49.4	27.8 54.9	30.5 60.4	33.3 65.9
	-20°C (-4°F)	14.4 34.3	16.5 39.2	18.5 44.1	20.6 49.0	22.7 53.9	24.7 58.8
	-25°C (-13°F)	10.4 30.2	11.9 34.5	13.4 38.8	14.9 43.1	16.4 47.4	17.9 51.7
	-30°C (-22°F)	6.8 26.1	7.7 29.8	8.7 33.6	9.7 37.3	10.6 41.0	11.6 44.7

Notas:

1.- Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tons = 3,024 Kcal/hora = 12,000 BTU/hora

1HP = 0.7458 KWH

2.- La potencia al freno, BHP no incluye la pérdida de transmisión por banda.

3.- Los valores que aparecen en el cuadro rojo se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>

Datos obtenidos de: Tabla de Capacidades y Caballos de Fuerza Compresores MYCOM

**TABLA E-5**

Compresor MYCOM 130 NV-4B (130 mm x 100 mm x 4 Cilindros)

	Desplazamiento	223.0 m <sup>3</sup> /h	254.8 m <sup>3</sup> /h	286.7 m <sup>3</sup> /h	318.5 m <sup>3</sup> /h	350.1 m <sup>3</sup> /h	283.2 m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C (86°F)	5°C (41°F)	70.6 42.6	80.7 48.7	90.7 54.7	100.8 60.8	110.9 66.9	121.0 73.0
	0°C (32°F)	57.5 43.8	65.8 50.1	74.0 56.4	82.2 62.6	90.4 68.9	98.6 75.1
	-5°C (23°F)	46.7 43.5	53.4 49.8	60.0 56.0	66.7 62.2	73.4 68.4	80.0 74.6
	-10°C (14°F)	37.3 42.0	42.7 48.0	48.0 54.0	53.3 60.0	58.6 66.0	64.0 72.0
	-15°C (5°F)	29.3 40.0	33.5 45.3	37.6 51.0	41.8 56.6	46.0 62.3	50.2 67.9
	-20°C (-4°F)	22.6 36.3	25.9 41.5	29.1 46.7	32.3 51.9	35.5 57.1	38.8 62.3
	-25°C (-13°F)	16.9 33.0	19.4 37.8	19.4 42.5	24.2 47.2	26.6 51.9	29.0 56.6
	-30°C (-22°F)	<b>12.3 29.2</b>	<b>14.0 33.4</b>	<b>15.8 37.5</b>	<b>17.5 41.7</b>	<b>19.3 45.9</b>	<b>21.0 50.0</b>
35°C (95°F)	5°C (41°F)	67.1 48.8	76.7 55.8	86.3 62.7	95.9 69.7	105.5 76.7	115.1 83.6
	0°C (32°F)	54.7 48.7	62.6 55.7	70.4 62.7	78.2 69.6	86.0 76.6	93.8 83.5
	-5°C (23°F)	44.2 47.7	50.5 54.2	56.8 60.9	63.1 67.7	69.4 74.5	75.7 81.2
	-10°C (14°F)	35.2 45.0	40.3 51.5	45.3 57.9	50.3 64.3	55.3 70.7	60.4 77.2
	-15°C (5°F)	27.2 42.0	31.1 48.0	35.0 54.0	38.9 60.0	42.8 66.0	46.7 72.0
	-20°C (-4°F)	20.9 36.2	23.9 43.6	26.8 49.1	29.8 54.5	32.8 60.0	35.8 65.4
	-25°C (-13°F)	15.4 34.2	17.6 39.1	19.8 44.0	22.0 48.9	24.2 53.8	26.4 58.7
	-30°C (-22°F)	<b>10.9 30.0</b>	<b>12.5 34.3</b>	<b>14.1 38.5</b>	<b>15.6 42.8</b>	<b>17.2 47.1</b>	<b>18.7 51.4</b>
40°C (104°F)	5°C (41°F)	63.8 54.3	72.9 62.1	82.0 69.9	91.1 77.6	100.2 85.4	109.3 93.1
	0°C (32°F)	51.8 53.2	59.2 60.8	66.6 68.4	74.0 76.0	81.4 83.6	88.8 91.2
	-5°C (23°F)	41.7 51.0	47.7 58.3	53.7 65.5	59.6 72.8	65.6 80.1	71.5 87.4
	-10°C (14°F)	32.9 47.8	37.6 54.7	42.3 61.5	47.0 68.3	51.7 75.1	56.4 82.0
	-15°C (5°F)	25.3 44.0	29.0 50.3	32.6 56.6	36.2 62.9	39.8 69.2	43.4 75.5
	-20°C (-4°F)	19.1 39.6	21.9 45.3	24.6 51.0	27.3 56.6	30.0 62.3	32.8 67.9
	-25°C (-13°F)	<b>13.9 35.2</b>	<b>15.9 40.3</b>	<b>17.8 45.3</b>	<b>19.8 50.3</b>	<b>21.8 55.3</b>	<b>23.8 60.4</b>
	-30°C (-22°F)	<b>9.6 30.4</b>	<b>11.0 34.7</b>	<b>12.3 39.1</b>	<b>13.7 43.4</b>	<b>15.1 47.7</b>	<b>16.4 52.1</b>
45°C (113°F)	5°C (41°F)	59.4 60.9	67.8 69.6	76.3 78.3	84.8 87.0	93.3 95.7	101.8 104.4
	0°C (32°F)	45.4 59.8	51.9 68.3	58.4 76.9	64.9 85.4	71.4 93.9	77.9 102.5
	-5°C (23°F)	38.2 57.0	43.7 65.1	49.1 73.3	54.6 81.4	60.1 89.5	65.5 97.7
	-10°C (14°F)	31.4 52.8	35.8 60.3	40.3 67.9	44.8 75.4	49.3 82.9	53.8 90.5
	-15°C (5°F)	22.5 47.5	25.8 54.2	29.0 61.0	32.2 67.8	35.4 74.6	38.6 81.4
	-20°C (-4°F)	<b>17.1 44.4</b>	<b>19.6 50.7</b>	<b>22.0 57.1</b>	<b>24.4 63.4</b>	<b>26.9 69.7</b>	<b>29.3 76.1</b>
	-25°C (-13°F)	<b>12.4 39.6</b>	<b>14.2 45.3</b>	<b>16.0 50.9</b>	<b>17.8 56.6</b>	<b>19.5 62.3</b>	<b>21.3 67.9</b>
	-30°C (-22°F)	<b>8.4 33.0</b>	<b>9.6 37.8</b>	<b>10.9 42.5</b>	<b>12.1 47.2</b>	<b>13.3 51.9</b>	<b>14.5 56.6</b>

Notas:

1.- Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tons = 3,024 Kcal/hora = 12,000 BTU/hora

1HP = 0.7458 KWH

2.- La potencia al freno, BHP no incluye la pérdida de transmisión por banda.

3.- Los valores que aparecen en el cuadro rojo se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>

Datos obtenidos de: Tabla de Capacidades y Caballos de Fuerza Compresores MYCOM

**TABLA E-6**

Compresor MYCOM 130 NW-6B (130 mm x 100 mm x 6 Cilindros)

	Desplazamiento	334.5 m <sup>3</sup> /h	382.2 m <sup>3</sup> /h	430.0 m <sup>3</sup> /h	477.8 m <sup>3</sup> /h	525.6 m <sup>3</sup> /h	573.4 m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C (86°F)	5°C ( 41°F)	105.8 63.9	120.9 73.1	136.0 82.2	151.1 91.3	166.2 100.4	181.3 109.6
	0°C ( 32°F)	86.3 65.7	98.7 75.1	111.0 84.5	123.3 93.9	135.6 103.3	148.0 112.7
	- 5°C ( 23°F)	69.9 65.2	79.9 74.5	89.9 83.8	99.9 93.1	109.9 102.4	119.9 111.7
	-10°C ( 14°F)	55.9 63.1	63.9 72.1	71.8 81.1	79.8 90.1	87.8 99.1	95.8 108.1
	-15°C ( 5°F)	44.0 66.4	50.3 67.9	56.5 76.3	62.8 84.8	69.1 93.3	75.4 101.8
	-20°C (- 4°F)	33.9 54.4	38.7 62.2	43.6 69.9	48.4 77.7	53.2 85.5	58.1 93.2
	-25°C (-13°F)	25.3 49.6	28.9 56.7	32.5 63.7	36.1 70.8	39.7 77.9	43.3 85.0
	-30°C (-22°F)	18.3 43.7	20.9 49.9	23.5 56.2	26.1 62.4	28.7 68.6	31.3 74.9
35°C (95°F)	5°C ( 41°F)	100.6 73.2	115.0 83.6	129.3 94.1	143.7 104.5	158.1 115.0	172.4 125.4
	0°C ( 32°F)	82.0 73.1	93.8 83.5	105.5 94.0	117.2 104.4	128.9 114.8	140.6 125.3
	- 5°C ( 23°F)	66.3 71.0	75.8 81.1	85.2 91.3	94.7 101.4	104.2 111.5	113.6 121.7
	-10°C ( 14°F)	52.7 67.6	60.3 77.2	67.8 86.9	75.3 96.5	82.8 106.2	90.4 115.8
	-15°C ( 5°F)	41.0 62.9	46.9 71.9	52.8 80.9	58.6 89.9	64.4 93.3	70.3 107.9
	-20°C (- 4°F)	31.2 57.2	35.7 65.4	40.2 73.5	44.6 81.7	49.1 89.9	53.5 98.0
	-25°C (-13°F)	23.2 51.4	26.5 58.7	29.8 66.1	33.1 73.4	36.4 80.7	39.7 88.1
	-30°C (-22°F)	16.5 44.9	18.7 51.3	21.1 57.7	23.4 64.1	25.7 70.5	28.1 76.9
40°C (104°F)	5°C ( 41°F)	95.6 81.4	109.3 93.1	122.9 104.7	136.6 116.3	150.3 127.9	163.9 139.6
	0°C ( 32°F)	77.8 79.7	88.9 91.1	100.0 102.5	111.1 113.9	122.2 125.3	133.3 136.7
	- 5°C ( 23°F)	62.5 76.4	71.5 87.3	80.4 98.2	89.3 109.1	98.2 120.0	107.2 130.9
	-10°C ( 14°F)	49.3 71.7	56.3 81.9	63.4 92.2	70.4 102.4	77.4 112.6	84.5 122.9
	-15°C ( 5°F)	38.0 65.9	43.5 75.4	48.9 84.4	54.3 94.2	59.7 103.6	65.2 113.0
	-20°C (- 4°F)	28.6 59.3	32.7 67.8	36.8 76.2	40.9 84.7	45.0 93.2	49.1 101.6
	-25°C (-13°F)	20.7 52.7	23.7 60.3	26.7 67.8	29.6 75.3	32.6 82.8	35.5 90.4
	-30°C (-22°F)	14.4 45.6	16.5 52.1	18.6 58.6	20.6 65.1	22.7 71.6	24.7 78.1
45°C (113°F)	5°C ( 41°F)	89.0 91.4	101.8 104.4	114.5 117.5	127.2 130.5	139.9 143.6	152.6 156.6
	0°C ( 32°F)	68.1 89.7	77.9 102.5	87.6 115.3	97.4 128.1	107.1 140.9	116.9 153.7
	- 5°C ( 23°F)	57.3 85.5	65.5 97.7	73.7 109.9	81.9 122.1	90.1 134.3	98.3 146.5
	-10°C ( 14°F)	47.0 79.2	53.8 90.5	60.5 101.8	67.2 113.1	73.9 124.4	80.6 135.7
	-15°C ( 5°F)	33.8 71.2	38.6 81.4	43.5 91.5	48.3 101.7	53.1 111.9	58.0 122.0
	-20°C (- 4°F)	25.7 66.6	29.3 76.1	33.0 85.6	36.7 95.1	40.3 104.6	44.0 114.1
	-25°C (-13°F)	18.6 59.4	21.3 67.9	24.0 76.4	26.6 84.9	29.3 93.4	32.0 101.9
	-30°C (-22°F)	12.7 49.6	14.5 56.6	16.3 63.7	18.1 70.8	19.9 77.9	21.7 85.0

Notas:

1.- Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tons = 3,024 Kcal/hora = 12,000 BTU/hora

1HP = 0.7458 KWH

2.- La potencia al freno, BHP no incluye la pérdida de transmisión por banda.

3.- Los valores que aparecen en el cuadro rojo se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>

Datos obtenidos de: Tabla de Capacidades y Caballos de Fuerza Compresores MYCOM

**TABLA E-7**

Compresor MYCOM 130 NWV-8B (130 mm x 100 mm x 8 Cilindros)

	Desplazamiento	446.0 m <sup>3</sup> /h	509.7 m <sup>3</sup> /h	573.4 m <sup>3</sup> /h	637.1 m <sup>3</sup> /h	700.8 m <sup>3</sup> /h	764.5 m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C (86°F)	5°C (41°F)	141.1 85.2	161.2 97.4	181.4 109.5	201.5 121.7	221.7 133.9	241.8 146.0
	0°C (32°F)	115.1 87.7	131.5 100.3	148.0 112.8	164.4 125.3	180.9 137.8	197.3 150.4
	- 5°C (23°F)	93.2 86.9	106.6 99.4	119.9 111.8	133.2 124.2	146.5 136.6	159.8 149.0
	-10°C (14°F)	74.6 84.1	85.2 96.1	95.9 108.1	106.5 120.1	117.2 132.1	127.8 144.1
	-15°C (5°F)	58.7 79.2	67.1 90.5	75.4 101.8	83.8 113.1	92.2 124.4	100.6 135.7
	-20°C (-4°F)	45.2 72.5	51.6 82.9	58.1 93.3	64.5 103.6	71.0 114.0	77.4 124.3
	-25°C (-13°F)	33.7 66.0	38.6 75.5	43.4 84.9	48.2 94.3	53.0 103.7	57.8 113.2
	-30°C (-22°F)	24.4 58.4	27.9 66.7	31.4 75.1	34.9 83.4	38.4 91.7	41.9 100.1
35°C (95°F)	5°C (41°F)	134.2 97.6	153.4 111.5	172.5 125.5	191.7 139.4	210.9 153.3	230.0 167.3
	0°C (32°F)	109.2 97.4	124.9 111.3	140.5 125.2	156.1 139.1	171.7 153.0	187.3 166.9
	- 5°C (23°F)	88.4 94.7	101.1 108.3	113.7 121.8	126.3 135.3	138.9 148.8	151.6 162.4
	-10°C (14°F)	70.3 90.0	80.3 102.9	90.4 115.8	100.4 128.6	110.4 141.5	120.5 154.3
	-15°C (5°F)	54.7 83.9	62.5 95.9	70.3 107.9	78.1 119.9	85.9 131.9	93.7 143.9
	-20°C (-4°F)	41.7 76.2	47.7 87.1	53.7 98.0	59.6 108.9	65.6 119.8	71.5 130.7
	-25°C (-13°F)	30.9 68.5	35.3 78.3	39.7 88.0	44.1 97.8	48.5 107.6	52.9 117.4
	-30°C (-22°F)	21.8 59.8	25.0 68.3	28.1 76.9	31.2 85.4	34.3 93.9	37.4 102.5
40°C (104°F)	5°C (41°F)	127.5 108.6	145.8 124.2	164.0 139.7	182.2 155.2	200.4 170.7	218.6 186.2
	0°C (32°F)	103.7 106.4	118.6 121.6	133.4 136.8	148.2 152.0	163.0 167.2	177.8 182.4
	- 5°C (23°F)	83.4 101.9	95.3 116.4	107.2 131.0	119.1 145.5	131.0 160.1	142.9 174.6
	-10°C (14°F)	78.8 114.7	75.1 109.3	84.4 123.0	93.8 136.6	103.2 150.3	112.6 163.9
	-15°C (5°F)	50.8 87.9	58.0 100.5	65.3 113.1	72.5 125.6	79.8 138.2	87.0 150.7
	-20°C (-4°F)	38.2 79.1	43.6 90.4	49.1 101.7	54.5 113.0	60.0 124.3	65.4 135.6
	-25°C (-13°F)	27.7 70.4	31.6 80.4	35.6 90.5	39.5 100.5	43.5 100.6	47.4 120.6
	-30°C (-22°F)	19.3 60.9	22.0 69.6	24.8 78.3	27.5 87.0	30.3 95.7	33.0 104.4
45°C (113°F)	5°C (41°F)	118.7 121.8	135.5 139.2	152.6 156.6	169.6 174.0	186.6 191.4	203.5 208.8
	0°C (32°F)	90.9 119.6	103.9 136.6	116.8 153.7	129.8 170.8	142.8 187.9	155.8 205.0
	- 5°C (23°F)	76.4 114.0	87.4 124.2	98.3 146.5	109.2 162.8	120.1 179.1	131.0 195.4
	-10°C (14°F)	62.7 105.6	71.7 120.6	79.6 135.7	89.6 150.8	98.6 165.9	107.5 181.0
	-15°C (5°F)	45.1 94.9	51.5 108.5	58.0 122.0	64.4 135.6	70.8 149.2	77.3 162.7
	-20°C (-4°F)	34.2 88.8	39.1 101.4	44.0 114.1	48.9 126.8	53.8 139.5	58.7 152.2
	-25°C (-13°F)	24.9 79.2	28.4 90.6	32.0 101.9	35.5 113.2	39.1 124.5	42.6 135.8
	-30°C (-22°F)	16.9 66.1	19.3 75.5	21.7 85.0	24.1 94.4	26.5 103.8	28.9 113.3

Notas:

1.- Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tons = 3,024 Kcal/hora = 12,000 BTU/hora

1HP = 0.7458 KWH

2.- La potencia al freno, BHP no incluye la perdida de transmisión por banda.

3.- Los valores que aparecen en el cuadro rojo se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>

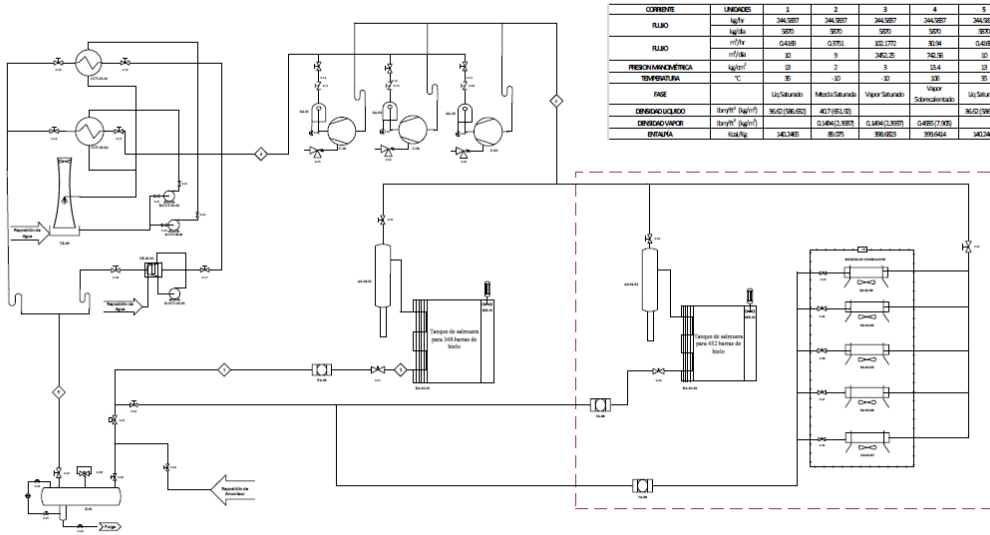
Datos obtenidos de: Tabla de Capacidades y Caballos de Fuerza Compresores MYCOM

## **Anexo F**

# **Diagramas**

# Balance final

## FÁBRICA DE HIELO "ÁRTICO"



COMPORTE	UNIDADES	1	2	3	4	5
FLUJO	kg/h	346.587	346.587	346.587	346.587	346.587
	kg/día	8299	8299	8299	8299	8299
FLUJO	m³/h	0.4489	0.4489	0.4489	0.4489	0.4489
	m³/día	10.774	10.774	10.774	10.774	10.774
PRESION MANOMÉTRICA	kgf/cm²	10	2	3	15.4	13
TEMPERATURA	°C	35	-10	-10	155	15
FASE		líq Saturado	Mixto Saturado	Vapor Saturado	Vapor	líq Saturado
ENTRADA CALOR	ton/h	36.02 (126.02)	4.71 (16.52)			36.02 (126.02)
ENTRADA TRABAJO	ton/h	0.184 (0.65)	0.184 (0.65)	0.184 (0.65)	0.184 (0.65)	0.184 (0.65)
ENTRADA	kg/h	146.385	85.05	356.025	356.025	146.385

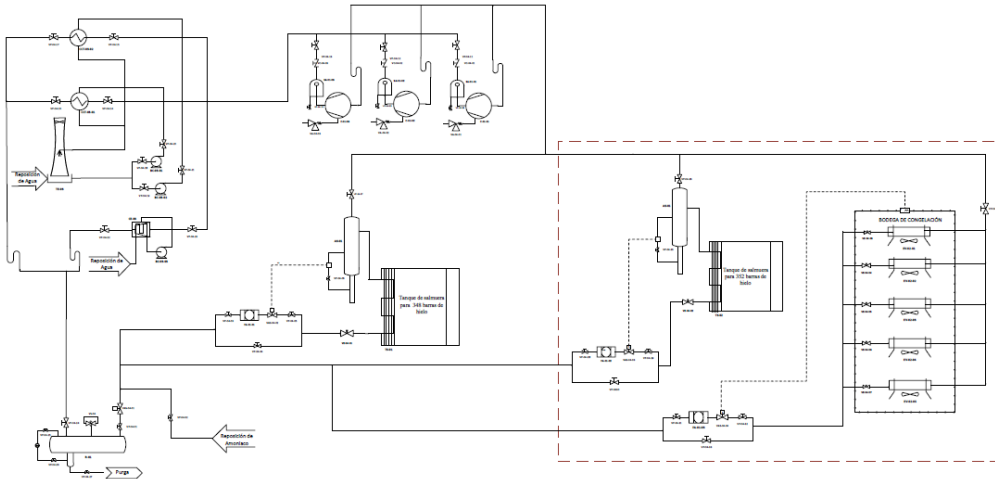
CLAS	NOMBRE	CARACTERÍSTICAS
R-01	Tanque de Recibido de Amoníaco	Long=1.80m Diámetro=0.633m Volumen=0.20m³
C-01	Compresor de Amoníaco-0A	Potencia=143hp
C-02	Compresor de Amoníaco-0B	Potencia=143hp
C-03	Compresor de Amoníaco-0B	Potencia=143hp
SA-01	Separador de Aceite del Compresor 0A	Long=0.30m Diámetro=0.303m Volumen=0.007m³
SA-02	Separador de Aceite del Compresor 0B	Long=0.30m Diámetro=0.303m Volumen=0.007m³
SA-03	Separador de Aceite del Compresor 0B	Long=0.30m Diámetro=0.303m Volumen=0.007m³
EA-01-02	Evaporador de Amoníaco (Cargante)	Q=30.000.000 Btu/hv
CT-01-02	Condensador de Gasos (Tubo 1)	Long=5.27m Diámetro=0.633m Q=1.000.000 Btu/hv
CT-01-02	Condensador de Gasos (Tubo 2)	Long=5.27m Diámetro=0.633m Q=1.000.000 Btu/hv
CB-01-02	Condensador Refrigerante	Q=48000 Btu/hv
B-CT-01-02	Bombas del Condensador de Gasos (Tubo 1)	Bombas de 7.5hp
B-CT-01-02	Bombas del Condensador de Gasos (Tubo 2)	Bombas de 7.5hp
B-CT-01-02	Bombas del Condensador Refrigerante	5hp (Bombas) y ventilador 3hp
M-01	Meca para Agitador de Salmuera	Tracción de 3hp
AG-01-02	Acumulador de Sulfuro 1	Long=0.60m Diámetro=0.268m Volumen=0.008m³
TS-01	Tubo de enfriamiento	Ventilador de 3hp
FA-01	Filtro de Amoníaco	Filtro de alfileres (tramo) de acero inoxidable

SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
→	Entrada de sustancia prima (operación)
◇	Designación para la corriente de un flujo
—	Dirección de flujo
⋯	Fluctuaciones de la línea
⌋	Cambio de gases

REVISIONES					NUM	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUTTLA GUTIÉRREZ CHIAPAS	DIBUJO: CESAR OCTAVIO CASTELLANOS GALDÁMEZ	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN MECÁNICA CON AMONÍACO
MCA	DESCRIPCIONES	FECHA	POR	Va. Bo.						
					N-HRC-200A	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HIELO EN BARRAS Y EN CUBOS				
					N-HRC-200B	REFRIGERACIÓN CON AMONÍACO				DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO
								18 DE AGOSTO DE 2010		LUGAR: TUTTLA GUTIÉRREZ, CHIS.

## Instrumentación

# FABRICA DE HIELO "ÁRTICO"



LEYENDA	Símbolo	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACION
ALTA DE SALMUERA		Alta de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	1A-01
INTERMEDIARIA		Intermedia de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	1B-01
BAJA		Baja de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	1C-01
INTERMEDIARIA DE SALMUERA		Intermedia de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	2A-01
ALTA DE SALMUERA		Alta de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	2B-01
BAJA DE SALMUERA		Baja de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	2C-01
ALTA DE SALMUERA		Alta de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	3A-01
INTERMEDIARIA		Intermedia de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	3B-01
BAJA		Baja de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	3C-01
ALTA DE SALMUERA		Alta de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	4A-01
INTERMEDIARIA		Intermedia de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	4B-01
BAJA		Baja de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	4C-01
ALTA DE SALMUERA		Alta de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	5A-01
INTERMEDIARIA		Intermedia de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	5B-01
BAJA		Baja de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	5C-01
ALTA DE SALMUERA		Alta de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	6A-01
INTERMEDIARIA		Intermedia de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	6B-01
BAJA		Baja de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	6C-01
ALTA DE SALMUERA		Alta de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	7A-01
INTERMEDIARIA		Intermedia de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	7B-01
BAJA		Baja de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	7C-01
ALTA DE SALMUERA		Alta de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	8A-01
INTERMEDIARIA		Intermedia de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	8B-01
BAJA		Baja de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	8C-01
ALTA DE SALMUERA		Alta de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	9A-01
INTERMEDIARIA		Intermedia de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	9B-01
BAJA		Baja de salmuera en el tanque de salmuera para 400 barras de hielo.	9C-01
ALTA DE SALMUERA		Alta de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	10A-01
INTERMEDIARIA		Intermedia de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	10B-01
BAJA		Baja de salmuera en el tanque de salmuera para 100 barras de hielo.	10C-01

REVISIONES					NUM	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ CHIAPAS	DIBUJO: CESAR OCTAVIO CASTELLANOS GALDAMEZ	PROYECTO: CESAR OCTAVIO CASTELLANOS GALDAMEZ	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN MECÁNICA CON AMONÍACO
MCA	DESCRIPCIONES	FECHA	POR	Vg. Bo.							
					N-HRC-200A	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HIELO EN BARRAS Y EN CUBOS		23 DE AGOSTO DE 2010	REVISIÓN:		DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN
					N-HRC-200B	REFRIGERACIÓN CON AMONÍACO			COORDINADOR:		LUGAR: TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.



## CONCLUSIONES

La experiencia adquirida durante más de 30 años en el ámbito empresarial particularmente hablando de las fábricas de hielo, permitió desarrollar las nuevas instalaciones ubicadas en la 9ª. sur oriente No. 1956, tomando en cuenta todo ese conjunto de experiencias para eficientar, operación, sistemas y mantenimiento, lo que permitió diseñar unas instalaciones adecuadas, algunos de los puntos a señalar en este proceso, pueden ser:

1. La altura del andén para el despacho del producto debe ser de 1.50 mts. que es la altura de un camión de carga de 3 toneladas, ya que es más fácil y ahorra tiempo, bajar el producto a un vehículo de menor altura, que tener que subirlo con un andén más bajo.
2. La distribución en planta de los equipos (compresores, separadores de aceite, arrancadores, condensadores, etc.) se realizó cuidando los estándares operativos de toda fábrica de hielo, como por ejemplo el arranque de los compresores está ubicado a una distancia de 1m de las válvulas de operación del mismo, lo que evita problemas en el arranque del compresor por desplazamientos del operador.
3. Se calculó el valor adecuado de aislamiento de todos los componentes sujetos a ganancia de calor, se encontró que las tuberías que no son consideradas normalmente en un proceso de aislamiento, generan una pérdida de frío (ganancia de calor), lo que significa un costo operativo, asimismo se encontró que el tanque de salmuera debe de tener no más de cinco pulgadas de aislamiento de poliuretano, pues cualquier cantidad mayor repercute en el costo sin tener un mayor ahorro en la transferencia de calor.
4. Se aprovecho el frío del agua del tanque de desmolde para retirar el calor del agua de enfriamiento de compresores, logrando con esto 2 resultados favorables, mejor enfriamiento de compresores y un agua de mayor temperatura en el tanque de desmolde.

## BIBLIOGRAFIA

- Transferencia de Calor, J.P. Holman, Octava Edición
- Tabla de Capacidades y Caballos de Fuerza Compresores MYCOM
- <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0713S/T0713S00.htm>
- <http://www.taringa.net/posts/info/2035548/Historia-Cubos-de-Hielo-%5BPara-leer-estando-al-pedo%5D.html>
- <http://www.nuestroclima.com/blog/?p=1491>
- [http://www.refrigeracionindustrial.com/cgi-bin/RRI.pl?s=a&id=4&a=l#SlideFrame\\_2](http://www.refrigeracionindustrial.com/cgi-bin/RRI.pl?s=a&id=4&a=l#SlideFrame_2)
- <http://www.fao.org/docrep/003/t0713s/T0713S05.htm>
- Yunus A. Cengel y Michael A. Boles, “Termodinámica”, 4ª. Edición., McGraw-Hill Companies.
- J. P. Holman, “Transferencia de Calor”, CECSA, Décima Edición.
- Burgess H. Jennings y Samuel R. Lewis, “Aire Acondicionado y Refrigeración”, CECSA, Décima quinta Edición.