

49
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

"ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO DE UNA
FABRICA DE HIELO"



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
CARLOS HERNANDEZ DOMINGUEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
I. DESCRIPCION DE LA FABRICA, DIAGRAMA DE FLUJO Y PROCESO....	3
II. DATOS TECNICOS PROPORCIONADOS POR LA COMPANIA QUE CONSTRUYO LA PLANTA.....	10
III. CALCULO SOBRE EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE LAS MISMAS CARACTERISTICAS.....	28
Balance de materia y energía.....	30
Diseño del compresor.....	33
Diseño del condensador.....	36
Diseño del tanque congelador.....	51
Diseño de Equipos auxiliares.....	53
IV. RESULTADOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS CON LA PLANTA INSTALADA.....	72
V. COMPARACION ENTRE RESULTADOS EXPERIMENTALES, DATOS TECNICOS Y CALCULOS DE LA PLANTA.....	88
Compresor.....	88
Condensador.....	94
Tanque congelador.....	96
Equipos auxiliares.....	96
VI. ESTUDIO ECONOMICO.....	100
Costos de Producción y utilidad.....	100
Utilidad, utilidad neta y rentabilidad.....	103
Sistema ideal.....	104
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
APENDICE.....	112
BIBLIOGRAFIA.....	161

INTRODUCCION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

A fines del año de 1979, en las Choapas, Ver. existía una planta de hielo con una capacidad de producción de 22 toneladas diarias, propiedad del Sr. Jesús Prados Peralta, quién al observar que dicha producción no era suficiente para abastecer el mercado local, decidió instalar otra planta que produjera a su vez 20 toneladas diarias para complementar la demanda del mercado.

El diseño y la construcción de la nueva planta estuvo a cargo de la empresa Ingenieros en Refrigeración, S.A., localizada en la ciudad de México, D.F.. Esta empresa hizo entrega de la nueva planta en el mes de Enero de 1982.

La inquietud de realizar el presente estudio técnico y económico de la fábrica de hielo mencionada, nació de la observación del tamaño y la dimensión de los equipos instalados, mismos que al no ser los adecuados traerían consecuentemente una variación en la capacidad de producción de la planta, así como un incremento en los costos, tanto de producción como del equipo mismo.

Para llevar a cabo nuestro estudio, ha sido necesario recopilar la mayor cantidad de datos posibles, entre los que destacan documentos proporcionados por la empresa constructora (IRSA) y los resultados obtenidos durante la operación de la planta en el año de 1982.

Por otro lado, se realizan los cálculos para el diseño de una planta de las mismas características, con el objeto de poder establecer una comparación real acerca de los equipos que la componen.

Se espera que de este trabajo surjan conclusiones y recomendaciones que nos permitan operar de una manera óptima la fábrica de hielo adquirida, así como el establecimiento de las bases que nos permitan en un futuro seleccionar el equipo adecuado en un nuevo proyecto.

CAPITULO I

DESCRIPCION DE LA FABRICA, DIAGRAMA DE FLUJO Y PROCESO

CAPITULO I

DESCRIPCION DE LA FABRICA, DIAGRAMA DE FLUJO Y PROCESO.

En la fábrica de hielo adquirida por el señor Prados para -- el abastecimiento del mercado de Las Choapas, Ver., se emplea -- un proceso relativamente sencillo para la producción del hielo, -- el cuál consiste en enfriar agua potable hasta una temperatura -- de 4 o 5 °C por debajo del punto de fusión. Para lograrlo se -- emplea el siguiente sistema:

En el tanque de congelación que contiene salmuera de cloruro de sodio a una temperatura de 16 °F aproximadamente, se sumergen los moldes llenos de agua potable (sin que la salmuera se llegue a derramar al interior de los mismos), y se espera el tiempo en -- que se forma el hielo (aproximadamente 24 horas). Una vez que -- se tiene el producto, se desmolda con agua potable y se almacena. El hielo se encuentra listo para su venta.

Para conservar la salmuera a la temperatura necesaria para -- la obtención del hielo, se hace circular un refrigerante (amoníaco) a través de un serpentín que se encuentra en el interior del tanque; una vez que el refrigerante sale del serpentín pasa por -- un acumulador en donde se separa el líquido del vapor, recircu---lando el líquido.

El vapor del refrigerante que sale del acumulador, se alma--cena para ser comprimido posteriormente; cuando sale del compre--sor el refrigerante va hacia el condensador, pasando por un tan--que separador de aceite.

El condensado circula por una válvula de expansión, y de -- aquí al acumulador ya mencionado, en donde hay una separación -- del líquido y el vapor, asegurando que al serpentín entre sola--mente líquido.

De acuerdo con lo anterior, se tiene un ciclo en el que el -- refrigerante aprovecha el calor cedido por el agua para evaporar--se en el serpentín y favorecer la formación del hielo.

El condensador empleado en esta planta usa como medio de --- enfriamiento agua, funcionando además como una torre de enfria--- miento ya que está provisto de dos ventiladores y un sistema de - recirculación del agua.

Por otro lado, la fábrica cuenta con un sistema electro-me-- cánico de poleas deslizables y grúa para el manejo del producto, así como una bodega aislada para el almacenamiento del hielo.

El diagrama de flujo del proceso descrito, la distribución - y la ubicación de la planta, son presentados en las figuras 1, 2 y 3 de las hojas siguientes.

El agua potable con que se produce el hielo, se obtiene de - un sistema de tratamiento alimentado por dos pozos. El sistema -- de tratamiento consiste en: filtro de arena, filtro de carbón - - activado, suavizador, dosificador de cloro y un tanque de almace-- namiento de agua potable. Dicho sistema, tiene una capacidad de -- carga de 80 a 100 litros de agua por minuto, por lo que satisfac-- ce las necesidades de nuestra planta, cubriendo también el consu-- mo de la planta que ya existía.

El agua empleada para enfriamiento de los equipos y motores, así como la empleada en el condensador, proviene de río y no -- lleva tratamiento alguno.

Por último, al consultar con la literatura especializada, - encontramos que la fábrica cumple con los equipos y la instru--- mentación recomendada para este tipo de industria.

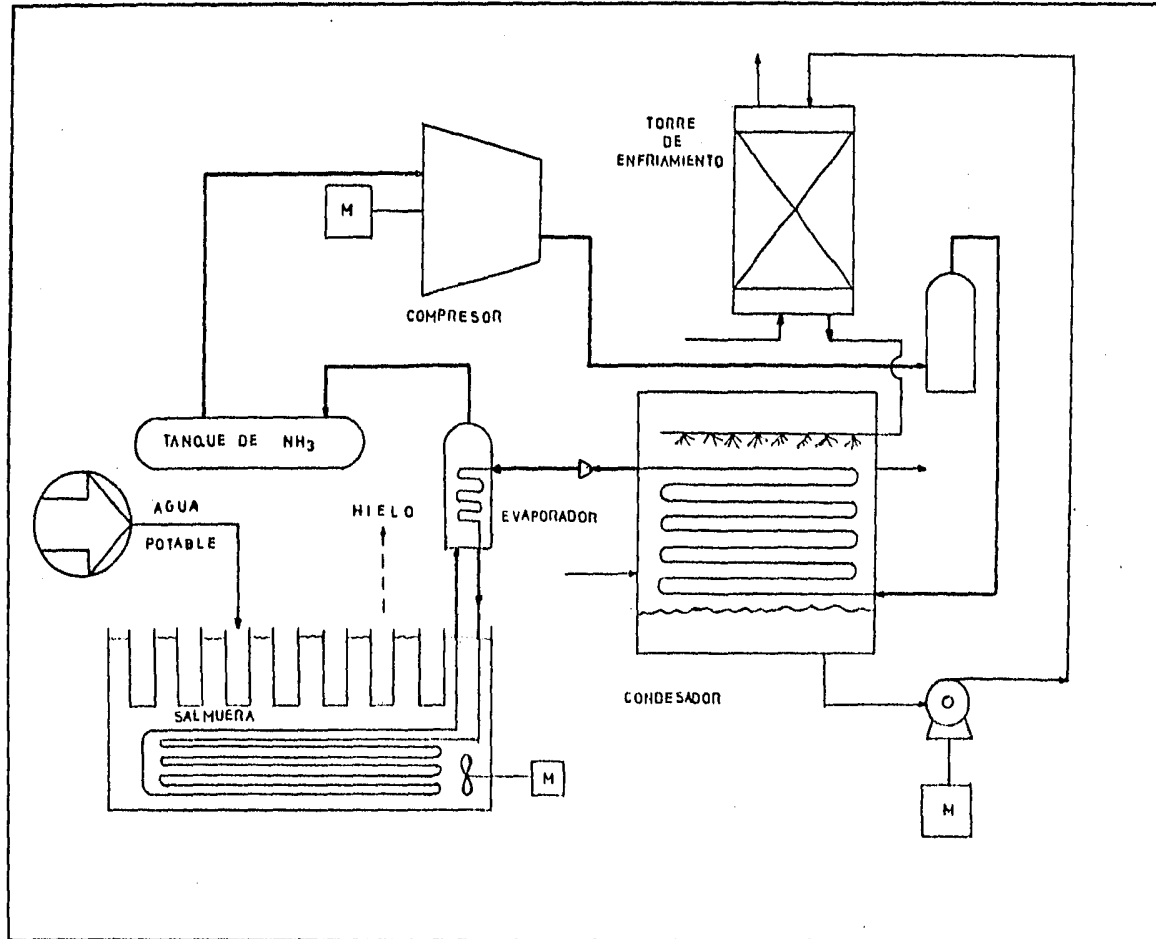


FIG. 1. DIAGRAMA DE FLUJO Y PROCESO

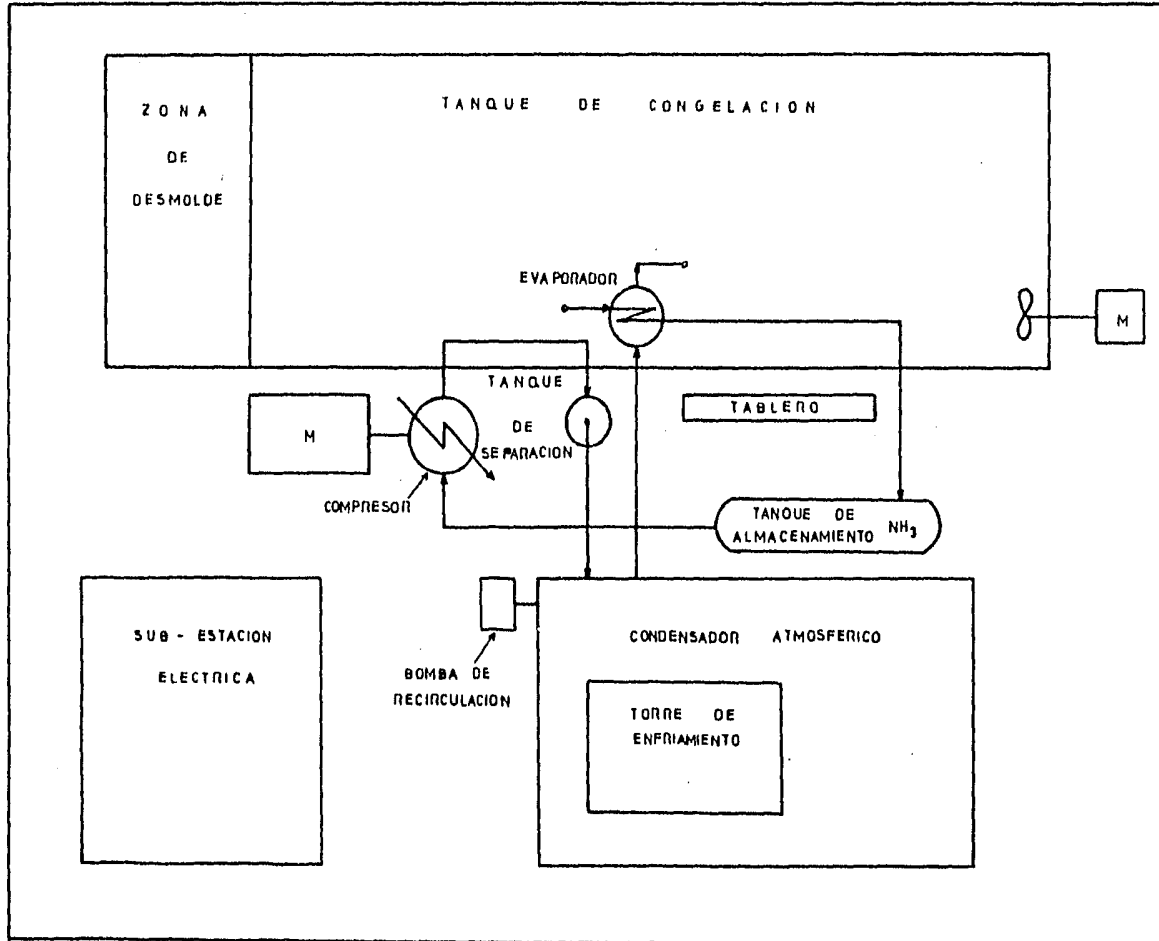


FIG 2. DISTRIBUCION DE LA PLANTA

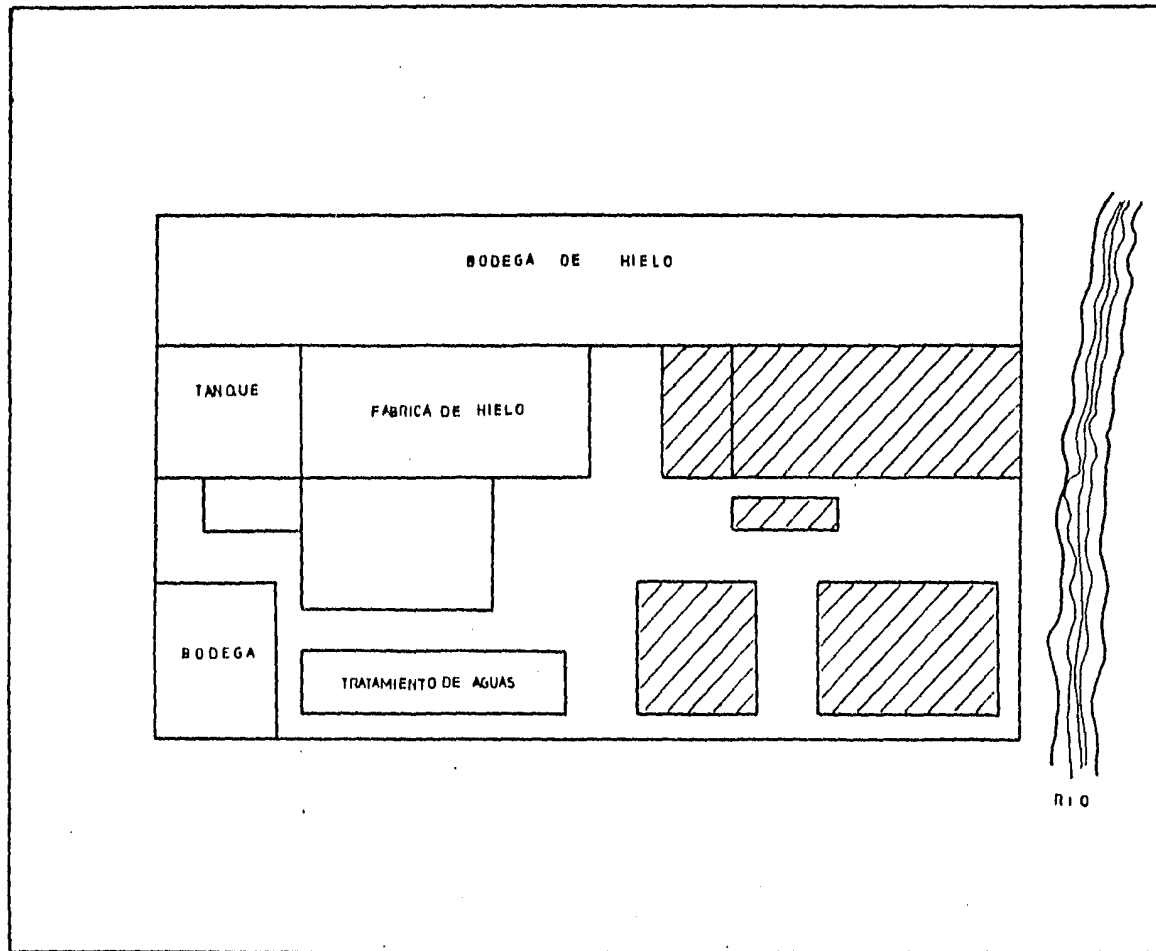


FIG 3. UBICACION DE LA PLANTA

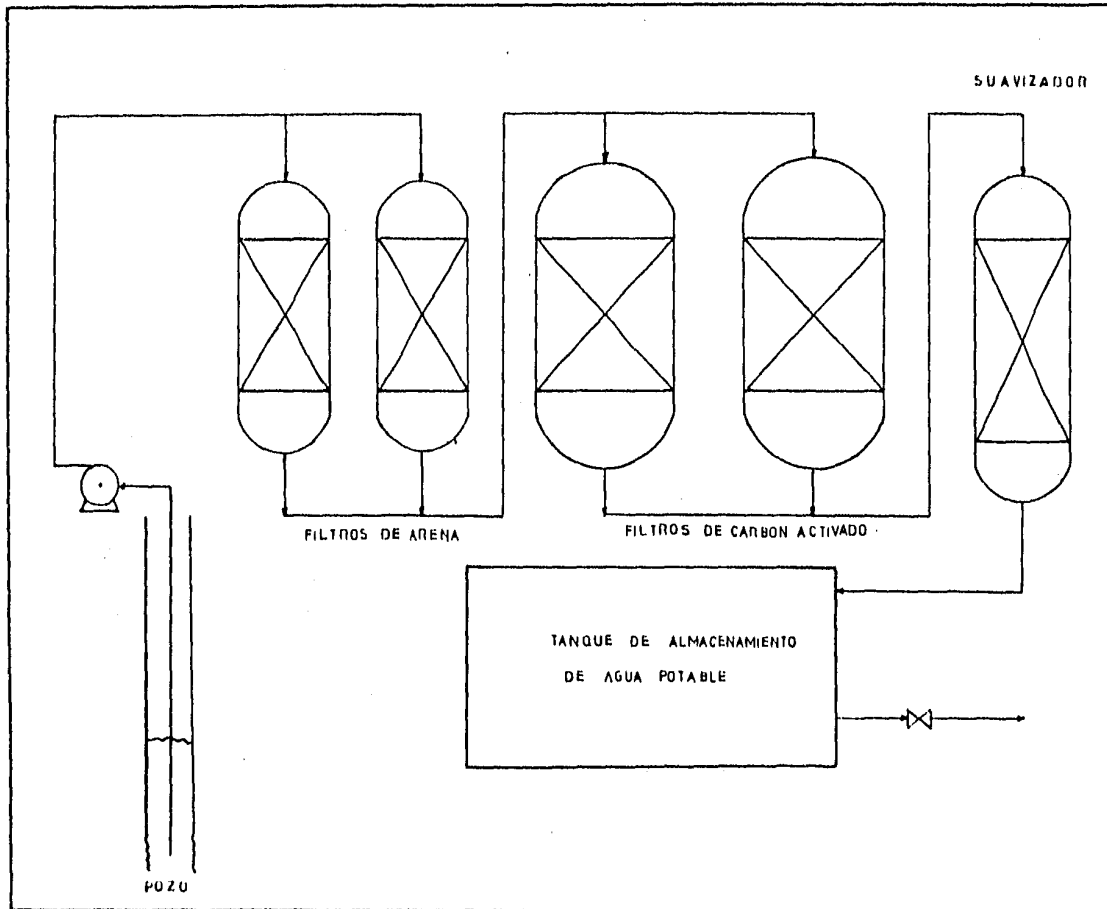


FIG 4. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

CAPITULO II

DATOS TECNICOS PROPORCIONADOS POR LA COMPAÑIA
QUE CONSTRUYO LA PLANTA

CAPITULO II

DATOS TÉCNICOS PROPORCIONADOS POR LA COMPAÑIA QUE CONSTRUYO LA PLANTA.

La compañía Ingenieros en Refrigeración, S.A., que se encargó del diseño y la construcción de la planta de hielo, proporcionó los datos técnicos que se presentan en las siguientes hojas.

En la primera parte de estos datos, tenemos un presupuesto que incluye el equipo necesario para la planta de 20 toneladas -- diarias, así como los componentes y accesorios, y las condiciones de operación de algunos de los equipos.

En cuanto a los motores, aparatos eléctricos, y el equipo -- empleado en el manejo del producto, encontramos un breve resumen y una cotización por separado.

En segundo término, se proporcionan los datos de la bodega -- de almacenamiento con sus accesorios y materiales de construcción así como las partes eléctricas necesarias; se tiene también, la cotización que incluye todo ésto.

Posteriormente se determinan las condiciones en las que se -- efectuó el contrato, las cuáles se refieren al tiempo de entrega, forma de pago, materiales no incluidos, montaje y garantía. Estas condiciones fueron aceptadas por el señor Jesús Prados Peralta, sin consultar previamente otras alternativas del proyecto.

Por otro lado, se presenta también, el proyecto de la subestación eléctrica, necesaria para suministrar la energía requerida por los motores de la planta, incluyendo el precio y condiciones de entrega, mano de obra y forma de pago.

Al final, tenemos los planos entregados por la compañía, en los que se detalla la ubicación y distribución de la planta, el tanque congelador con su serpentín, y el condensador.

Se observa que no se proporcionan los datos de ingeniería -- que nos pudieran llevar a la selección de esta alternativa en el caso de que hubieran otras.



INGENIEROS EN REFRIGERACION, S. A.

SULLIVAN N° 31-BIS 29 PISO TEL 5168 35129 CON 3 LINEAS
MEXICO 4. D. F.

Septiembre 3 de 1979.

SR. JESUS PRADOS PERALTA,
E. Carranza No. 39,
Las Choapas, Ver.

Muy señor nuestro y amigo:

De acuerdo con sus deseos, a continuación nos estamos permitiendo pasar nuestra oferta por una Fábrica de Hielo de 20 toneladas diarias y moldes de 50 Kgs., así como de la sub-estación eléctrica que desea adquirir.

PRESUPUESTO No. VIII-1972-79.

EQUIPO PARA FABRICA DE HIELO DE 20 TONELADAS DIARIAS EFECTIVAS CON MOLDES DE 50 KGS. CADA UNO, CON CANASTILLAS PARA 5 - MOLDES Y MOTORES ELECTRICOS.

- 1 Compresora para amoníaco marca Mycom, mod. NV-4B - de 4 cilindros, equipada con sus válvulas de succión y válvulas de descarga, válvula de seguridad-válvulas de By Pass, filtro para la línea de succión, volante ranurado tipo V, con guarda-bandas, base de fierro estructural compacta, con rieles para la instalación del motor reductor de capacidad con su válvula solenoide, automática para el 50%, control diferencial para la presión del aceite e interruptor de presión para alta y baja.

La compresora antes descrita, trabajando a una velocidad de 1,000 r.p.m., con presión de succión de 22.5 Lbs./Pulg.² en la descarga, tiene capacidad de 46 T.R. y necesita un motor de 75 H.P.

##....



- 1 Separador de aceite con retorno automático de 14" de \varnothing por 36" de longitud, con válvula flotadora interior y válvula de servicio.
- 1 Juego de bandas y polea para la compresora.
- 1 Condensador atmosférico tipo de goteo, formado por 6 secciones, de 12 tubos por sección, construido de tubería negra céd. 80 de 2", cabezales verticales de 3" céd. 40, marca TAMSA, soportes de canal de 3" sistema de distribución de agua en tubería galvanizada y espreas.

El condensador anterior tiene una capacidad de 46 T.R. por hora.
- 2 Ventiladores axiales de 30" de \varnothing , equipado con motor - de 3/4 H.P., 220 volts, 60 ciclos, 4 polos con transmisión por medio de bandas para el enfriamiento del agua del condensador.
- 1 Recipiente de 16" de \varnothing por 10' de longitud, completo - con sus válvulas de entrada y salida de amoníaco, válvula automática con cristal indicador de nivel, válvula de seguridad, válvula para la purga de aceite, válvula para la purga de aire y válvula para cargar el sistema.
- 1 Juego de serpentines del tipo inundado formado por 4 secciones de 3 hileras por sección de 7 tubos por hilera, - una longitud de 26' -0" de tubería negra céd. 40 de 1½" - marca ALFA con un total de 2,184' y tubo de alimentación de 2½", con soporte de solera de 1¼" x ¼".

Acumulador vertical de 16" de \varnothing por 8' 6" de longitud -- cabezales para unirse a los serpentines.

Todo el conjunto va probado a una presión de 225 Lbs./Pulg.
- Tanque construido de lámina negra de ¼" de espesor, de - 31' 9" de longitud por 19' 5" de ancho y 39" de altura -



reforzado en la parte superior con ángulo de 3" x 3" - x $\frac{1}{4}$ " y lámina de división de $\frac{3}{16}$ " soportes en el agitador, canal de 3" para la distribución de las canastillas y guías para las canastillas.

El tanque anterior irá en las partes necesarias para su transportación y será soldado en la obra por cuenta de ustedes.

- 1 Válvula flotadora de baja presión marca Phillips, con válvulas auxiliares, válvulas de expansión manual, filtro con la línea de líquido y conexiones.
- 400 Moldes de 8" x 16" x 34" para barras de 50 Kgs., con soldera de refuerzo de $1\frac{1}{4}$ " x $\frac{1}{4}$ ", construido de lámina galvanizada del No. 16 y fondos del No. 14.
- 80 Canastillas construidas de solera de $\frac{5}{16}$ " x 5" y solera de $\frac{1}{4}$ " x 4" galvanizadas por inmersión después de su fabricación de 47" de longitud por $17\frac{3}{8}$ " de ancho.
- 1 Juego de tapas construidas de pino de primera clase para las canastillas y tapas para los serpentines de $\frac{7}{8}$ " de espesor, aisladas con 2 capas de papel asfalto conjaladeras y pintadas con pintura anticorrosiva.
- Las planchas de frigolit necesarias para el aislamiento del piso del tanque con un espesor de 5"
- 11 Mts.³ de carlita para rellenar los costados del tanque con un espesor de 8"
- 1 Propulsor vertical acoplado por medio de bandas a motor eléctrico de 5 H.P., 220 volts, 60 ciclos, 4 polos con propela de 14" de ϕ para hacer la circulación de la salmuera dentro del tanque.
- La tubería, conexiones y válvulas necesarias para la línea de líquido.
- La tubería, conexiones y válvulas necesarias para la línea de descarga.
- La tubería, conexiones y válvulas necesarias para la línea de succión.

##.....



- La primera carga de amoníaco para el sistema, los cilindros vacíos serán devueltos al terminar la instalación.
- La primera carga de aceite de refrigeración.

EQUIPO MOTRIZ Y APARATOS ELECTRICOS.

- 1 Motor eléctrico de 75 H.P., 220 volts, 60 ciclos, 4 polos para trabajar la compresora anterior.
- 1 Auto-Starter de operación manual con sus protecciones - de sobre carga y bajo voltaje, para 220 volts, 60 ciclos para el motor de 75 H.P.
- 1 Interruptor de navajas con caja metálica y cartuchos fusibles para 400 amperes.
- 2 Interruptores electro-magnéticos para el motor de 5 H.P. del propulsor, 220 volts, 60 ciclos, con elementos térmicos.
- 1 Bomba centrífuga acoplada a motor eléctrico de 5 H.P., - 220 volts, 60 ciclos con capacidad de 250 r.p.m.
- 5 Interruptores electro-magnéticos de 1 H.P., 220 volts, - 60 ciclos, con elementos térmicos para el motor de la - grúa.

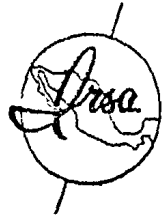
EQUIPO PARA EL MANEJO DE LOS MOLDES.

- 1 Grúa con polipasto eléctrico con capacidad de 500 Kgs.
- 1 Tanque despegador para 5 moldes de 50 Kgs.
- 1 Tanque llenador para 5 moldes de 50 Kgs. cada uno.
- 1 Volquete para 5 moldes de 50 Kgs.

P R E C I O :

\$ 1'726,749.20

##.....



- 1 Reloj marca PARAGON o similar para el control del tiempo de descarche.
- Lote de tuberías y conexiones de cobre para la instalación.
- La primera carga de freón 12 para el sistema.
- La primera carga de aceite de refrigeración.
- El poliestireno expandido en planchas para el aislamiento de la bodega, con espesor, de 4", incluyendo el metal desplegado, emulsión asfáltica para la barrera de vapor y el cold-fass para la colocación del aislamiento.
- 1 Puerta especial para refrigeración de 1.80 mts. x .90 cms. bisagras y cerrojos del tipo industrial.
- 1 Puerta para la salida del hielo de 24" x 24" para refrigeración.

MATERIALES ELECTRICOS.

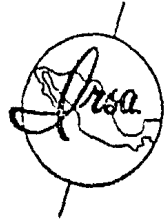
- 1 Arrancador a plena carga para 7½ H.P., 220 volts, 60 - ciclos, con elementos térmicos.
- 1 Interruptor de navajas y cartuchos fusibles en caja metálica para 240 volts, 2 fases.

<u>P R E C I O :</u>	\$ 173,571.50
Más 4% I.S.I.M.	<u>6,942.85</u>
	<u><u>\$ 180,514.35</u></u>

(CIENTO OCHENTA MIL, QUINIENTOS CATORCE PESOS 35/100 - M.N.)

TIEMPO DE ENTREGA:

De 12 a 14 semanas a partir de la fecha de recibida su orden.



CONDICIONES DE PAGO:

- {50% con su pedido.
- {25% contra documentos de embarque.
- 25% al terminar la instalación, siempre y cuando se nos proporcione la energía eléctrica para el arranque - del equipo. El caso contrario este pago se hará -- 45 días después de terminar la instalación, si es - hecha por alguno de nuestros técnicos.

MATERIALES NO ICLUIDOS:

- La sub-estación y materiales eléctricos para la instala ción de los motores.
- Toda la mano de obra de albañilería.
- Sal de mar para la salmuera.
- Fletes y maniobras de todo el equipo.
- Mano de obra para la construcción del local.
- Nos harán favor de proporcionarnos energía eléctrica - para conectar una máquina de soldar de 5 H.P.

MONTAJE:

Por nuestro técnico les cobraremos la cantidad de - - - \$ 800.00 (OCHOCIENTOS PESOS 00/100 M.N.), más gastos -- - - - de pasaje, hospedaje, alimentación y los ayu- dantes necesarios para nuestro técnico.

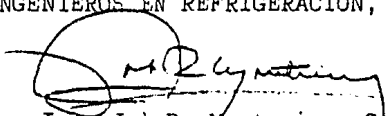
GARANTIA:

Todo nuestro equipo y materiales anteriormente descritos están garantizados contra defectos de fabricación por el término de un año después de su entrega, siempre y cuando sea uno de nuestros técnicos quien haga la instalación - o uno de nuestros ingenieros dé su aprobación.



Sin más de momento y en espera de vernos favorecidos -
con su amable pedido, nos suscribimos como siempre sus Afmos.,
Attos., Amigos y Ss. Ss.

INGENIEROS EN REFRIGERACION, S. A.


Ing. Job R. Montesinos C.
Gerente General.



INGENIEROS EN REFRIGERACION. S. A.

SULLIVAN Nº 31-BIS 2º PISO

TEL 5-66-95-99 CON 3 LINEAS

MEXICO 4. D. F.

Septiembre 5 de 1979.

SR. JESUS PRADOS PERALTA,
E. Carranza No. 39,
Las Choapas, Ver.

Muy señor nuestro y amigo:

De acuerdo a sus instrucciones, nos permitimos pasar a ustedes nuestra oferta por una Sub-estación Eléctrica tipo - Rural, con capacidad de 112.5 KVA, trifásico 13,200 volts - 220/127 volts, 60 ciclos, entregada por los siguientes equipos y materiales:

PRESUPUESTO No. VIII-1973-79.

- 1 Transformador trifásico de 112.5 KVA, 60 ciclos, voltaje primario 13,200 volts, conexión Delta, y con 4 derivaciones de 2.5% cada uno, (2 arriba y 2 abajo -- del voltaje nominal), voltaje secundario 220-127 volts en conexión estrella. 55°C de elevación de temperatura, 3% de impedancia mínima para una operación máxima de 2,000 M.S.N.N., auto enfriado en aceite, y fabricado bajo normas ANSI, marca Mecsa o similar.

IMPORTE DE ESTA PARTIDA: \$ 88,900.00

- 1 Lote de Materiales y Equipos, estructura metálica de Fierro ángulo de 4" x 4" x $\frac{1}{4}$ " y canal de 3" (galv.).
- 1 Sistema de tierras formado con cable de cobre desnudo 0 y de varilla copper weld de 3 mts. de longitud - x $\frac{5}{8}$ ø

Aisladores tipo soporte y tipo cadena para el sopor-

##.... *A*



te del bus de cobre, calibre núm. 4 y para cables de acomitadas respectivamente.

3 Cortos circuitos tipo XS, 200 amperes nominales, --- 10,000 amperes simétricos para servicio intemperie - 15 KV.

3 Aparta rayos, tipo auto valvulares para servicio intemperie, clase 15 K.V

Materiales varios tales como: tornillos anclas, ganchos de bola, grapas, calaveras "ojo", zapatas, tornillos y tuercas, etc.

N O T A :

Esta estructura se enviará habilitada, lista para su armado y montaje en la obra.

IMPORTE DE ESTO: \$ 48,500.00

1 Interruptor general para baja tensión, tipo termo-magnético NJL, 3 polos 400 amperes, 600 volts, 50,000 -- amperes simétricos y gabinete nema 3R, a prueba de -- lluvia.

IMPORTE DE ESTO: \$ 17,500.00

SUMA TOTAL: \$ 154,900.00

Más 4% I.S.I.M. 6,196.00

\$ 161,096.00

(CIENTO SESENTA Y UN MIL, NOVENTA Y SEIS PESOS 00/100 M.N.).

Precio puesto L.A.B., nuestra planta México, D. F.



MANO DE OBRA OPCIONAL:

Mano de obra por el montaje de esta Sub-estación, considerando prestaciones al personal, alimentación, hospedaje sobre sueldos, etc. -----
\$ 28,000.00 (VEINTI OCHO MIL PESOS 00/100 M.N.). -

TIEMPO DE ENTREGA:

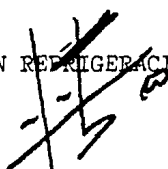

12 semanas a partir de su apreciable orden, para la --
entrega del equipo.
1 semana para el montaje del equipo.

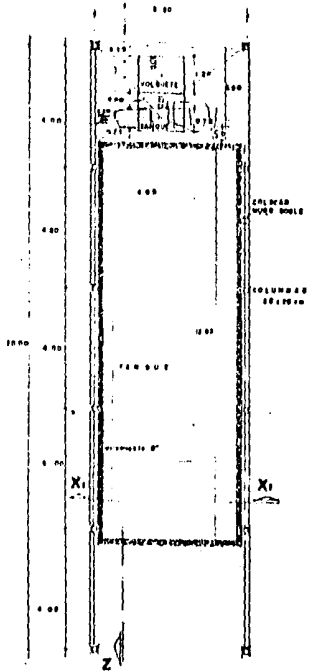
CONDICIONES DE PAGO:

50% con su pedido.
50% al entrega de los equipos.

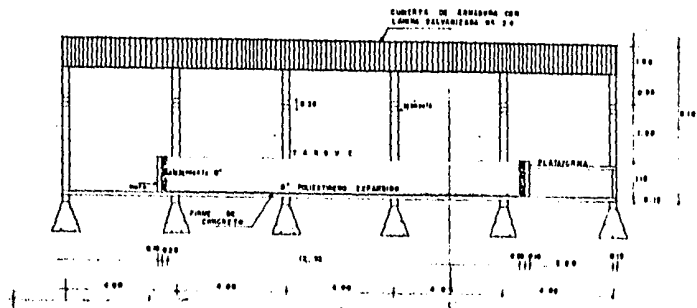
Sin más por el momento, nos repetimos de ustedes como -
sus Afmos., Attos., Amigos y Ss. Ss.

INGENIEROS EN REFRIGERACION, S. A.

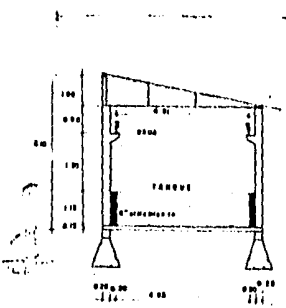

Ing. Francisco Martínez S.
Depto. de Ingeniería. 



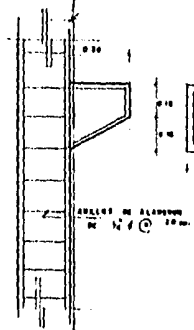
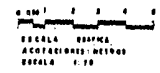
PLANTA



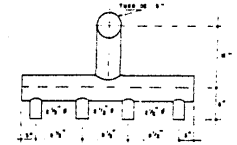
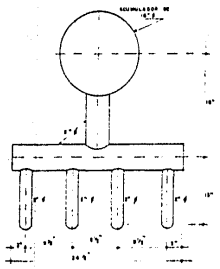
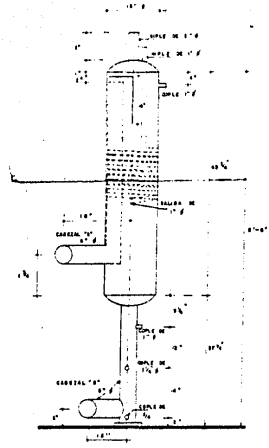
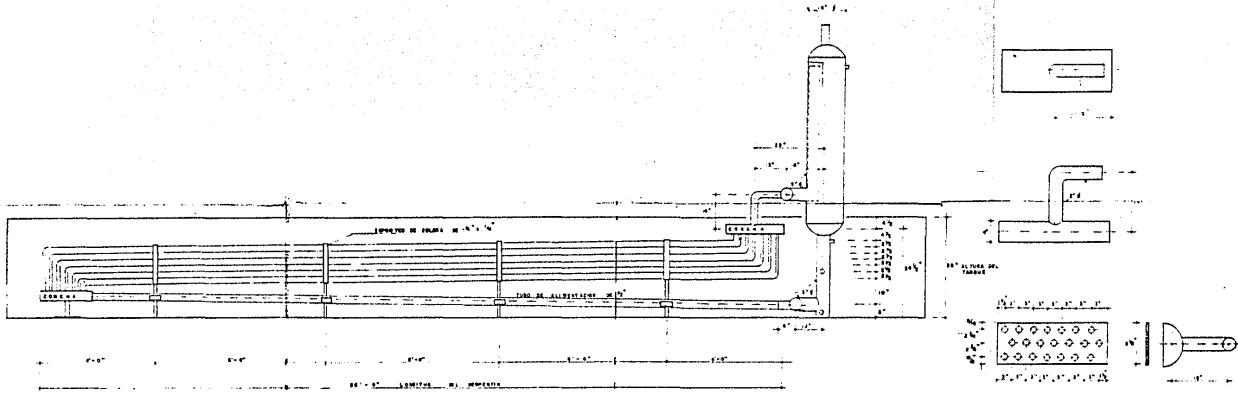
CORTE Z-Z:



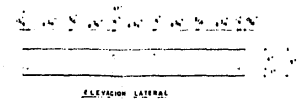
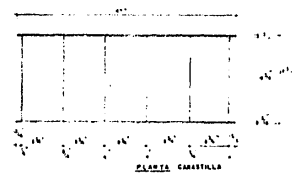
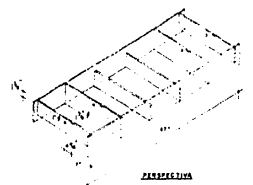
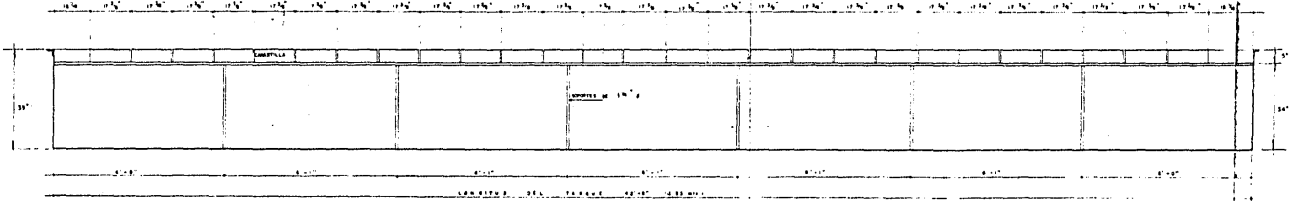
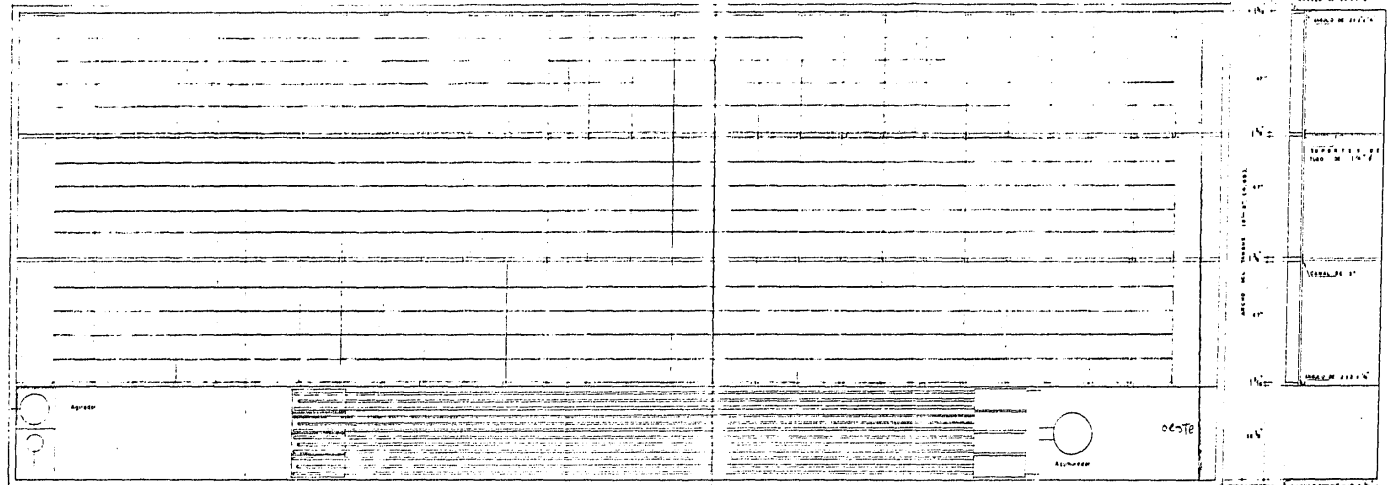
CORTE X-X'



INGENIEROS EN REFRIGERACION S. A. Sullivan n° 31 bis 2° piso MEXICO 4 D F	
REVISO: ING. JOSE M. MONTEFINO	DIBUJO: V. M. M.
CONTRATO: OT-488	ESCALA: 1:75
FECHA: 1-1-60	REVISION: 1-1-60

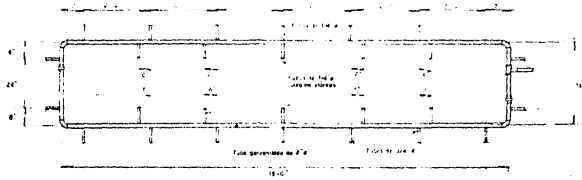


INGENIEROS EN REFRIGERACION S. A.
 SULLIVAN N° 31 OIS 2° PISO MEXICO, D. F.
 CONTRATO 37 - 45 ACOTACIONES DE 1/8" Y 1/4"
 PLANO 1 - 10

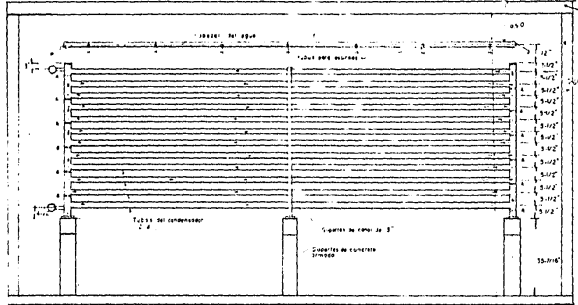
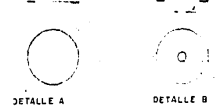


INGENIEROS EN REFRIGERACION S. A.	
Sullivan H. Díaz, 2150, MEDELLÍN, O.F.	
RETOQUE DE MONTAJES	2.000,00 M. P. M.
CONTROLES DE MONTAJES	ACORDACIONES DE MONTAJES
PLANO 1-14-80	FECHA 1-14-80

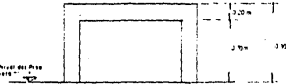
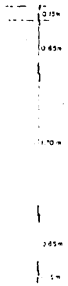
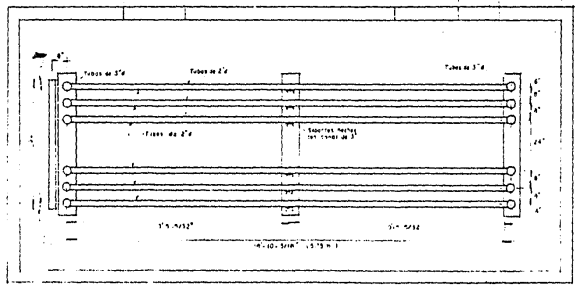
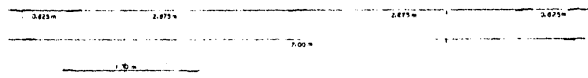
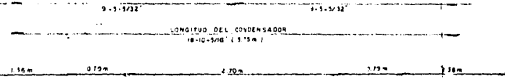
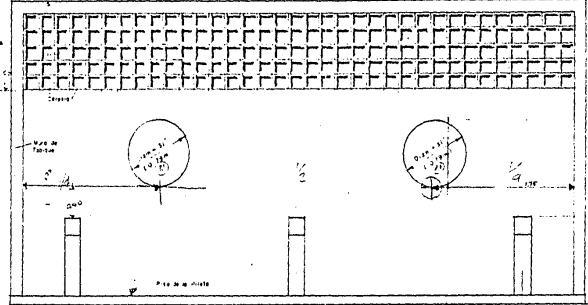
CABEZAL DEL AGUA



SOPORTE DEL CABEZAL DE AGUA



0.15
0.05
Solo de apoyo para el tubo de 2 1/2"



SOPORTES DE CONCRETO ARMADO

CONDENSADOR ATOMOSPÉRICO A REFRIGERANTE R12, 900 G. LIT. 4.00
C.A. 3.00 MTS. LARGO CON SU CABEZAL DE AGUA Y TORNEO DE ESTABILIZAMIENTO.

INGENIEROS EN REFRIGERACION S
CALLE 100 N. 25-25-27 TEL. 4000000
BOGOTÁ, COLOMBIA

CAPITULO III

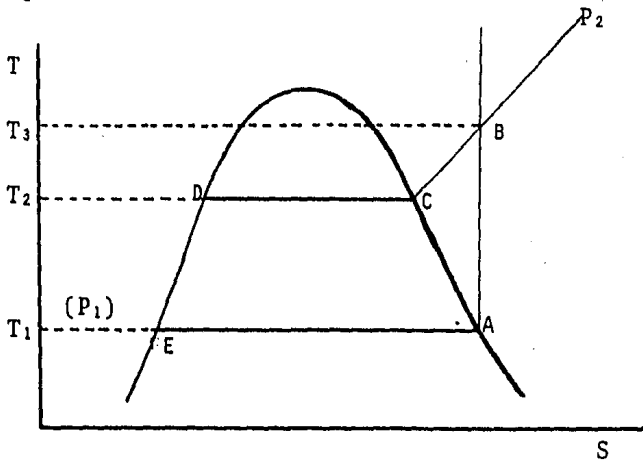
CALCULOS SOBRE EL DISEÑO DE UNA
PLANTA DE LAS MISMAS CARACTERISTICAS

CAPITULO III

CALCULOS SOBRE EL DISEÑO DE UNA PLANTA DE LAS MISMAS CARACTERISTICAS.

En todos los procesos de refrigeración el sistema empleado - aprovecha el calor del medio que va a ser enfriado para evaporar un refrigerante. En el caso de la fábrica de hielo que se estu--- dia, se evapora el amoníaco absorbiendo calor del agua hasta el - punto de convertirle en hielo, y todavía subenfriarle.

El refrigerante sufre una serie de cambios fisicoquímicos -- como son la evaporación, compresión, condensación, y expansión, - completando un ciclo de acuerdo con el siguiente diagrama de tem- peratura-entropía:



En esta figura se observa que:

En el punto A se tiene el vapor saturado (que proviene de -- la evaporación en el tanque congelador) a la presión P_1 y tempe-- ratura T_1 , el cuál es comprimido isoentrópicamente hasta el pun-- to B localizado sobre la isóbara de presión P_2 . En este punto - - el vapor se encuentra en una condición de sobrecalentamiento de - $T_3 - T_2$ grados, por encima del punto de saturación C.

Este vapor (que proviene del compresor) se hace fluir a -- través del condensador en donde es enfriado hasta la temperatura T_2 llegando al punto C sobre la línea de vapor saturado. El proceso continúa a temperatura T_2 y presión P_2 constantes, hasta -- llegar al punto D, en donde se tiene líquido saturado.

Posteriormente, el condensado es llevado del punto D al E -- por medio de una válvula de expansión, alcanzando las condiciones de presión y temperatura requeridas para la evaporación. Ya que es factible que el condensado arrastre consigo algo de vapor, -- se hace circular por un acumulador que separa las fases, antes -- de que entre al serpentín del tanque de congelación (que es en -- donde se evapora absorbiendo el calor cedido por el agua).

Al llegar el refrigerante nuevamente a las condiciones del -- punto A, se empieza otra vez el ciclo, mismo que por sus caracte-- rísticas es un ciclo de Carnot.

Ahora bien, de acuerdo con la literatura, es necesario esta-- blecer las condiciones de operación que van a regir nuestro sis-- tema, y que servirán de base para el diseño de cada uno de los -- equipos que se emplearán en nuestro proceso. Por lo tanto, tene-- mos que en los sistemas de refrigeración se debe cumplir con los siguientes requisitos para obtener el mejor rendimiento de nues-- tros equipos*:

- 1.- Solamente líquido debe entrar en la válvula de expansión y -- solo vapor en el compresor.
- 2.- El líquido que entrará en la válvula de expansión debe estar subenfriado 9°F y el vapor que va a entrar al compresor -- estará sobrecalentado 9°F .
- 3.- La presión de succión del compresor mas adecuada en estos -- sistemas, es la correspondiente a la temperatura de satura-- ción de 5°F .
- 4.- La presión de descarga del compresor debe corresponder a -- una temperatura de saturación de 86°F .

* Estas consideraciones son independientes del tipo de refrige-- rante, según Sparks y Di'Ilío.

Una vez establecido lo anterior, y para efecto de los cálculos sobre el diseño de una planta con características similares a la adquirida por el señor Prados, se hace necesaria una secuencia de diseño, misma que de acuerdo con los equipos que componen la planta, queda de la siguiente manera:

- Balance de materia y energía.
- Diseño del compresor.
- Diseño del condensador.
- Diseño del tanque congelador.
- Diseño de equipos auxiliares.

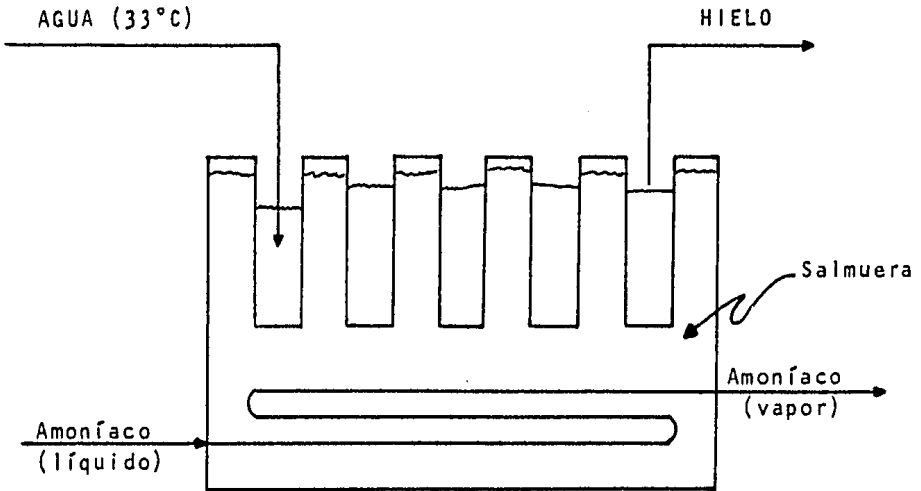
Se establece la realización del diseño del compresor en primer término, después del balance de materia y energía, por ser el equipo principal del proceso y del cuál dependerán las dimensiones y el diseño de los demás equipos que forman la planta.

BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA.

El balance de materia y energía que aquí se presenta es el correspondiente al balance total, tomando como base la capacidad de producción que se requiere, es decir, 20 toneladas diarias de hielo.

Para la obtención del producto se emplea agua potable a la temperatura ambiente (33 °C en promedio durante el año), con la que se llenan los moldes y se sumergen en la salmuera de cloruro de sodio. Dicha salmuera, absorbe el calor del agua para cederlo al amoníaco, por lo que la transferencia de calor se lleva a cabo realmente entre el agua y el amoníaco. Todo esto se ilustra en el siguiente esquema; en donde tenemos que para producir 1 kg de hielo, necesitamos 1 kg de agua por lo que se necesitarán 20 toneladas diarias de agua para obtener la producción deseada. O bien,

$$\frac{20 \text{ ton}}{24 \text{ hs}} \times 2,200 \frac{\text{Lb}}{\text{ton}} = \underline{1,833.33 \text{ Lb/h}}$$



Para calcular la cantidad de calor que se quita al agua, emplearemos la siguiente fórmula:

$$Q = w\bar{c}_p + Q_p$$

en donde:

- Q = Calor transferido, en BTU/h.
- w = Gasto másico de agua, en Lb/h.
- \bar{c}_p = Capacidad calorífica promedio del agua, BTU/Lb
- Q_p = Pérdidas de calor (por fricción, radiación, etc.) aproximadamente igual al 20 % del calor que se transfiere, esto es, $0.20 w\bar{c}_p$, en BTU/h.

La estimación de la capacidad calorífica promedio del agua a medida que varía la temperatura y se lleva a cabo el cambio de fase, se efectúa de la siguiente manera:

De 33 a 0 °C	59.4 BTU/Lb
Latente a 0 °C	144.0 "
De 0 a -8.8 °C	8.0 "

SUMA..... 211.4 BTU/Lb

Y finalmente, al sustituir, tenemos que: $Q = 465,080.0 \text{ BTU/h.}$

Esta cantidad de calor es la que va a ser aprovechada por -- el amoníaco para pasar de líquido saturado a vapor saturado a -- la temperatura de 16°F , que es la temperatura de la salmuera -- en el tanque.

Por otro lado, para conocer la cantidad de amoníaco que de-- be circular por el serpentín y que absorbe el calor, tenemos la -- siguiente relación:

$$W = \frac{Q}{H_2 - H_1}$$

en donde, W = Gasto másico de amoníaco, en Lb/h.

H_2 = Entalpía del amoníaco en la salida, BTU/Lb.

H_1 = Entalpía del amoníaco en la entrada, BTU/Lb.

Para conocer la entalpía del amoníaco en la entrada y salida, es necesario consultar la tabla 5 del apéndice, de donde se -- obtiene:

a) Amoníaco líquido saturado a $T = 16^\circ\text{F}$:

Presión	44.12 Psia
Entalpía	60.30 BTU/Lb
Entropía	0.1346 BTU/Lb $^\circ\text{F}$

b) Amoníaco vapor saturado a $T = 16^\circ\text{F}$:

Presión	44.12 Psia
Entalpía	616.60 BTU/Lb
Entropía	1.3043 BTU/Lb $^\circ\text{F}$

Y al sustituir y efectuar los cálculos: $W = 836.02 \text{ Lb/h.}$

Con estos resultados se da por terminado el balance de ma-- teria y energía y quedan determinadas las condiciones de entrada y salida de las corrientes que toman parte en el proceso; este -- balance nos servirá de base, junto con lo estipulado en el prin-- cipio del capítulo, para efectuar los cálculos correspondientes -- al diseño de cada uno de los equipos de la planta.

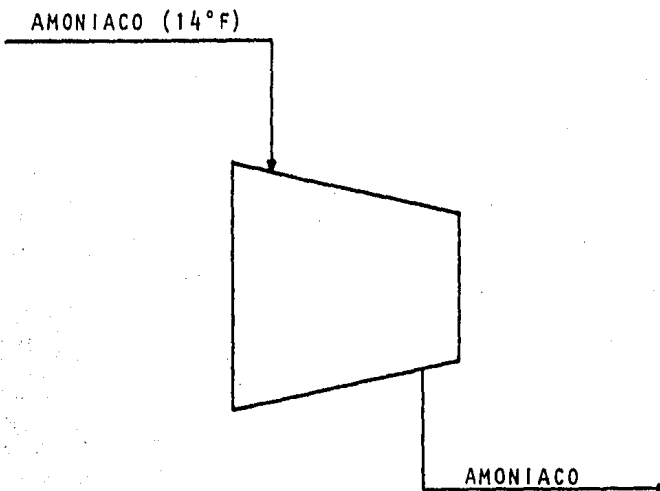
DISEÑO DEL COMPRESOR.

El compresor es el equipo principal de la planta, por lo -- que el diseño correcto del mismo, traerá como consecuencia un -- diseño adecuado del resto de los equipos que forman parte de -- la fábrica.

Las bases para efectuar los cálculos son las siguientes:

- a) El gasto de amoníaco, según los resultados obtenidos en el -- balance, es de 836.02 lb/h.
- b) El vapor de entrada estará sobrecalentado 9°F , siendo la temperatura de saturación igual a 5°F .
- c) La relación de compresión máxima será de 6.15, con lo que -- se asegura una eficiencia volumétrica mínima de 60 % (figura 19 del apéndice)
- d) El proceso se lleva a cabo en forma isoentrópica.

De acuerdo con todo esto, y antes de efectuar los cálculos, se ilustra este paso del proceso mediante la siguiente figura:



Para conocer las condiciones del vapor en la entrada de este equipo se consulta la tabla 5 del apéndice, de donde se obtienen los siguientes datos:

Para $T = 14^{\circ}\text{F}$ y $T_{\text{sat}} = 5^{\circ}\text{F}$:

Presión	34.4 Psia
Volúmen Específico	8.30 ft ³ /Lb
Entalpía	619.20 BTU/Lb
Entropía	1.3371 BTU/Lb °F

Ya que el proceso es isentrópico, la entropía del vapor -- en la salida será la misma que en la entrada; además para conocer la presión tenemos que: $Rc = 6.15 = \frac{P_2}{P_1}$

en donde, Rc = Relación de Compresión.

P_2 = Presión del vapor en la salida, Psia

P_1 = Presión del vapor en la entrada, Psia

y sustituyendo y efectuando los cálculos tenemos: $P_2 = 211.5$

Ahora bien, conociendo esta presión y la entropía, de la -- tabla 5 del apéndice se tiene que:

Temperatura	255 °F
Temperatura de saturación	99.5 °F
Volúmen Específico	2.0285 ft ³ /Lb
Entalpía	736.75 BTU/Lb

Con las condiciones de entrada y salida determinadas, podemos realizar el cálculo del trabajo efectuado por el compresor, mediante la siguiente expresión:

$$\omega = \frac{W \Delta H}{42.4 E \xi}$$

en donde, ΔH = Diferencia de entalpía entre la entrada y la -- salida, BTU/Lb

E = Eficiencia del compresor, $\approx 60\%$

ξ = Eficiencia mecánica, $\approx 90\%$

y, ω = Trabajo efectuado, en H.P.

Al sustituir y efectuar los cálculos resulta que: $\omega = 71.54 \text{ HP}$

Por otro lado, para seleccionar un compresor del mercado, -- es necesario conocer el desplazamiento o gasto volumétrico de -- refrigerante, para lo cuál se emplea la siguiente relación:

$$G = \frac{W \bar{V}_1}{\eta}$$

en donde, G = Gasto volumétrico o desplazamiento, ft^3/h
 \bar{V}_1 = Volúmen específico en la entrada, ft^3/Lb
 η = Eficiencia volumétrica, $\approx 65 \%$

Al sustituir, y efectuar los cálculos y conversiones necesarias - se llega al resultado de: $G = 298.90 \text{ m}^3/\text{h}$

Con los resultados obtenidos, en la tabla 18 del apéndice, se selecciona el compresor MYCOM, modelo N 4 B, como el adecuado para realizar el trabajo requerido en la planta. Dicho equipo -- cuenta con las siguientes características:

Refrigerante:	Amoníaco.
Diámetro del pistón:	130 mm
Longitud de la carrera:	100 mm
Número de Cilindros:	4
Desplazamiento:	318.5 m^3/h a 1000 rpm
Toneladas de refrigeración:	50.3 con una temperatura de succión de -10°C , y una temperatura de condensación de 35°C .
Potencia al freno:	64.3 HP a las mismas condiciones.

Para que este compresor cumpla con el gasto requerido, se - necesita reducir el número de revoluciones por minuto a 940, para lo cuál podría emplearse una polea de 9.41 pulgadas de diámetro en vez de la de 9.91 pulgadas, siempre y cuando se tenga un motor de 4 polos y 1760 rpm*.

La potencia del motor se selecciona tomando en considera--- ción una pérdida de trabajo de 5 %, debida a fricción, transmi--- sión, generación de calor y factor de potencia. De acuerdo con - esto, el motor debe ser de 75.12 HP, o lo que es lo mismo, de -- 75 HP.

Hasta aquí se tiene el diseño del compresor, por lo que a - continuación tenemos el diseño del siguiente equipo en importan- cia de la planta que es el condensador.

DISEÑO DEL CONDENSADOR.

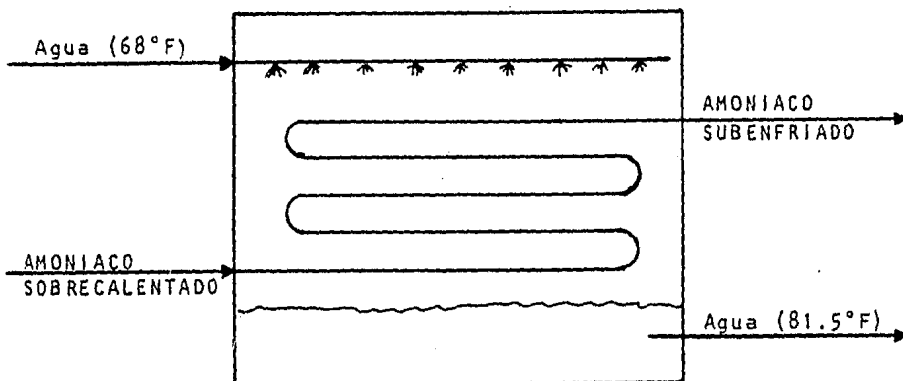
El condensador es el equipo en el que se lleva a cabo el -- proceso mediante el cuál el vapor que sale del compresor pasa -- al estado líquido, a la presión de descarga. Las bases para el -- diseño de este equipo son las siguientes:

- a) El gasto másico de amoníaco que entra en el compresor es el -- proporcionado por el compresor seleccionado, es decir, el co-- rrespondiente a $318.5 \text{ m}^3/\text{h}$ a las condiciones de la succión -- del compresor.
- b) El vapor que se alimenta a este equipo proviene del compresor por lo las condiciones de entrada ya están determinadas. El líquido que sale del condensador estará sub-enfriado 9°F .
- c) El agua empleada entrará a 68°F , llegando a alcanzar una tem-- peratura máxima de 81.5°F .
- d) El condensador será de tubos horizontales, trabajando a con-- tracorriente. Por las características corrosivas del amoníaco, se usarán tubos de hierro comercial cédula 80.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que el fenóme-- no que ocurre dentro de los tubos del condensador, es el sigui-- ente:

- 1.- En el primer paso, el vapor sobrecalentado que llega del -- compresor es enfriado hasta el punto de vapor saturado a -- la temperatura de condensación, transfiriéndose en esta - - etapa, únicamente calor sensible.
- 2.- En este segundo paso, se lleva a cabo la condensación pro-- piamente dicha, en donde el refrigerante pasa de vapor sa-- turado a líquido saturado, isotérmicamente, teniéndose una transferencia de calor latente.
- 3.- En la última etapa, el líquido saturado llega hasta la con-- dición de líquido subenfriado, a presión constante, con - - un intercambio de calor sensible únicamente.

Además, se establece que la caída de presión entre el com-- presor y el condensador es despreciable. En la siguiente figura - se tiene un esquema del condensador y su arreglo:



Gasto de amoníaco. Para efectuar los cálculos del diseño -- del condensador, es necesario partir de la cantidad de amoníaco que va a ser condensada; dicha cantidad no puede ser la misma -- que nos sirvió de base en el diseño del compresor, ya que el -- equipo seleccionado nos proporciona un gasto diferente, para el -- que se deberán diseñar todos los equipos que forman la planta.-- Para conocer el nuevo gasto de amoníaco tenemos la relación:

$$W = \frac{G \eta}{\bar{V}}$$

en donde, $G = 318.5 \text{ m}^3/\text{h}$

$\eta = 75 \%$

$\bar{V} = 8.3 \text{ ft}^3/\text{Lb}$

sustituyendo, y efectuando los cálculos y conversiones necesarias, tenemos que el resultado es: $W = 1,027.86 \text{ Lb/h}$

Calor transferido. El calor que se transfiere en el condensador, es quitado al refrigerante para ser cedido al agua. La -- cantidad de calor se calcula de la siguiente forma, empleando -- la siguiente expresión:

$$Q = W (H_{sob} - H_{sat}) + W \lambda + W \bar{c}_p (T_{sat} - T_{sub}) + Q$$

- en donde,
- Q = Calor transferido en BTU/h
 - H_{sob} = Entalpía del vapor sobrecalentado a las --- condiciones de entrada del condensador, es-- to es, 736.75 BTU/Lb
 - H_{sat} = Entalpía del vapor saturado, 633.0 BTU/Lb
 - λ = Calor latente de condensación (o de evapo-- ración) a la temperatura en que se conden-- sa el amoníaco, 479.0 BTU/Lb
 - \bar{c}_p = Capacidad calorífica promedio del amoníaco líquido entre la temperatura de saturación y la de subenfriamiento, 1.15 BTU/Lb^{°F}
 - T_{sat} = Temperatura de saturación a las condicio--- nes de entrada, 99.5^{°F}
 - T_{sub} = Temperatura de subenfriamiento, o de sali-- da del amoníaco, 90.5^{°F}
 - Q = Pérdidas de calor, debidas principalmente - a la incrustación y el ensuciamiento de - - los tubos. Se estiman como el 20% del ca--- lor transferido.

Finalmente, al sustituir y efectuar los cálculos y conver-- siones pertinentes, se obtiene que: $Q = 731,548.5$ BTU/h

Ahora bien, una vez conocido el calor que se transfiere -- en el condensador, es necesario saber la cantidad de agua que -- necesitaremos para obtener los resultados deseados; para ésto, - tenemos la siguiente relación:

$$Q = m \bar{c}_p \Delta t$$

- en donde,
- m = Gasto de agua, en Lb/h
 - \bar{c}_p = Capacidad calorífica promedio del agua entre las temperaturas de entrada y salida, esto -- es, 1.0 BTU/Lb ^{°F}
 - Δt = Diferencia de temperatura entre el agua de -- entrada y salida, 13.5 ^{°F}

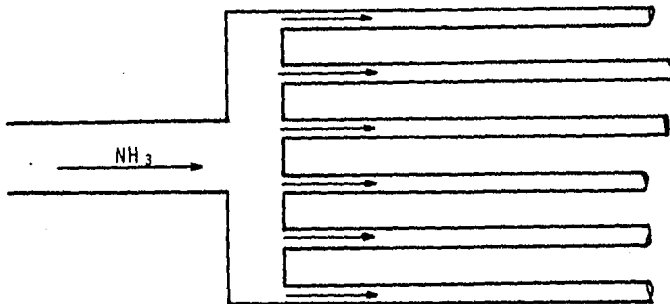
Por lo que despejando y sustituyendo tenemos: $m = 54,189$ Lb/h

Con el resultado anterior, se completa el balance de materia y energía para el condensador, pero es necesario estimar el área de transferencia de calor y la cantidad de tubos que deben ser instalados para obtener los resultados que se desean.

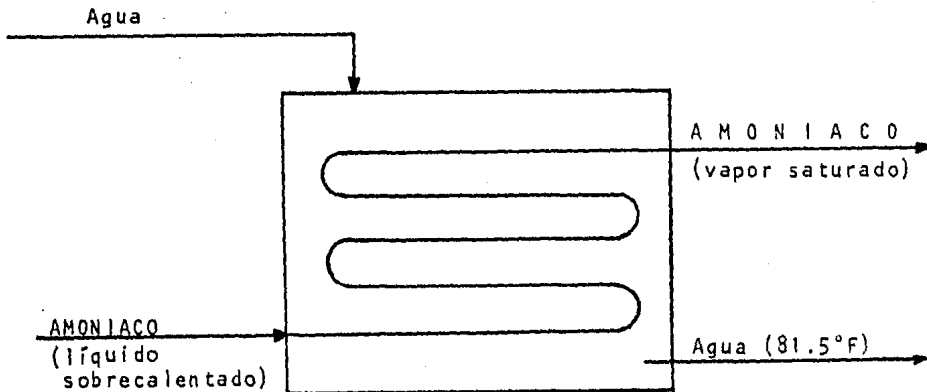
Como se dijo anteriormente, durante el paso del refrigerante por el condensador se observan tres etapas, en las cuáles se tiene una variación del coeficiente de transferencia de calor, por lo que será necesario calcular la áreas requeridas en cada etapa en forma independiente. De acuerdo con esto, a continuación se procede al desarrollo de la estimación del área en cada etapa.

De vapor sobrecalentado a vapor saturado.

En esta primer etapa, el vapor sobrecalentado que sale del compresor, después de pasar por el tanque separador de aceite, entra al condensador distribuyéndose por el interior de los tubos (6), según se muestra en la figura siguiente:



Por el exterior de los tubos circula el agua, misma que por encontrarse en un sistema a contracorriente, es la que se encuentra a la mayor temperatura dentro del equipo, es decir, es el agua que va a salir del condensador. Esto se ilustra en el siguiente diagrama, en el que es necesario efectuar un balance de materia y energía parcial para determinar las condiciones de las corrientes en contacto.



Para esta etapa del proceso tenemos que la cantidad -- de calor que se transfiere, se calcula mediante la siguiente -- expresión:

$$Q' = W (H_{sob} - H_{sat}) + q'$$

en donde, Q' = Calor cedido por el amoníaco y absorbido -- por el agua en esta etapa, BTU/h

q' = Pérdidas de calor en esta etapa, $\approx 20\% Q'$.

al sustituir y efectuar los cálculos: $Q' = 127,968.57 \text{ BTU/h}$

Ahora bien, como este calor es absorbido por el agua, y ya que conocemos la cantidad de agua que circula por el exterior -- de los tubos, es posible determinar la temperatura del agua en -- la entrada, según el siguiente procedimiento:

$$Q' = m \bar{C}_p \Delta t$$

y al despejar y sustituir por los valores correspondientes, se -- obtiene que $\Delta t = 2.36^\circ\text{F}$, por lo que la temperatura de entrada es igual a 79.14°F .

Hasta aquí, quedan determinadas las condiciones de entra-- da y salida de las corrientes; ahora se procede a efectuar -- la estimación del área de transferencia de calor para este paso, que sumada con las áreas que se obtengan en las siguientes eta-- pas nos dará el área total requerida por el condensador.

Para evaluar el área de transferencia de calor, contamos -- con la expresión:

$$Q' = U A \Delta T_{m\ell}$$

en donde, U = Coeficiente total de transferencia de calor, - en BTU/h ft² °F

A = Area de transferencia de calor, en ft²

$\Delta T_{m\ell}$ = Diferencia de temperatura media logarítmica, en °F

y despejando se tiene que: $A = \frac{Q'}{U \Delta T_{m\ell}}$

Para evaluar la diferencia de temperatura media logarítmica se emplea la ecuación:

$$\Delta T_{m\ell} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

en donde, T_1 = Temperatura de entrada del amoníaco, 255 °F

T_2 = Temperatura de salida del amoníaco, 99.5 °F

t_1 = Temperatura de entrada del agua, 79.14 °F

t_2 = Temperatura de salida del agua, 81.5 °F

y al sustituir, tenemos que: $\Delta T_{m\ell} = 71.4737$ °F

Por otro lado, la estimación del coeficiente total de --- transferencia de calor, se hace de la manera siguiente:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{NH_3}} + \frac{1}{h_{H_2O}}$$

en donde, h_{NH_3} , y h_{H_2O} son los coeficientes individuales para transferencia de calor del amoníaco y del agua, respectivamente, en BTU/h ft² °F, y se evalúan -- de la forma en que se hace a continuación.

Para evaluar el coeficiente de transferencia del amoníaco, según el método de Stoever, es necesario conocer bajo cuál régimen de transferencia de momentum se encuentra el fluido, por -- lo que es necesario calcular el número de Reynolds, según la -- ecuación:

$$Re = \frac{D v \rho}{\mu} = \frac{D G}{\mu}$$

en donde, Re = Número de Reynolds, dimensional.

D = Diámetro del tubo, ft

v = velocidad promedio del fluido, ft/seg

ρ = Densidad del fluido, Lb/ft³

μ = Viscosidad del fluido, Lb/ft seg

G = Velocidad de flujo másico, Lb/seg ft², que para el caso nuestro se calcula tomando en consideración que el flujo total se distribuye -- en 6 tubos, esto es, $G = \frac{W}{6 \times s}$, siendo -- s el área seccional de cada tubo (ft²)

Ya que consideraremos distintos diámetros de tubería para el condensador, se realizan los cálculos obteniendo la siguiente tabla, en la que se puede observar que en cualquiera de los casos, tendremos un régimen turbulento:

D	s	G	Re
1.0	0.00499	9.5363	98,548
1.5	0.01225	3.8846	60,215
2.0	0.02050	2.3213	47,976
2.5	0.02942	1.6175	41,787
3.0	0.04587	1.0374	32,161

D en pulgadas.

Ahora bien, por tratarse de un gas (vapor sobrecalentado) que circula por el interior de tubos horizontales bajo régimen turbulento, el coeficiente de transferencia se evalúa según el caso # 1 (de Stoever) del apéndice, para lo cuál tenemos que:

$$h_{NH_3} = h_0 F_t \bar{r}_d$$

en donde, h_0 = Valor base del coeficiente de transferencia de calor, de película, obtenido de la figura correspondiente en el caso # 1 del apéndice.

F_t = Factor de corrección por temperatura, de acuerdo con la tabla del mismo caso.

F_d = Factor de corrección por el diámetro, dado en el mismo caso.

De acuerdo con ésto, el coeficiente individual del amoníaco, varía para los diferentes diámetros considerados, mientras que la temperatura permanece constante. Al efectuar las sustitu-

ciones y los cálculos, se obtiene la siguiente tabla:

D	h_0	F_t	F_d	h_{NH_3}
1.0	35.0	1.05	1.02	37.4850
1.5	18.0	1.05	0.92	17.3880
2.0	14.0	1.05	0.87	12.7890
2.5	9.5	1.05	0.83	8.2793
3.0	6.5	1.05	0.80	5.4600

Ahora bien, para evaluar el coeficiente de transferencia -- del agua, empleando el mismo método, es necesario establecer, -- además de los diámetros de tubería considerados, la velocidad -- del agua. El procedimiento es el mismo que en el caso del amoníaco, solo que ahora los datos se obtienen del caso #2 del -- apéndice. De acuerdo con todo ésto, se obtiene la siguiente tabla, en donde la velocidad del agua está dada en ft/seg:

Velocidad del Agua:			2		4		6		8	
D	F_t	F_d	h_0	h_{H_2O}	h_0	h_{H_2O}	h_0	h_{H_2O}	h_0	h_{H_2O}
1.0	0.88	1.00	750	660	1100	968	1350	1188	1650	1452
1.5	0.88	0.84	750	554	1100	813	1350	998	1650	1220
2.0	0.88	0.74	750	488	1100	716	1350	879	1650	1074
2.5	0.88	0.67	750	442	1100	648	1350	796	1650	973
3.0	0.88	0.62	750	409	1100	600	1350	736	1650	900

Por último, el coeficiente total de transferencia de calor para esta etapa, puede ser calculado mediante la relación expuesta anteriormente, de donde se obtiene la siguiente tabla en la que el coeficiente total sufre una variación de acuerdo con la velocidad del agua y el diámetro de los tubos. Los coeficientes que aparecen en esta tabla son dados en las unidades ya mencionadas, es decir, en BTU/h ft² °F.

Vel Agua: 2		4	6	8
D	U	U	U	U
1.0	35.4704	36.0875	36.3384	36.5416
1.5	16.8592	17.0240	17.0902	17.1436
2.0	12.4627	12.5647	12.6056	12.6386
2.5	8.1271	8.1749	8.1941	8.2094
3.0	5.3881	5.4108	5.4198	5.4274

Y finalmente, aplicando estos valores de U, junto con el -- valor obtenido para $\Delta T_{m\ell}$ y la cantidad de calor que se trans-- fiere en esta etapa, se obtiene la siguiente tabla de valores -- para el área de transferencia, misma que en última instancia de-- pende del diámetro de los tubos y la velocidad del agua.

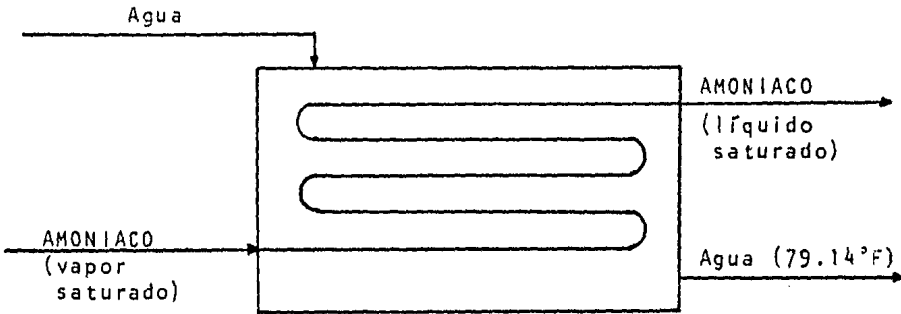
Vel Agua: 2		4	6	8
D	A	A	A	A
1.0	50.4767	49.6135	49.2710	48.9970
1.5	106.1989	105.1709	104.7635	104.4372
2.0	143.6630	142.4967	142.0344	141.6635
2.5	220.3035	219.0154	218.5022	218.0950
3.0	332.2932	330.8991	330.3496	329.9053

Dichas áreas de transferencia están dadas en ft^2 y son las necesarias para la etapa en la que el vapor sobrecalentado pasa a vapor saturado, mismas que serán sumadas a las áreas necesita-- das para las siguientes etapas.

De vapor saturado a líquido saturado.

En esta etapa, el vapor saturado que proviene de la etapa -- anterior, llega a la condición de líquido saturado a presión y -- temperatura constante, es decir, se lleva a cabo la condensación -- propiamente dicha. La siguiente figura nos proporciona una ilus-- tración acerca de lo que sucede en este paso. Como se puede ob-- servar, en este caso también es necesario hacer una determina--

ción de las condiciones de las corrientes en la entrada y en la salida, para lo cuál se procede en la forma expuesta a continuación.



Para este segundo paso del proceso, la cantidad de calor -- que se transfiere, está determinada por la ecuación:

$$Q' = W \lambda + q'$$

en donde cada uno de los términos ya ha sido definido anteriormente, mismos que al sustituirlos y efectuar las operaciones, -- nos dan como resultado que:

$$Q' = 590,813.93 \text{ BTU/h}$$

Por otro lado, sabemos que la temperatura de salida en esta etapa corresponde a la temperatura de entrada de la etapa anterior, es decir, es igual a 79.14°F , y que para conocer la temperatura de entrada tenemos la expresión: $Q' = m \bar{C}_p \Delta t$ cuyos términos ya han sido definidos también, y de donde se obtiene que $\Delta t = 10.90^{\circ}\text{F}$, por lo que la temperatura de entrada es igual a 68.24°F .

Con este resultado, las condiciones de entrada y salida de las corrientes en contacto, quedan determinadas. Por otro lado, es necesario evaluar el área de transferencia de calor para -- la etapa que se está considerando, lo cuál se hace de la siguiente manera:

Como en el caso anterior, tenemos la expresión siguiente, --

$$A = \frac{Q'}{U \Delta T_{mL}}$$

en donde los términos ya han sido definidos, y ΔT_{mL} se calcula -- de la misma manera que en el paso anterior, dando como resultado 25.4217°F .

Para estimar el coeficiente total de transferencia de ca---

lor, tenemos la expresión ya conocida: $\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{\text{NH}_3}} + \frac{1}{h_{\text{H}_2\text{O}}}$

en la que los términos ya han sido definidos. En este caso, -- para la evaluación del coeficiente de transferencia del amoníaco, contamos con la siguiente expresión:

$$h_{\text{NH}_3} = 0.725 \left(\frac{k^3 \rho^2 g \Delta H}{N D \mu (T-t)} \right)^{1/4}$$

en donde, k = Conductividad térmica de la película de amoníaco a la temperatura de condensación, igual a 0.2874 BTU/h ft² (°F/ft)

ρ = Densidad de la película de amoníaco, esto es, 36.4 Lb/ft³

g = Aceleración de la gravedad, 4.173×10^2 ft/h²

ΔH = Calor latente de condensación del amoníaco, -- 479 BTU/Lb

N = Número de tubos horizontales, 6

μ = Viscosidad de la película de amoníaco, que es igual a 0.242 Lb/h ft

T = Temperatura de condensación, 99.5 °F

t = Temperatura promedio de la película, a la que se evalúan todas las demás propiedades y que se evalúa según la ecuación: $t = T - 0.75\Delta T_{ml}$

y que es igual a 80.43 °F

Al sustituir y efectuar los cálculos, se obtiene la siguiente - tabla en la que las unidades del coeficiente son BTU/h ft² °F:

D	h_{NH_3}
1.0	931.51
1.5	841.71
2.0	783.31
2.5	740.81
3.0	707.80

Ahora bien, ya que el coeficiente de transferencia para el agua es el mismo que en el caso anterior, al hacer las operacio-

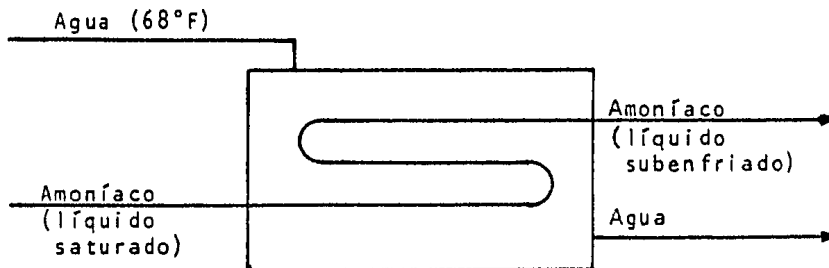
nes correspondientes, se obtiene la siguiente tabla, en la que se tienen tanto los coeficientes de transferencia totales para esta etapa, como las áreas de transferencias necesarias en cada caso.

Vel Agua: 2			4		6		8	
D	U	A	U	A	U	A	U	A
1.0	415.4	55.94	504.4	46.08	551.2	42.16	595.4	39.03
1.5	334.1	69.56	413.6	56.19	456.6	50.90	498.0	46.66
2.0	300.1	77.25	374.2	62.11	414.2	56.11	453.0	51.30
2.5	276.9	83.93	345.8	67.21	383.7	60.57	420.6	55.26
3.0	259.3	89.63	324.7	71.56	360.9	64.39	396.2	58.65

Es importante hacer notar aquí, que las áreas encontradas en este caso, son para cada uno de los tubos horizontales que forman el condensador, por lo que al hacer la suma de las demás etapas, será necesario multiplicar cada uno de estos resultados por el número de tubos horizontales, es decir, por 6.

De líquido saturado a líquido subenfriado.

En esta última etapa, el líquido saturado que se obtiene en el paso anterior, se lleva a la condición de subenfriamiento de 9°F por debajo de la temperatura de saturación antes de salir del condensador. Este paso se representa en forma gráfica con la figura siguiente, en la que las corrientes en contacto están bien determinadas, cumpliendo con el balance de materia y energía que se presenta a continuación.



Como en las etapas anteriores tenemos que la cantidad de -- calor transferida, está dada por: $Q' = W (H_{sat} - H_{sub}) + q'$ en donde los términos ya son conocidos, por lo que al sustituirlos y realizar las operaciones se obtiene $Q' = 12,766.02 \text{ BTU/h}$, y por otro lado, esta misma cantidad de calor cumple con la relación $Q' = m \bar{c}_p \Delta t$

de donde se obtiene que $\Delta t = 0.24 \text{ }^\circ\text{F}$, y por lo tanto la temperatura de entrada del agua será igual a $68 \text{ }^\circ\text{F}$, lo cuál es absolutamente congruente con lo establecido en las bases para el diseño de este equipo.

Ahora bien, para evaluar el área de transferencia de calor contamos con la expresión

$$A = \frac{Q'}{U \Delta t_{m\ell}}$$

en donde el valor de $\Delta t_{m\ell}$ es igual a $26.64 \text{ }^\circ\text{F}$ y la estimación --- del coeficiente de transferencia de calor se hace de la misma -- manera que en la primer etapa, teniendo en cuenta que en este -- caso el amoníaco ya es un líquido, por lo que han cambiado sus -- propiedades fisicoquímicas.

De acuerdo con ésto, el primer paso es la estimación del -- número de Reynolds, para saber si el régimen bajo el que se encuentra el amoníaco es laminar o turbulento. Para ésto, se cuenta con la expresión

$$Re = \frac{D w}{\mu}$$

en donde, $w =$ gasto másico del amoníaco, en cada tubo, Lb/hft^2 y al hacer la sustitución y los cálculos para cada diámetro, --- se obtiene la siguiente tabla:

D	S	w	Re
1.0	0.00499	34,360.66	11,822
1.5	0.01225	13,984.49	7,223
2.0	0.02050	8,356.58	5,755
2.5	0.02942	5,822.91	5,013
3.0	0.04587	3,734.68	3,858

De acuerdo con estos resultados, en cualquiera de los ca--- sos, se tendrá un régimen turbulento, por lo que el método de evaluación de los coeficientes individuales para transferencia -- corresponde al caso # 2 del apéndice.

Como en los pasos anteriores, el coeficiente total depende de los coeficientes individuales para el amoníaco y el agua; en el caso del agua el coeficiente es el mismo de las etapas -- ya vistas, mientras que para el amoníaco en este caso depende -- de la velocidad del mismo en los tubos, la cuál se determina -- de la siguiente manera:

$$v = \frac{w}{\rho}$$

en donde, v = velocidad promedio del amoníaco en el interior de los tubos, ft/seg

ρ = Densidad del amoníaco a las condiciones de -- temperatura y presión en que se lleva a cabo -- la transferencia de calor, 36.4 Lb/ft³

Por último, la siguiente tabla resume los valores obtenidos para la velocidad promedio del amoníaco en cada caso, el coeficiente base, los factores de corrección y temperatura y el coeficiente individual para nuestro fluido, según la velocidad que se obtuvo para cada diámetro.

D	v	h_0	F_t	F_d	h_{NH_3}
1.0	0.2620	500	0.99	1.02	504.90
1.5	0.1067	500	0.99	0.94	465.30
2.0	0.0638	500	0.99	0.90	445.50
2.5	0.0444	500	0.99	0.85	420.75
3.0	0.0285	500	0.99	0.81	400.95

Y finalmente, con estos resultados y los valores ya conocidos -- para el coeficiente individual del agua, tenemos la siguiente -- tabla con los datos del área de transferencia requerida para -- esta etapa del condensador, por cada tubo.

Vel Agua: 2			4		6		8	
D	U	A	U	A	U	A	U	A
1.0	301.7	1.59	346.0	1.38	367.0	1.30	386.6	1.24
1.5	253.0	1.89	295.9	1.62	317.3	1.51	336.8	1.42
2.0	232.9	2.06	274.7	1.74	295.7	1.62	314.9	1.52
2.5	215.6	2.22	255.2	1.88	275.2	1.74	293.7	1.63
3.0	202.5	2.37	240.4	1.99	259.6	1.84	277.4	1.73

Area total y longitud de tubería.

Una vez conocidas las áreas de transferencia requeridas en cada etapa del condensador, se obtiene la tabla de abajo, en la que se han sumado dichas áreas según el diámetro de la tubería - y la velocidad del agua, esto es,

Vel del agua: 2		4	6	8
D	A	A	A	A
1.0	395.64	334.40	310.03	290.62
1.5	534.90	452.03	410.57	392.92
2.0	607.16	525.63	488.42	458.59
2.5	737.21	633.55	592.37	559.44
3.0	884.27	772.22	727.73	692.19

en donde el área está dada en ft^2 , y la velocidad del agua en -- ft/seg , mientras que el diámetro de los tubos se ha manejado -- en pulgadas. Ahora bien, los resultados de la longitud de tube-- ría necesaria en cada caso se resumen en la tabla siguiente:

Velocidad Agua: 2		4	6	8	
D	ft^2/ft	L	L	L	
1.0	0.250	1,521.3	1,336.7	1,239.4	1,161.9
1.5	0.393	1,361.0	1,150.2	1,044.7	999.8
2.0	0.508	<u>1,195.2</u>	1,034.7	961.5	902.7
2.5	0.509	1,210.5	1,040.3	972.7	918.6
3.0	0.760	1,163.5	1,016.1	957.5	910.8

En estos resultados, dados en ft , se observa que la menor - longitud de tubería necesaria para obtener el efecto deseado, -- es la que corresponde a un diámetro de tubería de 2 pulgadas y - una velocidad del agua de $8 \text{ ft}/\text{seg}$. Por otro lado, definitiva--- mente, es necesario seleccionar la longitud requerida para la -- velocidad menor ($2 \text{ ft}/\text{seg}$), la cuál ha sido subrayada como la -- mas conveniente, ya que aunque no es la menor, sí implica un - - costo mas bajo por ser un diámetro mas pequeño de tubería.

Con base en todos estos resultados obtenidos, se establece que el condensador que reúne las características que se enuncian a continuación, es el adecuado para nuestra planta de hielo.

El condensador que necesitamos debe ser de tubos horizontales, de 2 pulgadas de diámetro, de hierro comercial cédula 80, - y con una longitud de tubería de 1,195.2 ft, dividida en un banco de 6 tubos horizontales y 11 verticales. Las condiciones de - las corrientes en contacto, ya han sido establecidas con ante--- rioridad.

DISEÑO DEL TANQUE CONGELADOR.

El tanque congelador, es el equipo en el que se realiza --- concretamente, la formación del hielo, y que por las caracterís- ticas de la planta, debe reunir los siguientes requisitos:

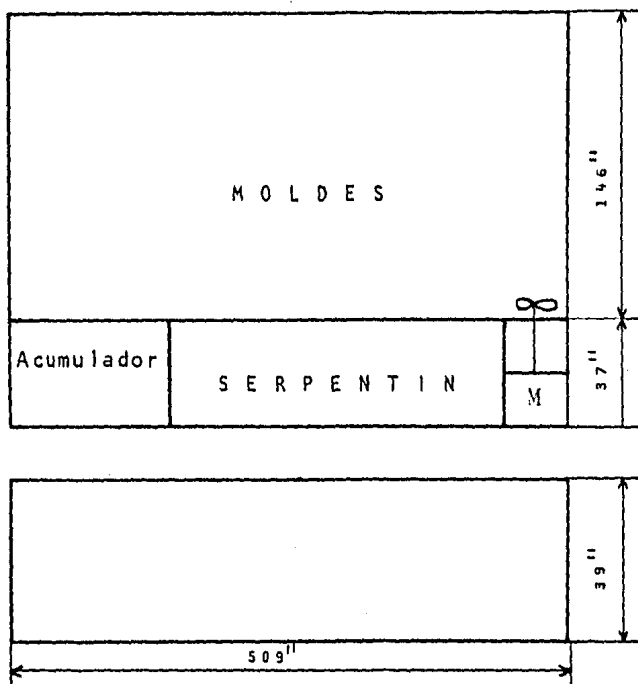
- Las dimensiones y la forma del tanque serán tales que permi-- tan la distribución de los moldes empleados para la forma---- ción del hielo. Dichos moldes son para 50 Kg cada uno, suman- do un total de 400, produciendo 20 toneladas diarias.
- En cuanto al volúmen, debe ser tal que permita la circula---- ción de la salmuera que absorbe el calor del agua para ceder- lo al refrigerante que circula por el serpentín.
- Es conveniente que sea del tipo inundado, ya que de esta ma-- nera, se tiene la seguridad de aprovechar totalmente el calor latente de evaporación del refrigerante.
- El tanque debe contar con un sistema propulsor, que se encar- gue de hacer circular la salmuera a través de la sección de - los moldes, regresando al serpentín para ceder el calor ab--- sorbido.
- Con el objeto de evitar al máximo las pérdidas de calor, el - tanque debe ser perfectamente aislado con los materiales mas indicados en estos casos, como son algunas fibras sintéticas.

Con base en todo ésto, el diseño del tanque congelador nos lleva al análisis de los datos proporcionados por la empresa --- constructora, los cuáles definitivamente, cumplen con los requi- sitos mencionados.

El acumulador del tanque, cuya función es proporcionar -- el refrigerante líquido que entra al serpentín, manteniendo el nivel, y recolectar el vapor, también cumple con lo requerido.

En cuanto al serpentín, debe ser de tubería anticorrosiva, ya que por el interior circula el amoníaco y por el exterior --- la salmuera. Las especificaciones, área de transferencia y longitud, están en función de la cantidad de salmuera que circula - y en todo caso, del propulsor de la misma.

En vista de lo anterior, el diseño del tanque de conge--- lación se reduce a un tanque rectangular con las dimensiones que se observan en la siguiente figura:



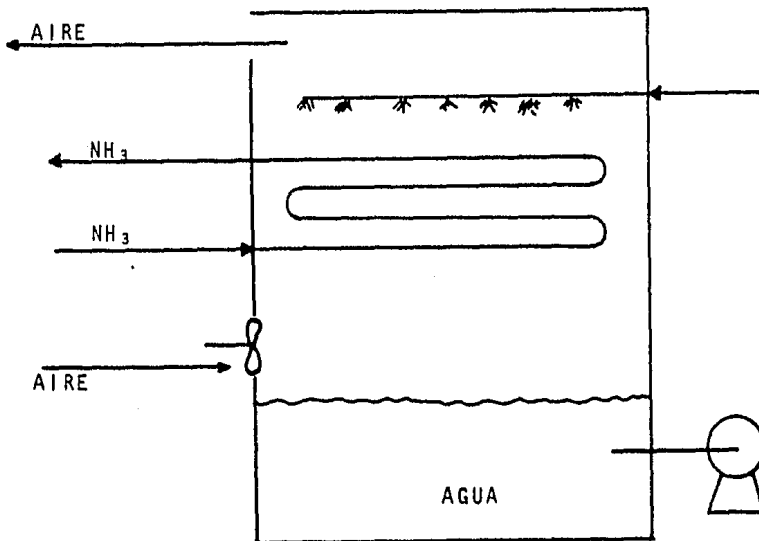
En este tanque, como se observa, se distribuyen los 400 --- moldes, el serpentín y el acumulador, de una manera muy prácti--- ca, facilitando la obtención y el manejo del producto.

DISEÑO DE EQUIPOS AUXILIARES.

Los equipos auxiliares empleados en la planta de hielo, --- son una torre de enfriamiento, el propulsor de la salmuera y - - una bomba para la recirculación del agua de la torre de enfria-- miento. Estos equipos, como los anteriores, son igualmente im--- portantes, por lo que se procede a su diseño.

Torre de Enfriamiento.

Para el diseño de la torre de enfriamiento, es importante -- tomar en cuenta que el equipo que cumple con esta función, es -- el mismo condensador, el cuál emplea un sistema de alimentación de aire para lograr el efecto requerido. De hecho, como se ilus-- tra en la figura siguiente, es necesario seleccionar el equipo - que nos proporcione la cantidad adecuada de aire.



Ahora bien, como en los casos anteriores, se necesita ha--- cer un balance parcial de materia y energía, para determinar - - las condiciones de entrada y salida de las corrientes en contac- to.

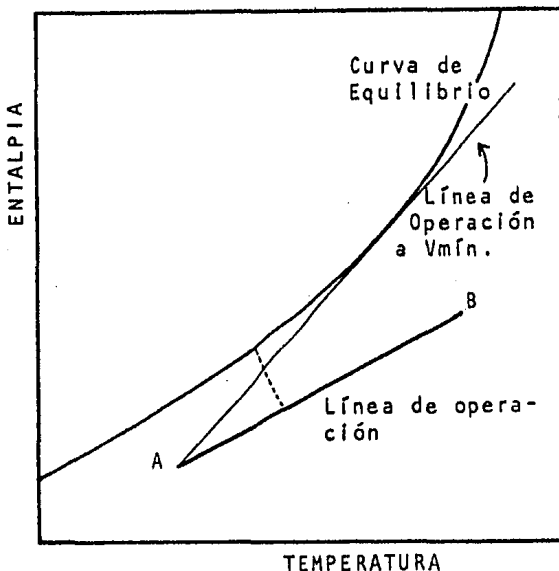
Los datos que se tienen como base para el diseño de este --
 quipo son los siguientes:

Agua: $W = 54,189 \text{ Lb/h}$
 $T = 81.5 \text{ }^\circ\text{F}$
 $t = 68.0 \text{ }^\circ\text{F}$
 $q = 731,548.5 \text{ BTU/h}$

Aire: $T_{bd} = 80 \text{ }^\circ\text{F}$
 $T_{bh} = 60 \text{ }^\circ\text{F}$

en donde, T_{bd} y T_{bh} , son las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo, del aire, respectivamente, y cuyos valores son los valores promedio durante el año en Las Choapas, Ver.

Con estos datos, es prácticamente imposible evaluar la cantidad de aire que se necesita para enfriar el agua, por lo que se emplea el método gráfico, de acuerdo con la siguiente figura:



en donde,

La curva de equilibrio se traza con datos obtenidos de la --
 carta psicrométrica (figuras 2 y 3 del apéndice).

La línea de operación a Volúmen mínimo, está dada por una --

línea que parte del punto A (determinado por las condiciones --- de salida del líquido) hacia el punto donde se forma la tangente con la línea de equilibrio, y cuya pendiente es la relación molar de líquido a gas (L/G_{min}) que se debe alimentar a la torre y que nos permite conocer el volúmen mínimo de gas que se alimentará, si se conoce la cantidad de líquido que pasa a través de la unidad de área transversal de la torre.

La pendiente de la línea de operación, definida por los puntos A y B, debido a que en este caso se establece una alimentación de aire igual al doble del volúmen mínimo, es igual a la mitad de la pendiente de la línea de operación a volúmen mínimo.

Por otro lado, se tienen las líneas de unión, que van de la línea de operación a la curva de equilibrio, y cuya pendiente esta definida por la relación entre el coeficiente de transferencia de calor del líquido y el coeficiente de transferencia de masa del vapor (h_{La}/k_{ya}), siendo igual a 140 para el proceso que se maneja*.

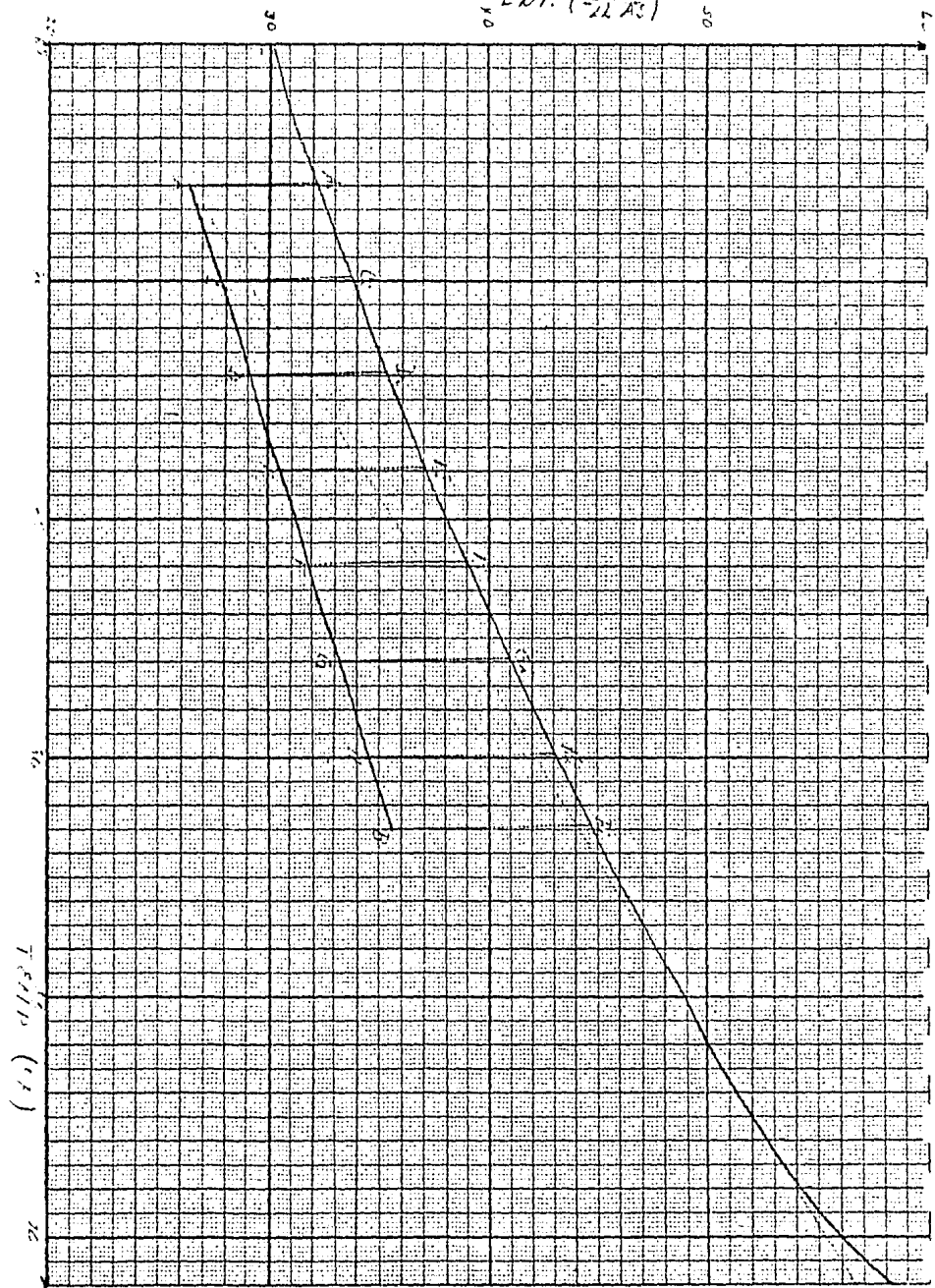
Una vez determinada la línea de operación y las de unión, es posible conocer la altura de torre que se requiere para llegar a los resultados que se desean.

Ahora bien, de la carta psicrométrica se obtiene la tabla de datos que se presenta a continuación, y con la que se traza la curva de equilibrio de la gráfica de la hoja siguiente.

T (°F)	H (BTU/Lb _{AS})
65	30.1
70	34.1
75	38.6
80	43.8
85	49.4
90	55.9

Por otro lado, en la misma gráfica se tiene el punto A definido por la temperatura de bulbo húmedo del aire de la entrada y su entalpía, por lo que se ha podido trazar la línea de operación a volúmen mínimo.

ENT. ($\frac{dV}{dL} A^2$)



A partir de esta línea de operación a volúmen mínimo, obtenemos la pendiente, en base al siguiente procedimiento:

$$m_{min} = \frac{57.6 - 26.4}{91 - 68} \\ = 1.36$$

Ahora bien, como se dijo anteriormente, la pendiente de la línea de operación es la mitad de esta pendiente obtenida, por lo que es igual a 0.68; al trazar la recta a partir del punto A y la pendiente igual a 0.68, se determina el punto B en la intersección con la recta que marca los 81.5 °F, que es la temperatura de entrada del líquido. Además, por otro lado tenemos que:

$$\Delta y = m_{op} (\Delta x) \\ = 0.68 (81.5 - 68) \\ = 9.16$$

y por último,

$$y_2 = y_1 + \Delta y \\ = 26.4 + 9.16 \\ = 35.6$$

representando esta última cantidad la entalpía del aire en la salida, lo cuál con la curva de equilibrio, determina una temperatura de bulbo húmedo de 72 °F aproximadamente. Con ésto, quedan determinadas las condiciones de las corrientes en la entrada y la salida, pero es necesario efectuar los cálculos acerca del gasto de aire, potencia necesaria de los ventiladores, y altura de la torre, lo cuál se hace a continuación.

De acuerdo con los datos del segundo capítulo, nuestro condensador-torre de enfriamiento, tiene un área transversal igual a 63.27 ft², de donde:

$$L = \frac{L}{S} = \frac{54,189 \text{ Lb/h}}{63.27 \text{ ft}^2 (18 \text{ Lb/Lbmol})} \\ = 47.58 \text{ Lbmol/h ft}^2$$

mientras que:

$$G_{min} = \frac{L}{m_{min}} \\ = \frac{47.58 \text{ Lbmol/h ft}^2}{1.36} \\ = 34.98 \text{ Lbmol}_{AS}/\text{h ft}^2$$

por lo que:

$$G_{op} = 2 G_{min} \\ = 69.98 \text{ Lbmol}_{AS}/\text{h ft}^2$$

o bien:

$$G_{op} = 1,244.6 \text{ Lb}_{AS}/\text{h ft}^2$$

y finalmente tenemos que $V_{op} = G_{op} S \rho$

en donde, V_{op} = Volúmen de aire, de operación, ft^3/min

ρ = Densidad del aire seco a la temperatura de entrada.

sustituyendo y efectuando los cálculos y conversiones necesarias, tenemos que: $V_{op} = 18,046 \text{ ft}^3/\text{min}$

En cuanto a la potencia que se requiere para manejar este volúmen de aire, se puede estimar mediante la expresión:

$$\text{Pot.} = \frac{144 (V_{op}) (\Delta P)}{33,000 (E)}$$

en donde, Pot. = Potencia requerida en el ventilador, HP.

ΔP = Diferencial de presión debida a la resistencia del agua, Psia.

E = Eficiencia, 75 %.

ahora bien, ya que la resistencia del agua se debe a la velocidad de caída que alcanza, se efectúa el cálculo para diferentes velocidades empleando la siguiente fórmula:

$$\Delta P = \frac{v^2 \rho}{144(2g)}$$

en donde, v = velocidad de caída de las gotas de agua, dada en ft/seg

ρ = Densidad del agua, $62.4 \text{ Lb}/\text{ft}^3$

g = Aceleración de la gravedad, $32.2 \text{ ft}/\text{seg}^2$

y que al efectuar la sustitución y el cálculo, nos origina la siguiente tabla:

v	ΔP	Pot.
2.0	0.0269	2.83
1.5	0.0151	1.59
1.0	0.0673	0.71
0.5	0.0168	0.52

en donde ΔP está dado en Lb/in^2 , y la potencia requerida, en HP. Además, en vista de que la velocidad máxima de caída que alcanzan las gotas de agua en el sistema condensador-torre de enfriamiento es de $1.38 \text{ ft}/\text{seg}$, la potencia del motor requerido será de aproximadamente 1.5 HP.

Por otro lado, es necesario evaluar la altura de la torre de enfriamiento, lo cuál se hace de manera gráfica, según se hace a continuación.

Sobre la gráfica anterior, se trazan las líneas de unión, cuya pendiente es igual a -140 (de acuerdo con Foust, et al) para el sistema que se maneja. Dichas líneas se muestran en la gráfica como AA', BB', CC', DD', EE', FF', GG', y HH', y a partir de estos puntos se toman los valores para las entalpías del vapor (H_v) y del punto de saturación en cada caso (H_s), suponiendo que dentro de la torre se llegara a la saturación del aire en cada paso. Lo anterior nos lleva a la siguiente tabla:

T_ℓ	H_v	H_s	$H_s - H_v$
81.5	35.6	45.6	10.0
80.0	34.6	43.0	8.4
78.0	33.2	41.0	7.8
76.0	31.8	39.0	7.2
74.0	30.5	37.1	6.6
72.0	29.2	35.3	6.1
70.0	27.8	33.8	6.0
68.0	26.4	32.2	5.8

en donde, T_ℓ es la temperatura del líquido (agua) en $^\circ\text{F}$, y las entalpías están dadas en $\text{BTU/Lb}_{\text{AS}}$.

Ahora bien, para obtener la altura de la torre se debe construir una gráfica de $\frac{G_{op}}{5 k_{ya} (H_s - H_v)}$ contra la entalpía del vapor H_v , en donde por integración gráfica se llega al resultado. Además, para efecto de los cálculos, tenemos que:

$$k_{ya} = 0.2 G_{op}$$

Finalmente, para la construcción de la gráfica, se llega a los resultados resumidos en la tabla de la hoja siguiente, al hacer las sustituciones correspondientes y efectuar los cálculos. Dicha gráfica es presentada posteriormente, y en ella se observa una tendencia de la curva, bien definida.

Hv	G_{op}
	$\frac{S k_{ya}}{54} (H_s - H_v)$
35.6	0.0079
34.6	0.0094
33.2	0.0101
31.8	0.0110
30.5	0.0120
29.2	0.0130
27.8	0.0132
26.4	0.0136

Ahora bien, en la gráfica obtenida, se emplea el método de los rectángulos para hacer la integración gráfica. Es importante tener en cuenta que las entalpías del vapor al evaluar el área de cada rectángulo, deben ser tomadas en unidades de -- BTU/Lbmol_{AS}, para lo cuál es necesario hacer la conversión en -- cada caso; finalmente tenemos:

<u>Rectángulo</u>	<u>Area</u>
1	0.3264
2	0.3250
3	0.2875
4	0.2645
5	0.2650
6	0.2438
7	0.1512
SUMA.....	1.8634

La suma de las áreas obtenidas, nos dan la altura en ft requerida por nuestra torre, por lo tanto, la torre de enfriamiento que se necesita en nuestra planta debe reunir las siguientes características:

Debe ser construída con tubos horizontales, de acuerdo con las necesidades del condensador, ya que funciona también como -- tal, con un ventilador y su motor de 1.5 HP, y una altura mínima de 2 ft.

Hv	G_{op}
	$\frac{S k_{ya} (H_s - H_v)}{}$
35.6	0.0079
34.6	0.0094
33.2	0.0101
31.8	0.0110
30.5	0.0120
29.2	0.0130
27.8	0.0132
26.4	0.0136

Ahora bien, en la gráfica obtenida, se emplea el método de los rectángulos para hacer la integración gráfica. Es importante tener en cuenta que las entalpías del vapor al evaluar el área de cada rectángulo, deben ser tomadas en unidades de -- BTU/Lbmol_{AS}, para lo cual es necesario hacer la conversión en -- cada caso; finalmente tenemos:

<u>Rectángulo</u>	<u>Area</u>
1	0.3264
2	0.3250
3	0.2875
4	0.2645
5	0.2650
6	0.2438
7	0.1512

SUMA..... 1.8634

La suma de las áreas obtenidas, nos dan la altura en ft requerida por nuestra torre, por lo tanto, la torre de enfriamiento que se necesita en nuestra planta debe reunir las siguientes características:

Debe ser construída con tubos horizontales, de acuerdo con las necesidades del condensador, ya que funciona también como -- tal, con un ventilador y su motor de 1.5 HP, y una altura mínima de 2 ft.

$$\frac{S_{\text{exp}}}{S_{\text{exp}} - H_{\text{exp}}}$$

0.014

0.013

0.012

0.011

0.010

0.009

0.008

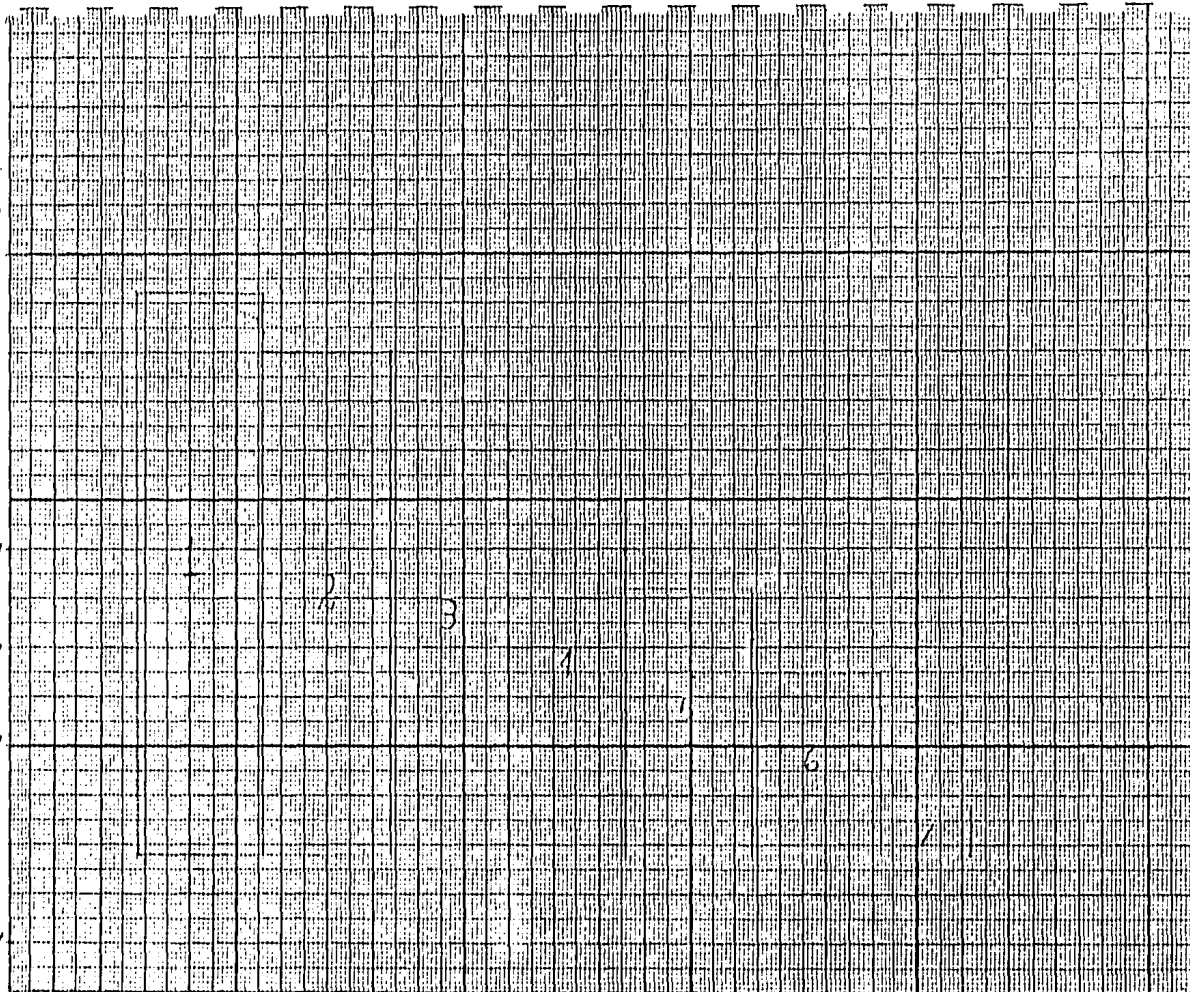
0.007

24

26

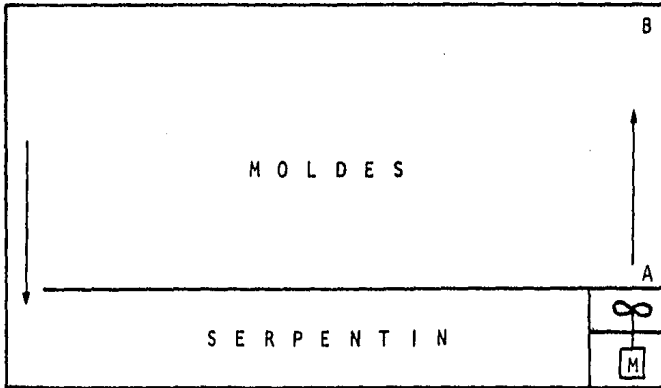
28

30



Propulsor de la salmuera.

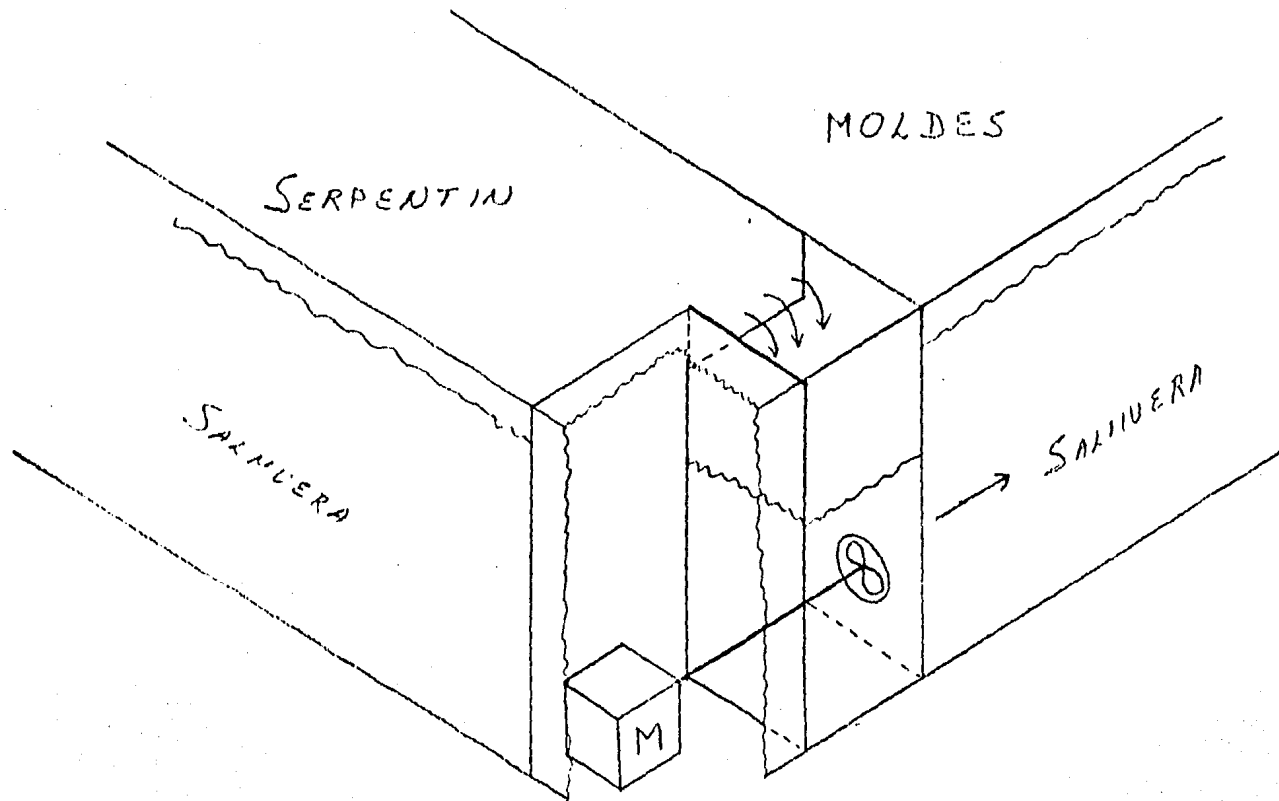
Este propulsor es un equipo que tiene como función hacer circular la salmuera de cloruro de sodio en el tanque de congelación, de acuerdo con la siguiente figura:



El tanque donde se lleva a cabo la agitación propiamente dicha, tiene la forma y características que se muestran en el dibujo de la hoja que sigue, en donde se observa que el propulsor a emplearse debe ser una propela tipo marino.

Ahora bien, la base de cálculo que se emplea para el diseño de este equipo, es la cantidad de calor a quitar al agua, misma que es absorbida por la salmuera y transferida al amoníaco en el serpentín; la salmuera se mantiene a 16°F , y su concentración es del 23 % aproximadamente.

De acuerdo con la literatura, en estos procesos la salmuera sale de la zona del serpentín y entra a la sección de los moldes a una temperatura de 14.8°F . Después de circular por esta sección, llega nuevamente a la zona del serpentín a la temperatura de 17.2°F . En base a esto, la diferencia de temperatura que registra la salmuera por absorción del calor del agua, es de 2.4°F , misma que nos sirve de punto de partida para el balance parcial de materia y energía, que queda como sigue, de acuerdo con las ecuaciones planteadas.



DETALLE DEL PROPULSOR

$$Q = m C_p \Delta T$$

en donde, Q = Calor cedido por el agua y absorbido por la salmuera, 465,080 BTU/h

m = Gasto másico de salmuera necesitada, Lb/min

C_p = Capacidad calorífica de la salmuera de cloruro de sodio al 23 %, a la temperatura promedio de 16 °F, 0.80 BTU/Lb °F

ΔT = Diferencia de temperatura de la salmuera, 2.4 °F
al despejar, sustituir y realizar las conversiones, se tiene:

$$m = \underline{4,037.15 \text{ Lb/min}}$$

Ahora bien, para el cálculo de la propela y la potencia necesaria del motor, se tiene la siguiente secuencia, en la que se aplican las relaciones:

$$W = \rho G H$$

$$G = N_G N D^3$$

$$H = \frac{N_p N^2 D^2}{N_G g_c}$$

en donde, W = Potencia dinámica requerida para la agitación y descarga de la salmuera, en ft Lb[→]/seg

ρ = Densidad de la salmuera de cloruro de sodio a la temperatura de 16 °F y concentración del 23 %, = 73.05 Lb/ft³

G = Gasto volumétrico de la salmuera, ft³/seg

H = Cabeza dinámica, en ft Lb[→]/Lb

N_G = Coeficiente de descarga, adimensional, el cuál varía entre 0.4 y 0.5 cuando N es igual o mayor que 300 rpm, con un Re mínimo de 10⁴.

N = Revoluciones por segundo de la propela; normalmente varía de 350 a 420 rpm cuando no se tiene transmisión directa de la flecha.

D = Diámetro de la propela, en ft

N_p = Número de potencia, adimensional, es función del Re (figura 17 del apéndice)

g_c = Constante gravitacional, igual a 32.2 ftLb[→]/Lbseg

El diámetro de la propela se calcula despejando de la segun

da ecuación, que queda como: $D = \left(\frac{G}{N_G N} \right)^{1/3}$

en donde, $G = \frac{m}{\rho} = 55.26 \text{ ft}^3/\text{min}$

$$N_G = 0.4$$

y, $N = 350 \text{ rpm}$

lo que nos dá: $D = 0.7336 \text{ ft} \approx 9 \text{ in}$

Al establecer el valor del diámetro en 9 pulgadas, se tiene como nuevo valor para G el de $0.9844 \text{ ft}^3/\text{seg}$. Por otro lado, para conocer el número de potencia y calcular la cabeza dinámica, se hace la estimación del número de Reynolds, de acuerdo con la relación:

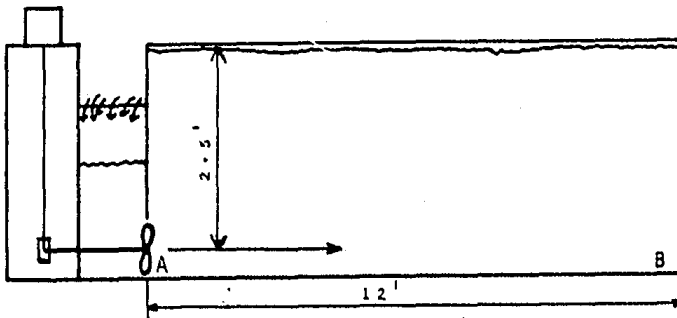
$$Re = \frac{D^2 N \rho}{\mu}$$

en donde, $\mu =$ Viscosidad de la salmuera a las condiciones de operación, esto es, $0.0027 \text{ Lb}/\text{ft seg}$

sustituyendo, encontramos que: $Re = 89,172$

por lo que tenemos un régimen turbulento, mientras que el número de potencia encontrado en la fig 17 del apéndice, para este número de Reynolds y la curva correspondiente (# 5), es igual a 0.38; ahora bien, con estos valores se puede calcular la cabeza dinámica de descarga, la cuál es: $H = 0.5647 \text{ ft Lb}/\text{Lb}$ y finalmente, la potencia dinámica requerida para la agitación y descarga de la salmuera es: $w = 40.61 \text{ ft Lb}/\text{seg}$

Por otro lado, además de la potencia dinámica calculada, se requiere de una potencia para contrarrestar la cabeza estática del fluido en el tanque. El cálculo de dicha cabeza estática, se hace tomando en cuenta las siguientes consideraciones, de acuerdo con la siguiente figura:



- En el punto de descarga (A), la presión de la salmuera, es -- la resultante de la altura de la columna de líquido y su densidad; esta presión es ejercida con la misma intensidad -- en todas las direcciones en dicho punto.
- Para lograr que la salmuera tenga una buena circulación dentro del tanque de congelación, es necesario asegurarse de -- que llegue al extremo B, por lo que el cálculo de la cabeza -- estática debe ser hecho para este punto.

De acuerdo con lo expuesto, se procede a los cálculos, de -- la siguiente manera, empleando las ecuaciones que se anotan. Para conocer la presión en el punto de descarga tenemos que:

$$P = \rho h$$

en donde, P = Presión en el punto de descarga, Lb/ft²

ρ = Densidad de la salmuera, 73.05 Lb/ft³

h = Altura de la columna de salmuera, 2.5 ft

y sustituyendo,

$$P = 182.625 \text{ Lb/ft}^2$$

ahora bien,

$$W_s = P d \left(\frac{g}{g_c} \right)$$

en donde, W_s = Potencia estática requerida para la circula----
ción de la salmuera, en ft Lb^{ft}/seg

d = Distancia entre la descarga y el punto B, esto es, 12 ft

y sustituyendo, tenemos que:

$$W_s = 2,191.5 \text{ ft Lb}^{\text{ft}}/\text{seg}$$

Y por último, la potencia total en HP, se calcula mediante :

$$\text{Pot.} = \frac{W + W_s}{550 \xi}$$

en donde, ξ = Eficiencia mecánica, 80 %

y al sustituir los valores, encontramos que

$$\text{Pot.} = 5.01 \text{ HP}$$

Con este resultado, se concluye el diseño del propulsor --- de la salmuera, el cuál debe ser de tipo marino, con un diáme---
tro de propela de 9 pulgadas, girando a 350 rpm, acoplado por --
medio de bandas a un motor de 5 HP.

Bomba de recirculación.

La bomba de recirculación del agua del condensador-torre -- de enfriamiento, se encuentra acoplada al equipo en la forma -- mostrada por el esquema de la hoja siguiente, y debe cumplir -- con las siguientes consideraciones para operar adecuadamente:

- 1) Se deben emplear dos bombas, con el objeto de proporcionar-- se relevo entre sí, cuando sea necesario (por ejemplo, en -- caso de mantenimiento).
- 2) La bomba debe trabajar ahogada, e inclusive las válvulas se colocarán por debajo del nivel de agua que se mantendrá en -- la torre, para disminuir los gastos de energía provocados -- por las pérdidas de presión en estos accesorios.
- 3) Las válvulas se emplearán para el control del flujo, de -- acuerdo con la variación de las condiciones del medio am---- biente, y para darle servicio a las bombas.
- 4) En la parte superior del sistema de recirculación, se colo-- carán tubos de 3/4 de pulgada de diámetro y 8 pulgadas de -- longitud, en donde estarán las espreas para el rociado del -- agua.
- 5) La tubería empleada, será de hierro comercial, cédula 40, -- pues el fluido que se va a manejar es agua.

Ahora bien, el diseño de este sistema, consiste en seleccio-- nar un conjunto de bomba, motor y diámetro de tubería, que cum-- pla con lo requerido al menor costo de operación posible. Para -- ésto, como punto de partida se tienen los siguientes datos:

$$m = 54,189 \text{ Lb/h}$$

$$T = 68 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\rho = 62.3 \text{ Lb/ft}^3$$

$$\mu = 0.9 \text{ cps}$$

$$G = m/\rho = 108.45 \text{ gpm}$$

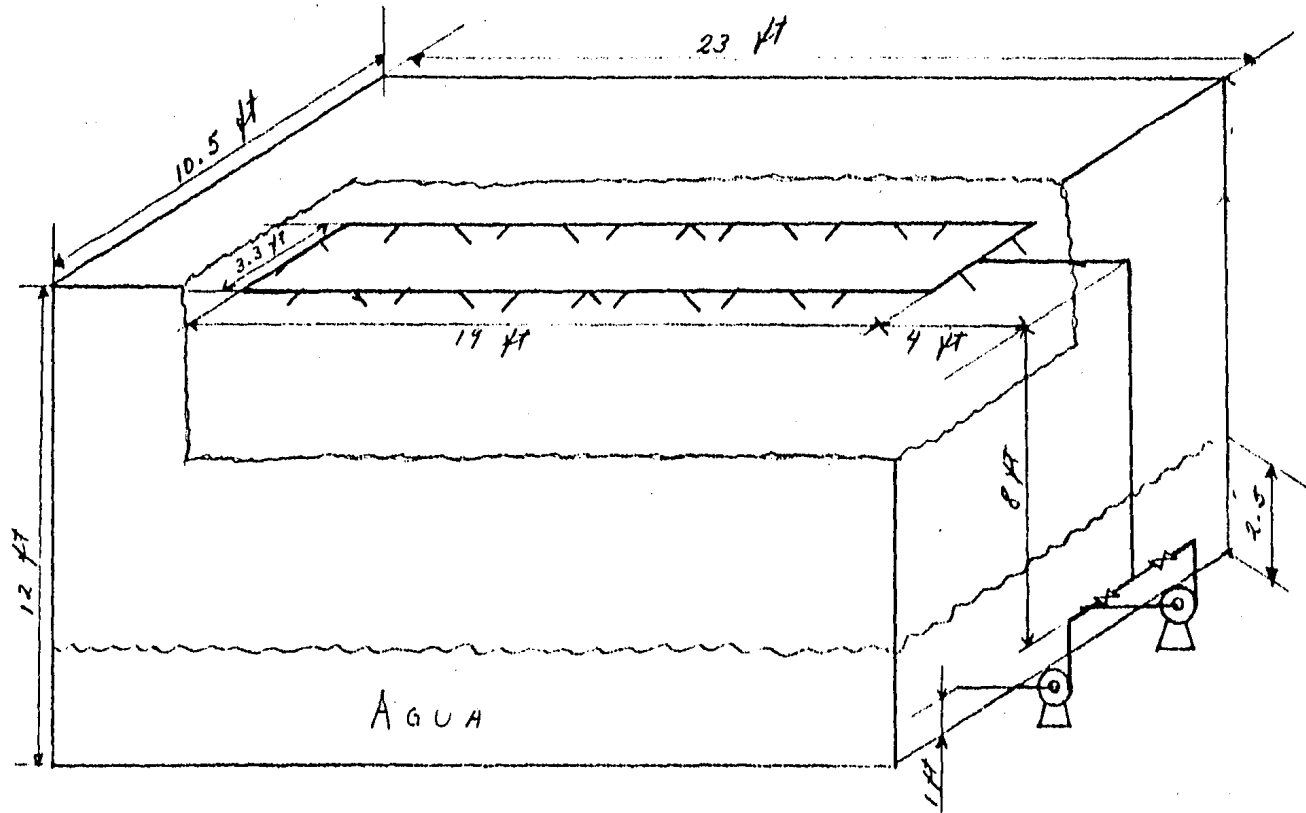
además, del esquema que representa el ciclo, tenemos que:

Longitud de la tubería*..... 58 ft

Codos a 90° 5 con $\frac{L}{D} = 30$

Tes --- 1 con $\frac{L}{D} = 60$

*1) In considerar los tubos de 3/4 de pulgada.



SISTEMA DE RECIRCULACION DE CONDENSADOR-TORRE

Como se mencionó anteriormente, se deben considerar distintos diámetros de tubería, los cuáles nos proporcionan diferentes alternativas para nuestro diseño. En base a esto, y con los datos obtenidos del apéndice, así como los cálculos efectuados con la fórmula $Re = \frac{D v \rho}{\mu}$, se llega a la siguiente tabla:

D(in)	d(ft)	S(ft ²)	v(ft/seg)	Re
1.5	0.1342	0.01414	17.09	236,249.5
2.0	0.1722	0.02330	10.37	183,945.0
2.5	0.2057	0.03322	7.27	154,044.0
3.0	0.2557	0.05130	4.71	124,058.9
3.5	0.2957	0.06870	3.52	107,218.7
4.0	0.3355	0.08840	2.73	94,347.7

en donde se observa que en cualquiera de los casos, el sistema se encuentra bajo un régimen turbulento.

En cuanto al cálculo de la potencia del motor a emplearse, se efectúa por medio de la relación: $Pot. = \frac{G H SG}{3960 E}$

en donde, H = Cabeza total a vencer, en ft $\frac{Lb}{seg}$

SG = Gravedad específica del agua, adimensional, 1.

E = Eficiencia mecánica, 80 %

y la potencia requerida está dada en HP; para el cálculo del valor de la cabeza total se emplea la relación:

$$H = \Delta z \left(\frac{g}{g_c} \right) + \frac{v^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F$$

en donde, Δz = Diferencia de altura entre los puntos de succión y descarga, 9 ft

α = Factor de corrección por velocidad, adimensional, = 0.95

ΣF = Suma de pérdidas de presión, debidas a la fricción en el interior de los tubos y accesorios, en ft $\frac{Lb}{seg}$

Ahora bien, para evaluar ΣF , se cuenta con la expresión:

$$\Sigma F = \frac{\Delta P}{\rho} \frac{g}{g_c}$$

en donde ΔP = Pérdida de presión total en el sistema, Lb/ft^2

y como estas pérdidas de presión se deben a la fricción en el interior de los tubos y los accesorios, es necesario evaluar la longitud equivalente (de tubería) de cada diámetro considerado, la cuál al ser multiplicada por la pérdida de presión en 100 ft, según el caso y corregida por medio de la ecuación anterior y las conversiones necesarias, nos arrojan los resultados anotados en la tabla siguiente:

D (in)	Codos (ft)	Te (ft)	Tubo (ft)	L_{tot} (ft)	ΔP_{100} (Lb/in ²)	ΔP_{tot} (Lb/in ²)	ΣF (ft Lb/seg)
1.5	225	90	58	373	41.40	154.42	356.36
2.0	300	120	58	478	11.76	56.21	129.93
2.5	375	150	58	583	4.71	27.46	63.47
3.0	450	180	58	688	1.61	11.08	25.60
3.5	525	210	58	793	0.77	6.10	14.10
4.0	600	240	58	898	0.42	3.73	8.61

Y finalmente, se obtiene la tabla de abajo, en la que se resumen los resultados obtenidos para la cabeza total y la potencia requerida, esto es,

D (in)	H_{Σ} (ft Lb/seg)	Pot. (HP)
1.5	370	12.67 ≈ 13
2.0	141	4.83 5
2.5	74	2.51 2.5
3.0	35	1.20 1.25
3.5	24	0.80 1
4.0	18	0.61 0.75

Ahora bien, de acuerdo con estos resultados, la bomba que cumple con los requisitos de nuestra planta, es una bomba de 125 gpm, acoplada a un motor de 5 HP, siempre y cuando se instale una tubería de 2 pulgadas de diámetro, lo que nos asegura la formación de las gotas en las espumas del sistema.

CAPITULO IV

RESULTADOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS CON LA PLANTA INSTALADA

CAPITULO IV.

RESULTADOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS CON LA PLANTA INSTALADA.

La fábrica de hielo que es objeto de nuestro estudio, quedó totalmente terminada a fines del año de 1981, siendo arrancada en el mes de Enero de 1982. Los resultados obtenidos experimentalmente, son presentados en este capítulo, destacando entre los datos obtenidos, la producción diaria durante el primer año de operación de la planta.

Por otro lado, se ha registrado el consumo de energía eléctrica en forma periódica, así como su costo; además, los datos registrados diariamente sobre la temperatura del medio ambiente y las presiones de succión y descarga del compresor, nos proporcionan una idea del comportamiento de los equipos, y la influencia de las condiciones climatológicas sobre los mismos.

Un punto muy importante, es el hecho de que la producción obtenida durante este año de operación, estuvo sujeta a la demanda del mercado, es decir, en ningún momento se intentó producir por lo menos, la cantidad de hielo para la que se hizo el diseño de la planta. Sin embargo, se registra una producción máxima, obtenida el día 17 de agosto, que sobrepasa la base de diseño.

Ahora bien, durante este año, en nuestro país se registraron algunos fenómenos políticos, sociales y económicos, que definitivamente tuvieron una repercusión en la estructura del sistema, afectando económicamente a todos los proyectos en etapa de arranque, incluyendo el nuestro.

Como consecuencia de lo anterior, el precio de venta de nuestro producto, registró las siguientes variaciones:

- a) De Enero a Abril..... 1.00 \$/kg
- b) De Mayo a Septiembre..... 1.60 "
- c) De Octubre a Diciembre..... 2.00 "

Dichos precios se establecieron sin hacer una estimación de los costos de producción, basados únicamente en la inflación.

En cuanto al personal que se requiere para la operación de la planta, queda integrado de la siguiente manera:

- Tres operadores
- Un despachador
- Un técnico de mantenimiento
- Una Cajera
- Un administrador

Los sueldos y salarios pagados al personal, como en el caso de los precios, también registraron una variación a lo largo del año, la cuál se resume de la siguiente forma:

a) Operadores:

- De Enero a Abril: Salario base de 392.00 \$/día
+ comisión de 20.00 \$/ton
- De Mayo a Septiembre: Salario base de 392.00 \$/día
+ comisión de 30.00 \$/ton
- De Octubre a Diciembre: Salario base de 450.80 \$/día
+ comisión de 30.00 \$/ton

b) Despachador:

- De Enero a Septiembre: Salario de 392.00 \$/día
- De Octubre a Diciembre: Salario de 450.80 \$/día

c) Técnico de mantenimiento:

- De Enero a Septiembre: Sueldo de 700.00 \$/día
- De Octubre a Diciembre: Sueldo de 805.00 \$/día

d) Cajera:

- De Enero a Septiembre: Sueldo de 450.00 \$/día
- De Octubre a Diciembre: Sueldo de 517.50 \$/día

e) Administrador:

- De Enero a Septiembre: Sueldo de 1,200.00 \$/día
- De Octubre a Diciembre: Sueldo de 1,450.00 \$/día.

Por otro lado, las erogaciones que se tuvieron durante el año, y que son inherentes a la operación de la planta, y por lo tanto repercuten en el costo de producción, son:

- 1.- Equipo de Seguridad. El equipo de seguridad empleado en la planta incluye botas de hule y uniformes para los operadores y el despachador, un botiquín y extinguidores, para lo cuál se destinó la cantidad de \$ 3,900.00 .

- 2.- Mantenimiento. Los gastos de mantenimiento de la planta, --- se hicieron únicamente en el mes de Diciembre, debido a la - rotura de las bandas de transmisión del motor del compresor, importando la cantidad de \$ 11,456.00 .
- 3.- Renta. El pago hecho por concepto de renta del local, según el contrato existente, fue de \$ 10,000.00 mensuales.
- 4.- Aceites y Lubrificantes. El consumo de aceites y lubricantes - en los equipos y motores de nuestra planta es en promedio, - el equivalente a medio litro diario de aceite SAE 40, con -- un costo de \$90.00 por cada litro.
- 5.- Gastos Varios. En este concepto se tienen los gastos de pa-- pelería e imprevistos; durante el año, importaron la canti-- dad de \$1,200.00 .
- 6.- Impuestos. Los impuestos pagados en el año de operación de - la planta, son los siguientes:
 - IMSS: 13.75 % sobre salarios mínimos pagados.
 - 9.375 % sobre sueldos pagados, menores de \$ 2,800.00 diarios.
 - INFONAVIT: 5 % sobre sueldos y salarios pagados.
 - IMPUESTOS FEDERALES: 1 % sobre sueldos y salarios pagados.
 - IMPUESTOS AL FISCO: 42 % sobre las utilidades obtenidas.
 - PARTICIPACION DE UTILIDADES: 8 % para los trabajadores.

Finalmente, antes de pasar a las tablas de los resultados - obtenidos, es importante anotar que el capital inicial para el - desarrollo de nuestro proyecto (en el año de 1979), era de - - - \$ 2'500,000.00; por otro lado, los gastos de instalación, eva--- luados en el mismo año, importaban la cantidad de \$ 320,600.00 .

En las hojas siguientes se encuentran los resultados obte--- nidos, los cuáles, por lo que a la producción concierne, estu--- vieron sujetos a la demanda del mercado, como se mencionó ante--- riormente.

ENERO

En este mes, se inicia la operación de la planta, observándose algunos problemas debidos a fallas eléctricas. El resumen de los registros diarios, se presenta en la tabla siguiente; el consumo de energía eléctrica es de 35,880 Kw-h, con un costo de \$ 31,430.40

Día	Presión del compresor (Lb/in ²)		Temperatura Ambiente (°C)	Producción	
	Succión	Descarga		Barras	Toneladas
1	0	0	18	0	0.00
2	0	0	18	0	0.00
3	0	0	18	0	0.00
4	20	195	16	0	0.00
5	21	205	16	0	0.00
6	22	210	17	0	0.00
7	22	205	17	100	5.00
8	22	210	18	60	3.00
9	22	210	19	0	0.00*
10	21	205	19	105	5.25
11	22	210	20	140	7.00
12	22	195	20	50	2.50
13	22	195	20	75	3.75
14	21	220	18	90	4.50
15	0	0	18	0	0.00*
16	19	200	18	45	2.25
17	21	195	20	45	2.25
18	22	195	20	45	2.25
19	22	195	21	0	0.00
20	22	200	22	75	3.75
21	22	195	22	0	0.00*
22	22	195	22	0	0.00*
23	22	185	22	120	6.00
24	0	0	21	0	0.00*
25	20	190	22	45	2.25
26	22	195	23	140	7.00
27	22	195	23	0	0.00*
28	22	195	23	100	5.00
29	22	215	23	0	0.00*
30	22	200	23	170	8.50
31	22	205	23	0	0.00*

*Fallas de energía eléctrica durante menos de 12 horas.

*Fallas de energía eléctrica durante mas de 12 horas

Producción promedio..... 8.054 ton/día

Temperatura ambiente promedio..... 23.25 °C

FEBRERO.

Los datos recopilados durante el mes de Febrero, se presentan en la siguiente tabla; el consumo de energía en este período, fué de 35,990 Kw-h, con un costo de \$ 34,731.50

Día	Presión del compresor (Lb/in ²)		Temperatura Ambiente (°C)	Producción	
	Succión	Descarga		Barras	Toneladas
1	22	195	23	245	12.25
2	22	200	24	175	8.75
3	22	195	22	125	6.25
4	20	195	24	25	1.25
5	22	205	21	260	13.00
6	22	205	25	105	5.25
7	0	0	24	0	0.00*
8	20	185	23	90	4.50
9	21	200	23	200	10.00
10	22	200	24	90	4.50
11	22	200	24	150	7.50
12	22	195	23	125	6.25
13	22	195	23	190	9.50
14	22	195	23	0	0.00*
15	22	195	21	290	14.50
16	21	185	20	340	17.00
17	21	190	21	240	12.00
18	22	200	25	195	9.75
19	22	200	25	185	9.25
20	20	190	23	290	14.50
21	21	200	23	230	11.50
22	22	195	23	90	4.50
23	22	195	22	195	9.75
24	22	200	23	235	11.75
25	21	195	23	215	10.75
26	22	190	24	175	8.75
27	22	195	26	50	2.50
28	0	0	26	0	0.00

*Fallas de energía eléctrica durante menos de 12 horas.

*Fallas de energía eléctrica durante mas de 12 horas.

Producción promedio..... 8.054 ton/día

Temperatura ambiente promedio... 23.25 °C

MARZO

Durante este mes, se registraron los datos que se proporcionan en la tabla, siendo el consumo de energía eléctrica de 35,880 Kw-h, con un costo de \$ 38,125.15

Día	Presión del compresor (Lb/in ²)		Temperatura Ambiente (°C)	Producción	
	Succión	Descarga		Barras	Toneladas
1	22	200	25	0	0.00*
2	21	200	25	120	6.00
3	22	210	25	80	4.00
4	22	195	25	30	1.50
5	22	200	26	60	3.00
6	22	200	26	75	3.75
7	21	195	26	00	0.00*
8	21	190	26	45	2.25
9	20	190	24	0	0.00*
10	22	210	24	105	5.25
11	0	0	23	0	0.00*
12	0	0	23	0	0.00*
13	20	210	25	30	1.50
14	22	195	26	260	13.00
15	22	195	28	30	1.50
16	22	195	28	205	10.25
17	22	195	28	280	14.00
18	22	195	28	305	15.25
19	22	195	31	60	3.00
20	22	210	32	175	8.75
21	22	210	32	165	8.25
22	22	210	34	305	15.25
23	22	215	34	300	15.00
24	22	210	35	220	11.00
25	22	210	33	195	9.75
26	22	200	32	275	13.75
27	22	195	32	280	14.00
28	22	195	32	255	12.75
29	0	0	32	0	0.00
30	22	195	31	255	12.75
31	22	195	31	255	12.75

*Fallas de energía eléctrica durante menos de 12 horas

*Fallas de energía eléctrica durante mas de 12 horas

Producción promedio..... 7.040 ton/día

Temperatura ambiente promedio..... 27.39 °C

ABRIL

En la operación de la planta, durante este período, se -- registraron los resultados abajo anotados, teniéndose un consumo de energía eléctrica de \$ 37,240.20, equivalente a la cantidad de 35,880 Kw-h.

Día	Presión del compresor (Lb/in ²)		Temperatura Ambiente (°C)	Producción	
	Succión	Descarga		Barras	Toneladas
1	22	200	31	185	9.25
2	22	195	31	225	11.25
3	22	195	34	310	15.50
4	22	195	35	265	13.25
5	22	200	36	205	10.25
6	22	200	36	210	10.50
7	22	195	37	330	16.50
8	22	215	37	400	20.00
9	22	210	37	180	9.00
10	22	210	38	385	19.25
11	22	205	36	195	9.75
12	22	205	36	230	11.50
13	22	205	36	305	15.25
14	22	210	35	270	13.50
15	22	205	35	275	13.75
16	22	205	35	360	18.00
17	21	210	35	305	15.25
18	21	210	36	235	11.75
19	22	215	36	345	17.25
20	22	210	37	310	15.50
21	21	215	37	245	12.25
22	21	210	36	155	7.75
23	22	215	36	0	0.00*
24	22	205	36	320	16.00
25	21	205	36	195	9.75
26	22	205	37	285	14.25
27	21	210	36	305	15.25
28	21	205	36	150	7.50
29	20	195	35	150	7.50
30	22	200	35	305	15.25

*Fallas de energía eléctrica durante menos de 12 horas.

Producción promedio..... 12.725 ton/día

Temperatura ambiente promedio..... 35.63 °C

MAYO

Durante este mes de mayo, se obtuvieron los resultados -- que se presentan en la siguiente tabla. La planta de hielo en -- este período, tuvo un consumo de 35,990 Kw-h de energía eléctrica, con un costo de \$ 37,967.50

Día	Presión del com-- presor (Lb/in ²)		Tempera-- tura (°C) Ambiente	Producción	
	Succión	Descarga		Barras	Toneladas
1	22	205	35	135	6.75
2	22	210	36	290	14.50
3	22	210	36	320	16.00
4	22	210	37	315	15.75
5	21	215	37	210	10.50
6	22	215	37	320	16.00
7	22	220	38	305	15.25
8	22	205	38	245	12.25
9	22	205	38	210	10.50
10	22	210	38	335	16.75
11	22	205	36	360	18.00
12	22	210	36	105	5.25
13	22	205	38	355	17.75
14	22	205	38	390	19.50
15	21	195	39	290	14.50
16	21	220	39	335	16.75
17	22	220	39	380	19.00
18	22	215	39	245	12.25
19	22	215	39	270	13.50
20	22	215	40	290	14.50
21	22	205	40	320	16.00
22	22	205	40	155	7.75
23	21	185	41	200	10.00
24	21	185	41	135	6.75
25	22	200	38	375	18.75
26	22	200	38	330	16.50
27	22	205	39	230	11.50
28	22	205	38	325	16.25
29	22	190	38	135	6.75
30	22	200	38	135	15.50
31	22	200	38	350	17.50

Producción promedio..... 13.823 ton/día

Temperatura ambiente promedio..... 38.13 °C

JUNIO.

En el mes de Junio, se tiene la siguiente tabla de datos, - en la que se observan las mayores temperaturas registradas durante el año, y la mayor producción promedio. En este período, - el consumo de energía es de 36,432Kw-h, con un costo de la misma, igual a \$ 41,918.50

Día	Presión del compresor (Lb/in ²)		Temperatura Ambiente (°C)	Producción	
	Succión	Descarga		Barras	Toneladas
1	22	205	38	320	16.00
2	22	205	38	315	15.75
3	22	205	39	270	13.50
4	22	205	39	355	17.75
5	22	205	39	310	15.50
6	22	210	40	80	4.00
7	21	210	40	365	18.25
8	22	205	39	305	15.25
9	22	205	40	345	17.25
10	22	200	40	265	13.25
11	22	205	39	310	15.50
12	21	205	39	315	15.75
13	22	205	39	130	6.50
14	22	205	39	135	6.75
15	22	205	40	175	8.75
16	22	205	39	190	9.50
17	21	195	38	210	10.50
18	22	200	38	365	18.25
19	22	200	39	155	7.75
20	22	200	39	105	5.25
21	22	200	39	175	8.75
22	21	190	40	135	6.75
23	22	150	39	150	7.50
24	22	185	39	90	4.50
25	22	195	39	135	6.75
26	21	195	39	150	7.50
27	21	195	38	115	5.75
28	21	195	38	135	6.75
29	22	200	39	150	7.50
30	22	200	39	220	11.00

Producción promedio..... 15.442 ton/día

Temperatura ambiente promedio..... 39.00 °C

JULIO

En el mes de Junio, los resultados obtenidos de la operación de la planta, son presentados en la tabla; el consumo de energía ascendió a \$ 51,536.05, equivalente a 38,860 Kw-h.

Día	Presión del compresor (Lb/in ²)		Temperatura Ambiente (°C)	Producción	
	Succión	Descarga		Barras	Toneladas
1	21	200	40	135	6.75
2	21	200	39	170	8.50
3	22	205	39	360	18.00
4	23	205	39	330	16.50
5	22	205	39	300	15.00
6	21	205	39	305	15.25
7	21	205	39	340	17.00
8	22	200	38	295	14.75
9	22	205	38	290	14.50
10	22	205	39	265	13.75
11	22	205	39	180	9.00
12	22	205	39	135	6.75
13	21	210	39	220	11.00
14	21	210	37	330	16.50
15	21	210	37	90	4.50
16	22	205	37	270	13.50
17	22	205	38	230	11.50
18	22	190	39	175	8.75
19	22	200	39	270	13.50
20	22	205	40	210	10.50
21	22	210	39	140	7.00
22	22	205	39	180	9.00
23	22	210	39	285	14.25
24	21	205	39	135	6.75
25	22	205	40	150	7.50
26	22	205	39	110	5.50
27	22	205	39	145	7.25
28	21	200	39	140	7.00
29	22	200	38	145	7.25
30	22	200	37	155	7.75
31	22	200	37	140	7.00

Producción promedio..... 10.685 ton/día

Temperatura ambiente promedio..... 38.65 °C

AGOSTO

Los datos recopilados durante el mes de agosto, se presentan en la tabla de abajo, siendo el consumo de energía eléctrica de 35,880 Kw-h, con un costo de \$ 40,579.10;

Día	Presión del compresor (Lb/in ²)		Temperatura Ambiente (°C)	Producción	
	Succión	Descarga		Barras	Toneladas
1	22	205	37	155	7.75
2	22	210	38	160	8.00
3	22	205	38	150	7.50
4	22	205	38	150	7.50
5	22	205	38	200	10.00
6	21	205	38	220	11.00
7	22	205	38	160	8.00
8	22	205	38	260	13.00
9	22	205	38	200	10.00
10	22	200	36	230	11.50
11	22	200	35	260	13.00
12	22	205	35	115	5.75
13	21	190	35	155	7.75
14	22	200	38	405	20.25
15	22	205	39	205	10.25
16	22	205	39	155	7.75
17	22	205	39	440	22.00*
18	22	205	39	395	19.75
19	22	205	39	215	10.75
20	21	210	39	210	10.50
21	22	205	39	90	4.50
22	22	205	38	220	11.00
23	22	205	38	220	11.00
24	22	205	38	220	11.00
25	22	200	38	235	11.75
26	22	200	38	185	9.25
27	22	205	38	130	6.50
28	22	205	38	215	10.75
29	22	205	38	220	11.00
30	22	205	38	205	10.25
31	22	205	38	205	10.25

*Producción mayor que la base de diseño.

Producción promedio..... 10.621 ton/día
 Temperatura ambiente promedio..... 37.84 °C

SEPTIEMBRE

En este mes, los resultados obtenidos se anotan en la tabla siguiente, mientras que el consumo de energía fué de 35,696 Kw-h, con un costo de \$ 48,943.90

Día	Presión del compresor (Lb/in ²)		Temperatura Ambiente (°C)	Producción	
	Succión	Descarga		Barras	Toneladas
1	22	205	38	215	10.75
2	22	205	38	115	5.75
3	22	205	38	120	6.00
4	22	200	38	215	10.75
5	22	205	38	120	6.00
6	21	205	38	125	6.25
7	22	200	39	240	12.00
8	22	205	39	100	5.00
9	22	205	39	190	9.50
10	22	205	39	210	10.50
11	22	205	39	225	11.25
12	21	205	39	160	8.00
13	22	200	38	315	15.75
14	22	205	36	143	7.15
15	22	210	35	330	16.50
16	22	200	34	150	7.50
17	20	190	34	255	12.75
18	21	200	34	160	13.00
19	21	200	36	200	10.00
20	22	205	36	135	6.75
21	22	205	37	215	10.25
22	22	205	36	175	8.75
23	22	205	36	150	7.50
24	22	205	36	150	7.50
25	22	200	37	125	6.25
26	22	200	37	135	6.75
27	21	200	37	265	13.25
28	22	205	37	230	11.50
29	22	205	37	230	11.50
30	22	205	37	190	9.50

Producción promedio..... 9.380 ton/día

Temperatura ambiente promedio..... 37.07 °C

OCTUBRE

Los resultados experimentales obtenidos en este mes, son --
 presentados en la tabla de abajo, mientras que el consumo de --
 energía eléctrica es de 36,910 Kw-h, con un costo de \$ 59,473.60

Día	Presión del com-- presor (Lb/in ²)		Tempera-- tura (°C)	Producción	
	Succión	Descarga	Ambiente	Barras	Toneladas
1	22	210	37	320	16.00
2	22	205	37	276	13.80
3	22	205	37	135	6.75
4	22	205	36	105	5.25
5	22	200	37	265	13.25
6	22	200	37	160	8.00
7	21	205	37	395	19.75
8	22	205	35	340	17.00
9	22	200	33	280	14.00
10	21	210	33	160	8.00
11	21	200	33	270	13.50
12	22	205	33	255	12.75
13	22	205	33	90	4.50
14	22	205	34	110	5.50
15	22	200	35	120	6.00
16	21	200	34	145	7.25
17	22	205	35	40	2.00
18	22	205	34	155	7.75
19	21	205	34	300	15.00
20	22	205	34	150	7.50
21	22	205	33	180	9.00
22	22	205	34	100	5.00
23	22	205	34	90	4.50
24	22	200	34	140	7.00
25	22	200	34	155	7.75
26	22	200	32	120	6.00
27	22	200	32	150	7.50
28	22	200	32	170	8.50
29	22	205	32	130	6.50
30	21	195	31	30	1.50

Producción promedio..... 8.610 ton/día

Temperatura ambiente promedio..... 34.20 °C

NOVIEMBRE

Durante el transcurso de este mes, se obtuvieron los resultados abajo anotados, habiendo un consumo de energía eléctrica - de 36,432 Kw-h, con un costo de \$ 48,227.40

Día	Presión del com-- presor (Lb/in ²)		Tempera-- tura (°C)	Producción	
	Succión	Descarga	Ambiente	Barras	Toneladas
1	22	205	31	150	7.50
2	20	190	30	30	1.50
3	20	190	30	105	5.25
4	21	195	30	90	4.50
5	21	195	30	145	7.25
6	21	195	30	120	6.00
7	21	195	30	30	1.50
8	20	190	30	180	9.00
9	20	195	29	60	3.00
10	21	195	29	75	3.75
11	21	195	28	105	5.25
12	21	200	28	155	7.75
13	21	195	28	0	0.00*
14	0	0	28	0	0.00*
15	20	195	29	180	9.00
16	21	195	29	75	3.75
17	21	195	24	75	3.75
18	21	190	26	110	5.50
19	22	195	29	120	6.00
20	22	195	29	75	3.75
21	22	195	29	205	10.25
22	22	195	24	135	6.75
23	22	190	24	120	6.00
24	22	190	24	150	7.50
25	21	195	26	110	5.50
26	21	195	26	150	7.50
27	22	195	27	70	3.50
28	22	195	27	195	9.75
29	21	200	26	60	3.00
30	22	195	27	125	6.25

*Fallas de energía eléctrica durante menos de 12 horas.

*Fallas de energía eléctrica durante mas de 12 horas.

Producción promedio..... 5.333 ton/día

Temperatura ambiente promedio..... 27.90 °C

DICIEMBRE

En este período, de acuerdo con los resultados que se presentan, la planta suspendió su operación durante 5 días por fallas mecánicas de los equipos; el consumo de energía ha sido - - menor (25,833 Kw-h) que en los meses anteriores, pero el costo - - aumentó hasta la cantidad de \$ 55,453.80

Día	Presión del compresor (Lb/in ²)		Temperatura Ambiente (°C)	Producción	
	Succión	Descarga		Barras	℥ neladas
1	22	195	28	0	0.00*
2	22	195	28	150	7.50
3	22	195	28	155	7.75
4	22	200	27	150	7.50
5	22	195	27	75	3.75
6	21	195	27	105	5.25
7	21	190	27	72	3.60
8	22	190	27	45	2.25
9	22	195	27	30	1.50
10	21	195	25	60	3.00
11	22	200	23	0	0.00*
12	0	0	23	0	0.00*
13	0	0	21	0	0.00*
14	0	0	20	0	0.00*
15	0	0	20	0	0.00*
16	19	185	20	120	6.00
17	19	180	20	125	6.25
18	20	190	21	0	0.00*
19	20	195	22	0	0.00*
20	20	195	24	105	5.25
21	21	195	26	90	4.50
22	21	195	27	30	1.50
23	21	195	24	105	5.25
24	21	195	24	185	9.25
25	22	200	25	0	0.00§
26	22	200	24	0	0.00*
27	22	195	24	45	2.25
28	22	195	23	220	11.00
29	22	195	22	45	2.25
30	22	200	22	70	3.50
31	22	195	22	0	0.00

*Fallas de energía eléctrica durante menos de 12 horas.

*Suspensión por reparación y mantenimiento de los motores.

§Falta de personal por ser día festivo.

Producción promedio..... 3.197 ton/día

Temperatura ambiente promedio..... 24.13 °C

CAPITULO V

COMPARACION ENTRE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES,
DATOS TECNICOS, Y CALCULOS DE LA PLANTA

CAPITULO V.

COMPARACION ENTRE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES, DATOS TECNICOS, Y CALCULOS DE LA PLANTA.

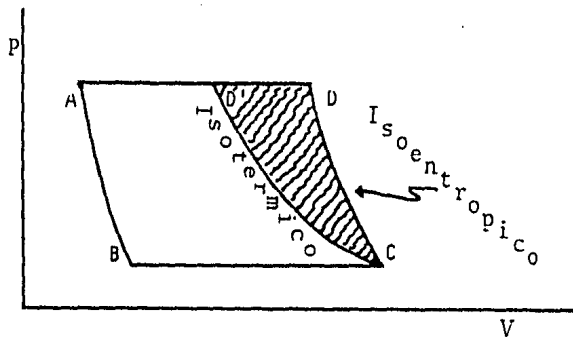
Una vez que se tienen por un lado los datos técnicos que la empresa constructora ha proporcionado y los resultados experimentales, y por otro lado, los cálculos sobre el diseño de una planta con las mismas características, es posible efectuar una comparación entre sí, con el objeto de establecer si los distintos equipos empleados son concordantes.

De acuerdo con esto, es necesario realizar un análisis detallado de cada uno de los equipos, antes de establecer alguna conclusión acerca de los mismos, y consecuentemente, de la planta en general.

Compresor.

El compresor es el principal equipo de la planta, ya que se encarga de efectuar el trabajo necesario para llevar el refrigerante a las condiciones requeridas de alta presión, en el ciclo de refrigeración.

Como se muestra en la siguiente figura, el trabajo de compresión se puede llevar a cabo en forma isotérmica o isoentrópica, esto es,



Si el proceso, dentro del compresor, se llevara a cabo en forma isotérmica, entonces el trabajo neto del ciclo se vería -- reducido, mientras que el trabajo de compresión, en sí mismo, -- sería mayor. Además, la compresión isotérmica no es práctica en un compresor de refrigeración, ya que con ello se tendría líquido saturado en la descarga. Por otro lado, si se contara con el medio de enfriamiento a temperatura suficientemente baja para -- enfriar el compresor lo necesario para producir compresión iso-- térmica, este mismo medio podría ser empleado directamente como refrigerante, y no habría necesidad del ciclo de refrigeración. Por lo tanto, la compresión del refrigerante en este equipo, debe ser llevada a cabo en forma isoentrópica.

Ahora bien, los compresores usados en refrigeración se clasifican en: Reciprocantes, Rotatorios y Centrífgos. Los reciprocantes se emplean para refrigerantes que requieren desplazamientos relativamente pequeños y presiones de condensación relativamente altas, como son los refrigerantes 22, 12, 500, 502 y el --- 717 (amoníaco). El tamaño de estos compresores varía desde 1/8 - HP en unidades domésticas, Hasta unidades de 250 toneladas o - más, en instalaciones industriales grandes.

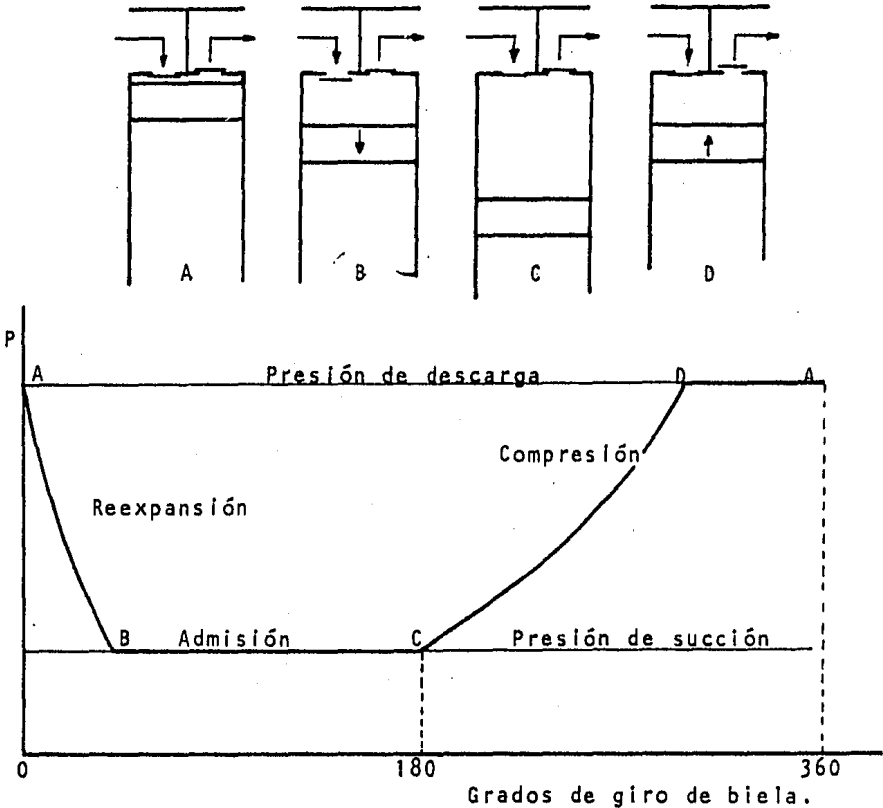
En el caso de la fábrica de hielo en estudio, se emplea - un compresor recíprocante de cilindro y pistón, el cuál trabaja de acuerdo con la ilustración de la hoja siguiente. Se define -- el término de Eficiencia Volumétrica, para este tipo de siste--- mas, como la relación entre el desplazamiento real y el desplazamiento teórico del pistón; dicha eficiencia se ve afectada - por los siguientes factores:

- a) El claro del compresor. Mientras mayor es el claro del com--- presor, menor será el desplazamiento real, y por lo tanto - disminuye la eficiencia volumétrica.

Este mismo efecto se tiene cuando se aumenta la presión de descarga, o se disminuye la presión de succión. Cuando la presión de descarga es aumentada, el vapor del claro será - comprimido a una presión mayor y se necesitará una cantidad - de espacio mas grande para re-expander el vapor residual hasta la presión de succión.

En el caso de una presión de succión menor, también se --
necesitará una re-expansión para que el vapor residual del --
claro alcance la presión de succión.

Por otro lado, si la presión de succión aumenta y la --
presión de descarga disminuye, entonces la eficiencia volumé-
trica se incrementará.



- b) Estrangulamiento. Un estrangulamiento es una restricción de --
área para un fluido en movimiento, causando una pérdida de --
presión por fricción, sin pérdidas de calor o rendimiento --
del trabajo. En nuestro caso, es función de la velocidad --
del vapor refrigerante que fluye a través de las válvulas y --
conductos del compresor. A medida que aumenta la velocidad --
del vapor, se aumenta el efecto de estrangulamiento.

Este efecto se tiene cuando se aumenta las revoluciones
por minuto del compresor, debido a que al aumentar la fre---

- cuencia del desplazamiento del pistón se incrementa la velocidad del vapor a través de las válvulas y conductos. Por lo tanto, se tendrá una disminución de la eficiencia volumétrica, al aumentar la velocidad del compresor.
- c) Calentamiento en el cilindro. El calentamiento del cilindro es otro factor que reduce la eficiencia volumétrica, ya que al entrar el vapor, se expande disminuyendo la masa y el volumen de vapor succionado.
- d) Fugas por pistón y válvulas. Cualquier fuga de vapor refrigerante, ya sea a través de las válvulas o alrededor del pistón, hace disminuir el volumen de vapor comprimido, provocando un decremento de la eficiencia volumétrica.

Variación de la capacidad del compresor con respecto a las temperaturas de succión y condensación.

El rendimiento del compresor y la eficiencia del ciclo de refrigeración, varían considerablemente con las condiciones de operación del sistema. El factor más importante que regula la capacidad del compresor es la temperatura de succión, ya que a medida que es mayor, se tiene una densidad mayor del vapor de succión, y por lo tanto el volumen unitario de vapor comprimido, representará una masa mayor de refrigerante. Esto implica que para cualquier desplazamiento de pistón dado, la masa de refrigerante manejado por el compresor en la unidad de tiempo, se incrementará a medida que aumenta la temperatura de succión.

Para ilustrar lo anterior, se presenta una serie de datos y resultados encontrados para un compresor con las características del compresor instalado en la planta, esto es,

Desplazamiento	187.5 ft ³ /min
Temperatura de saturación de la descarga	86°F
Presión de saturación de la descarga	169.2 Psia
Entalpía del líquido saturado de la descarga	138.9 BTU/Lb

Además, en la siguiente hoja se presenta una tabla de datos y resultados, en los que se observa la variación de la capacidad del compresor con respecto a la temperatura de succión.

T_s	ρ_s	W	H_s	Ef. Ref.	T.R. _t	P_s	Rc	ξ	T.R. _r
0	0.1097	20.5683	611.8	9,726.77	48.63	30.42	5.56	65	31.61
5	0.1227	23.0058	613.3	10913.95	54.57	34.27	4.94	68	37.11
10	0.1369	25.6682	614.9	12218.09	61.09	38.51	4.39	71	43.37
15	0.1524	28.5744	616.3	13642.44	68.21	43.14	3.92	74	50.48
20	0.1692	31.7244	617.8	15192.80	75.96	48.21	3.46	78	59.25
25	0.1875	35.1556	619.1	16881.70	84.41	53.78	3.15	79	66.68
30	0.2073	38.8680	620.5	18718.82	93.60	59.74	2.83	81	75.82
35	0.2287	42.8804	621.7	20702.66	103.51	66.26	2.55	83	85.91
40	0.2518	47.2116	623.0	22855.12	114.27	73.32	2.31	85	97.13

en donde, T_s = Temperatura de succión, °F. Esta temperatura -- debe ser lamisma de evaporación, es decir, la - temperatura de saturación del vapor que entra - al compresor.

ρ_s = Densidad del vapor en la succión, Lb/ft³

W = Flujo másico de vapor de refrigerante, Lb/min

H_s = Entalpía del vapor saturado a la temperatura -- de succión, BTU/Lb

Ef. Ref. = Efecto refrigerante: trabajo efectuado -- en la unidad de tiempo, BTU/min

T.R. _t = Toneladas de refrigeración teóricas (1 T.R. equivale a 200 BTU/min).

P_s = Presión de saturación en la succión, Psia

Rc = Relación de compresión, adimensional.

ξ = Eficiencia volumétrica, %.*

T.R. _r = Toneladas de refrigeración reales.

Al observar los resultados obtenidos, tenemos que a medida que aumenta la temperatura de succión, aumenta la capacidad re--frigerante del compresor, siempre y cuando la temperatura de sa--turación de la descarga sea constante. Por otro lado, al aumen--tar la temperatura de succión, disminuye la relación de compre--sión, y por tanto se incrementa la eficiencia volumétrica.

*De la figura 19 del apéndice.

Ahora bien, la capacidad de refrigeración del compresor requerido por la planta, es de aproximadamente 50 T.R., lo cuál -- se satisface cuando la temperatura de succión es de 15 °F.

La temperatura de condensación, es otro factor que influye grandemente en el rendimiento del compresor y la eficiencia del ciclo de refrigeración. Básicamente, el aumento en la temperatura de condensación (o de saturación de la descarga), causa un -- decremento en la capacidad refrigerante del compresor, ya que -- se aumenta la relación de compresión disminuyendo la eficiencia volumétrica. Lo anterior se ilustra con la siguiente tabla, en -- donde los resultados obtenidos han sido evaluados para un com--- presor con una temperatura de succión constante, igual a 15 °F.

Tc	Hc	Ef. Ref.	T.R. t	Pc	Rc	ξ	T.R. r
70	120.5	14,167.19	70.84	128.8	2.99	80	56.67
75	126.2	14,004.31	70.02	140.5	3.26	78	54.62
80	132.0	13,838.58	69.19	153.0	3.55	75	51.89
85	137.8	13,672.85	68.36	166.4	3.86	74	50.59
90	143.5	13,509.98	67.55	180.6	4.19	72	48.64
95	149.4	13,341.39	66.71	195.8	4.54	70	46.70
100	155.2	13,175.66	65.88	211.9	4.91	69	45.46

en donde, Tc = Temperatura de condensación, °F
Hc = Entalpfa del líquido a la temperatura de conden-
sación, BTU/Lb
Pc = Presión de condensación del vapor de la descar-
ga, Psia

De acuerdo con los resultados, la temperatura de condensa-
ción mas aproximada para obtener la capacidad de refrigeración --
requerida por la planta, es la correspondiente a 85 °F.

Efecto sobre la potencia del motor. Al aumentar la capaci-
de refrigeración del compresor, el efecto sobre la potencia del
motor, se lleva a cabo de una manera directamente proporcional,
es decir, se incrementa.

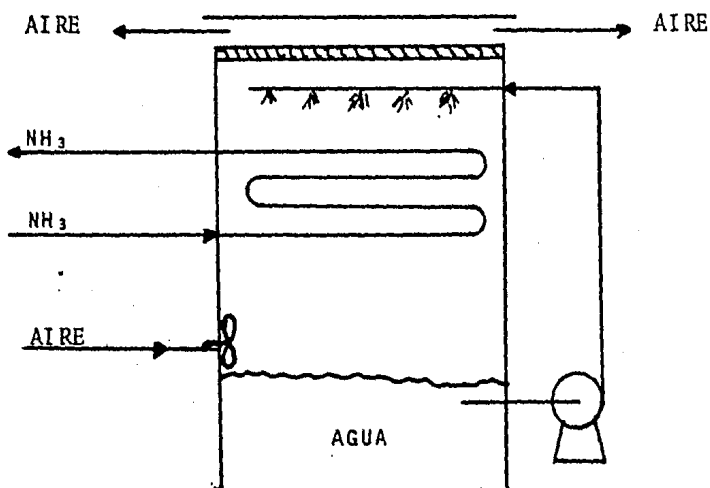
Finalmente, al comparar los resultados aquí descritos, con los datos proporcionados en los capítulos anteriores, se tiene una congruencia absoluta, en cuanto al compresor empleado en la planta de hielo.

Condensador.

Los condensadores empleados en los sistemas de refrigeración, se clasifican en:

- a) Enfriados con aire.
- b) Enfriados con agua.
- c) Enfriados con aire y agua.

De los cuáles, el empleado en la fábrica de hielo en estudio, pertenece al tercer grupo, es decir, emplea como medio de enfriamiento tanto aire como agua, lo cuál nos proporciona la ventaja de que trabaja al mismo tiempo como torre de enfriamiento. En estos equipos, la condensación del refrigerante se efectúa principalmente por la evaporación del agua rociada o atomizada sobre los tubos. La figura siguiente representa un condensador de este tipo:



El calor total transferido en el condensador, incluye tanto el calor absorbido por el refrigerante en el tanque congelador, como la energía equivalente al trabajo de compresión.

La carga del condensador se estima multiplicando la capacidad del compresor por un factor que se obtiene de la siguiente tabla para compresores abiertos de un solo paso simple:

Temperatura de Evaporación	Temperatura de condensación					
	90	100	110	120	130	140
-30	1.37	1.42	1.47			
-20	1.33	1.37	1.42	1.47		
-10	1.28	1.32	1.37	1.41	1.47	
0	1.24	1.28	1.32	1.37	1.41	1.47
10	1.21	1.24	1.28	1.32	1.36	1.42
20	1.17	1.20	1.24	1.28	1.32	1.37
30	1.14	1.17	1.20	1.24	1.27	1.32
40	1.12	1.15	1.17	1.20	1.23	1.28
50	1.09	1.12	1.14	1.17	1.20	1.24

Según Bohn Aluminum and Brass Company; Temp. en °F.

de donde el factor correspondiente en nuestro caso sería igual a 1.21, el cuál junto con los datos de capacidad de refrigeración necesaria (50.5 T.R.), y las conversiones correspondientes, nos arroja un resultado de carga térmica en el condensador de 733,260 BTU/h.

Por otro lado, los cálculos proporcionan un resultado para el calor transferido en el condensador, igual a 731,549 BTU/h, lo cuál es absolutamente aceptable en vista de que la diferencia es de aproximadamente 0.23 %.

Ahora bien, al comparar los resultados obtenidos en el diseño del condensador y los datos proporcionados por la empresa constructora, el condensador diseñado difiere del instalado en 100.8 ft de tubería que representan un 8 % del total de diseño.

En un momento dado, esta diferencia nos beneficia, ya que en el caso de necesitarse un área de transferencia adicional por aumento de carga, se cuenta con este pequeño exceso.

En base a todo lo expuesto, se considera que el equipo instalado en la planta de hielo para que funcione como condensador, es realmente el adecuado como tal; en cuanto a su función como torre de enfriamiento, se analiza posteriormente.

Tanque Congelador.

En cuanto a este equipo, se ha convenido con anterioridad en que el instalado por la constructora, es el adecuado, ya que reúne los requisitos inherentes a la operación y funcionalidad para las cuáles ha sido destinado.

Equipos Auxiliares.

Torre de enfriamiento. Las principales variables que se manejan al seleccionar una torre de enfriamiento, son:

- Acercamiento. Es la diferencia de temperatura entre el agua de la salida y la temperatura de bulbo húmedo del aire que entra, y en nuestro caso es igual a 8 °F.
- Rango. Es la diferencia de temperatura registrada por el agua, esto es, 13.5 °F
- Carga calorífica. Es la cantidad de calor transferido en la unidad de tiempo, en la torre. Para el proceso que se tiene la carga es la misma del condensador.

En cuanto a la comparación de los resultados obtenidos, los cálculos efectuados y la torre instalada, se observa que existe una diferencia en el equipo instalado, la cuál consiste en que la altura de la torre es un poco mayor de lo establecido en el diseño. Por otro lado, se tiene que en el equipo instalado, se han empleado dos ventiladores con un motor de 3/4 HP cada uno, en vez de un solo ventilador con un motor de 1.5 HP, como se estableció en el diseño.

Lo anterior, no es ningún obstáculo para aceptar que el equipo empleado como torre de enfriamiento, es también el adecuado para la planta, por el contrario, puede llegar a sernos útil en el caso de que se aumentará la carga calorífica.

Es importante recordar que para aumentar la carga de la torre, basta con aumentar la cantidad de aire que circula a través de ella. Además, ya que la temperatura de bulbo húmedo del aire disminuye con la temperatura ambiente, se tiene una mayor capacidad en los días húmedos y en invierno, que en los demás días del año. Por otro lado, al disminuir la temperatura del aire, la densidad aumenta, y por lo tanto, el volumen manejado es menor disminuyendo la capacidad, aunque no en cantidad suficiente para compensar el aumento por la variación de la temperatura de bulbo húmedo.

Propulsor de la salmuera. El propulsor de la salmuera es un equipo auxiliar muy importante ya que se encarga de hacer circular la salmuera en el tanque congelador propiciando la formación del hielo.

Los principales tipos de propulsores empleados en estos sistemas son los de tipo marino, es decir, propelas, las cuáles son dimensionadas en función del gasto a manejar, características del fluido, y la forma de acoplamiento al motor.

De acuerdo con lo anterior, las necesidades de la planta, son cubiertas con un propulsor tipo marino, de acero al carbón o lámina galvanizada, y acoplado al motor por medio de bandas.

Al comparar los resultados obtenidos en los cálculos, con los datos de la constructora y el equipo instalado, definitivamente, el propulsor empleado cumple con los requisitos, aún cuando el diámetro es un poco mas grande que el propuesto en el diseño, lo cuál es fácilmente compensado con las revoluciones por minuto a las que debe girar.

Bomba de Recirculación. La bomba de recirculación de la torre-condensador, es otro equipo tan importante como los anteriores, pues se encarga de proporcionar el agua necesitada para la condensación del refrigerante. Además es conveniente instalar dos en lugar de una, previniendo casos de fallas y mantenimiento.

La potencia requerida por este equipo depende del diámetro de la tubería a emplearse, para lo cuál se presentan varias alternativas en el diseño del mismo, en donde se observa que a medida que se aumenta el diámetro de los tubos, la potencia disminuye, y consecuentemente disminuye también el consumo de energía y la velocidad del agua en el interior de los tubos.

El punto mas importante para la selección de un sistema cuya finalidad es la de favorecer la formación de las gotas en las espreas, como es el caso de este equipo, es la velocidad que alcanza el agua, en base a la cuál nos inclinamos por una tubería de 2 pulgadas de diámetro, y una bomba acoplada a un motor de 5 HP.

De acuerdo con lo anterior, el sistema instalado para la recirculación del agua, es totalmente concordante con el sistema propuesto, por lo que también este equipo es el adecuado para las necesidades de la planta.

CAPITULO VI

ESTUDIO ECONOMICO

CAPITULO VI.

ESTUDIO ECONOMICO.

En todos los proyectos industriales, se hace imperante la necesidad de realizar un estudio económico, con el objeto de saber si son rentables. El objetivo del estudio es llegar a conocer el rendimiento anual de la inversión, y compararlo con las alternativas posibles, para determinar en un momento dado, la conducta a seguir con respecto al proyecto.

Ahora bien, en cuanto a la fábrica de hielo en estudio, es posible realizar dicho estudio con los datos anotados en el capítulo 4, obtenidos durante la operación del planta en el año de 1982, para lo cuál se procede a continuación.

COSTOS DE PRODUCCION Y UTILIDAD.

Para evaluar los costos de producción y la utilidad de la fábrica de hielo, es necesario recordar que durante el año de operación de la planta se observan tres períodos con variaciones en los precios de venta del producto, salarios pagados y costo de materias primas, debido a una serie de problemas que afectaron al país, como son la inflación y las devaluaciones de la moneda.

Una vez anotado lo anterior, se tiene a continuación la evaluación de los costos y la utilidad en cada período, esto es,

a) De Enero a abril.

Durante este período, se tienen gastos de acuerdo con los siguientes conceptos:

SUELDOS Y SALARIOS	\$ 488,075.00
IMSS	" 52,812.84
INFONAVIT	" 24,403.75
IMPUESTOS FEDERALES	" 4,880.75
EQUIPO DE SEGURIDAD	" 1,300.00
ACEITES Y LUBRICANTES	" 5,400.00

RENTA DEL LOCAL	\$ 40,000.00
GASTOS VARIOS	" 400.00
CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA.	" 141,527.25
GASTOS DE MANTENIMIENTO	" 3,818.65
DEPRECIACION DEL EQUIPO*.	" 183,001.50
DEPRECIACION DE INSTALACIONES*.	" 13,724.50
TOTAL.....	\$ 959,343.40

*El cálculo de la depreciación del equipo y las instalaciones, se efectúa de la siguiente manera:

- 1º Se considera que el equipo tendrá un tiempo de vida media - - de 10 años, mientras que las instalaciones durarán 20 años.
- 2º En vista de que el costo del equipo en el año de 1982, no es el mismo costo del año en que se hizo el presupuesto, se debe hacer la corrección para los precios actuales. En el caso de los gastos de instalación se procede de la misma manera.

Por lo que tenemos que:

$$D = \frac{C_{79}}{10 \text{ años}} \times \frac{I_{82}}{I_{79}}$$

en donde, D = Depreciación anual, \$/año

C_{79} = Costo del equipo en el año de 1979, esto es, -
\$ 2'137,429.39

I_{82} , I_{79} = Indices de precios editados por el banco de México para el año de 1982 y 1979, respectivamente, obtenidos de la tabla 27 y 28 del apéndice.

En el caso de la depreciación de las instalaciones, el costo en el año de 1979, es de \$ 320,600.00, y los cálculos se hacen para un tiempo de vida media de 20 años. El resultado final, para el período, se obtiene tomando en cuenta solamente el número de meses que lo forman, en ambos casos.

Ahora bien, el total de los gastos se divide entre la producción del período (895.75 ton), con lo que se obtiene:

COSTO DE PRODUCCION. 1.07 \$/Kg

Por otro lado, el precio de venta del producto en este periodo, es de 1.00 \$/Kg, por lo que al hacer los cálculos de los ingresos, y restarlos de los egresos, se tiene que:

UTILIDAD 63,593.40 \$

b) De Mayo a Septiembre.

Los egresos de la fábrica durante estos meses de operación se resumen de acuerdo con los siguientes conceptos:

SUELDOS Y SALARIOS	\$ 654,466.50
IMSS.	" 70,352.63
INFONAVIT	" 6,544.65
IMPUESTOS FEDERALES	" 32,723.33
EQUIPO DE SEGURIDAD	" 1,625.00
ACEITES Y LUBRICANTES	" 6,885.00
RENTA	" 50,000.00
GASTOS VARIOS	" 500.00
CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA.	" 220,945.05
GASTOS DE MANTENIMIENTO	" 4,773.30
DEPRECIACION DEL EQUIPO	" 228,751.85
DEPRECIACION DE INSTALACIONES	" 17,155.65
TOTAL.....	<u>\$ 1'294,722.66</u>

Y como la producción llegó a la cantidad de 1,833.65 toneladas, se tiene que:

COSTO DE PRODUCCION. 0.71 \$/Kg

Además, ya que en este periodo el precio de venta del producto se mantuvo en 1.60 \$/Kg, al hacer los cálculos se tiene -- que:

UTILIDAD 1' 639,117.34 \$

c) De Octubre a Diciembre.

Los gastos efectuados durante este último periodo del año, se presentan en la hoja siguiente, siendo desglosados de la misma forma que para los periodos anteriores.

SUELDOS Y SALARIOS.	\$ 431,913.70
IMSS.	" 46,645.33
INFONAVIT	" 21,595.69
IMPUESTOS FEDERALES	" 4,319.15
EQUIPO DE SEGURIDAD	" 975.00
ACEITES Y LUBRICANTES	" 4,095.00
RENTA	" 30,000.00
GASTOS VARIOS	" 300.00
CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA.	" 163,154.80
GASTOS DE MANTENIMIENTO	" 2,864.00
DEPRECIACION DEL EQUIPO	" 137,251.10
DEPRECIACION DE INSTALACIONES	" 10,293.40
TOTAL.....	<u>\$ 853,407.17</u>

Y dado que la producción obtenida asciende a 518.5 toneladas, el costo es:

COSTO DE PRODUCCION. 1.65 \$/Kg

Por otro lado, el precio de venta del producto en este período, se estableció en 2.00 \$/Kg, por lo que al efectuar los cálculos necesarios, tenemos que:

UTILIDAD 183,592.83 \$

UTILIDAD, UTILIDAD NETA Y RENTABILIDAD.

La utilidad que se obtuvo durante el año de operación de la planta, corresponde a la suma de las utilidades obtenidas en los períodos, por lo que se tiene:

UTILIDAD TOTAL..... \$ 1,759,116.77

La utilidad neta es la que nos queda después de pagar los impuestos al fisco y la participación de utilidades a los empleados y trabajadores. Los impuestos al fisco representan un 42 % de la utilidad obtenida, mientras que la participación para trabajadores es de 8 %, por lo que la utilidad neta viene a ser el 50 % de la utilidad obtenida, esto es,

UTILIDAD NETA..... \$ 879,558.39

La rentabilidad es la relación que existe entre la utilidad neta obtenida y el capital invertido. Dicho capital, en el caso de nuestro proyecto, importaba la cantidad de \$ 2'500,000.00 en el año de 1979. Ahora bien, dado que si esta cantidad se hubiese invertido a plazo fijo en algún banco durante el lapso de tiempo en que fue entregada la planta, se tendría un capital -- mayor, es necesario hacer la corrección para el mismo, de acuerdo con los índices económicos del apéndice. Por lo tanto, se -- tiene que:

$$\text{Capital} = 2'500,000.00 \$ \times \frac{I_{82}}{I_{79}}$$

$$\text{Capital} = 6'421,319.70 \$$$

Y en cuanto a la rentabilidad:

$$\begin{aligned} \text{RENTABILIDAD} &= \frac{\text{UTILIDAD NETA}}{\text{Capital}} \times 100 \\ &= \frac{879,558.39 \$}{6'421,319.70 \$} \times 100 \end{aligned}$$

$$\underline{\text{RENTABILIDAD} = 13.70 \%}$$

Dicha rentabilidad es mucho menor que la tasa de interés -- pagada por el banco de México en inversiones a plazo fijo durante el mismo año, la cuál ascendió a 43.91 % en promedio, por lo que desde este punto de vista, el proyecto no ha sido económicamente rentable.

SISTEMA IDEAL.

El sistema ideal para la planta de hielo, sería aquel en -- el que la producción diariamente obtenida, correspondiera a la -- base de diseño, es decir, 20 toneladas.

En este sistema, algunos costos permanecen fijos, los cuál-- les son presentados a continuación:

SUELDOS Y SALARIOS	\$ 1'685,578.00
IMSS	" 180,296.40
INFONAVIT	" 84,278.90

IMPUESTOS FEDERALES	\$	16,855.80
EQUIPO DE SEGURIDAD	"	3,900.00
MANTENIMIENTO	"	11,456.00
RENTA	"	120,000.00
GASTOS VARIOS	"	1,200.00
ACEITES Y LUBRICANTES	"	16,425.00
DEPRECIACION DE EQUIPO	"	549,004.50
DEPRECIACION DE INSTALACIONES	"	41,173.50
		<hr/>
SUMA.....	\$	2'710,168.10

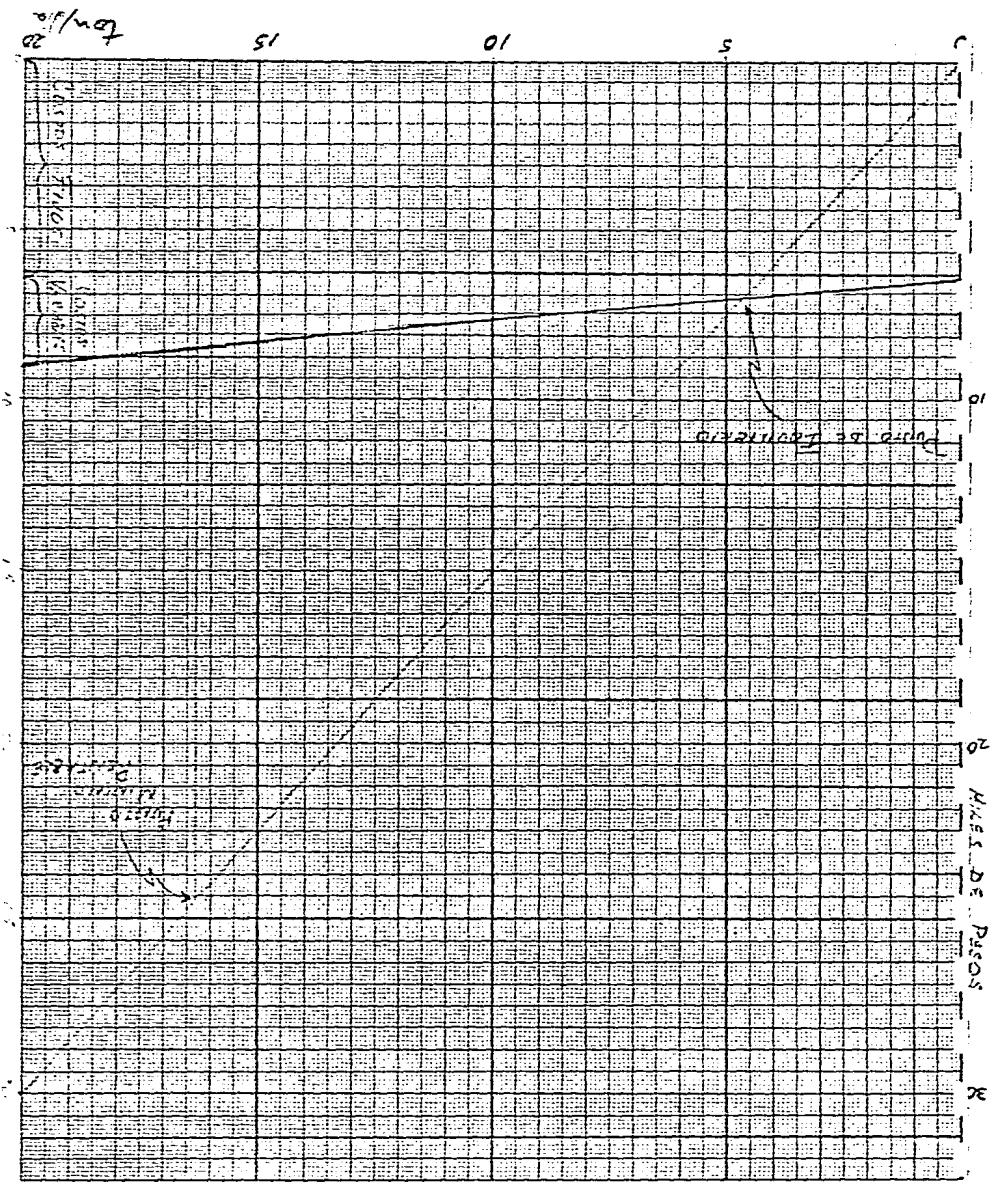
De donde el costo fijo por día es de \$ 7,425.12

Por otro lado, se tiene en el renglón de costos variables - el consumo de energía eléctrica, el cuál suponiendo que todos -- los motores se encontraran trabajando durante las 24 horas del - día, y todos los días del año, importaría la cantidad de.....- \$ 704,063.70 .

Dicha cantidad sumada a los costos fijos, nos proporcionan un valor para el costo total igual a.....\$ 3'414,231.80 y un costo total por día de.....\$ 9,353.94

Ahora bien, el precio de venta, a lo largo del año tuvo - - un promedio de 1.4984 \$/Kg, lo que nos proporcionaría la canti-- dad de ingresos diarios de \$ 29,968.00 al vender las 20 tonela-- das.

Con esta serie de resultados obtenidos, se construye la - - gráfica de la hoja siguiente, en donde es señalado el punto de - equilibrio, y el punto mínimo rentable, el cuál nos indica la -- producción mínima necesaria para que la rentabilidad sea por lo menos igual a la tasa de interés pagada por el banco.



CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Antes de entrar de lleno en las conclusiones y recomendaciones de este trabajo, se presentan algunas observaciones acerca del desarrollo del estudio y el manejo del proyecto.

Por principio, es importante anotar que la fábrica de hielo estudiada, desde el momento en que fué decidida su compra e instalación, nunca se manejó como un proyecto propiamente dicho. Esto es,

- 1o. No se realizaron la serie de estudios previos, como son el análisis del mercado y localización, lo cuál ha repercutido en el hecho indiscutible de una producción sobrada.
- 2o. Tampoco hubo una selección por no haberse consultado otras alternativas que pudieran proporcionarnos la misma capacidad de producción a un menor costo.

Como consecuencia de lo anterior, se tiene que los datos técnicos proporcionados por la empresa constructora nos dan una información bastante vaga desde el punto de vista de la ingeniería química, acerca de los criterios que sirven para seleccionar el proceso.

Por otro lado, la planta de hielo instalada cumple con los equipos y la instrumentación que la literatura consultada recomienda. Los equipos se adaptaron al local disponible en una forma efectiva, y con una completa libertad para el manejo del producto.

Aún cuando la producción obtenida a lo largo del año estuvo sujeta a la demanda del mercado, los resultados experimentales son satisfactorios en cuanto al comportamiento y desarrollo de los equipos que componen la fábrica. Sin embargo, debido a razones fuera del alcance de este estudio, no se ha logrado detectar algunas cuestiones interesantes del arranque de todo tipo de plantas industriales, como son la construcción de la curva de aprendizaje y las pruebas en vacío.

CONCLUSIONES.

- 1.- En este estudio se proporciona un método de cálculo para -- el diseño de plantas de hielo, basado en los parámetros - - fisicoquímicos que gobiernan cada uno de los fenómenos que se llevan a cabo durante el proceso.
- 2.- La planta instalada, definitivamente cumple con la capaci-- dad de producción requerida, siendo los equipos que la com-- ponen los adecuados, por lo que la premisa de partida ha -- sido desechada.
- 3.- Se desarrolla un método de evaluación y comparación de pre-- cios de plantas de proceso y/o equipos, basado en los índi-- ces de precios publicados por el banco de México.
- 4.- Durante el primer año de operación, la fábrica de hielo - - no ha sido rentable.

RECOMENDACIONES..

- 1.- Cuando se tenga el deseo de adquirir una planta de proceso, independientemente del tipo de proceso de que se trate, -- se debe manejar como un proyecto, consultando a las perso-- nas relacionadas con el tipo de proceso.
- 2.- En cuanto a la fábrica de hielo en cuestión, con el objeto de aumentar la rentabilidad obtenida, se recomienda tratar de ampliar el mercado, para aprovechar al máximo la capaci-- dad de la planta.
- 3.- Es recomendable también efectuar un análisis periódicamen-- te, acerca de los costos de producción, para poder fijar -- el precio de venta con bases, y no de una manera arbitra--- ria.
- 4.- Con el objeto de vigilar que los equipos operen correcta--- mente se hacen las siguientes recomendaciones:
 - a) Llevar un registro diario de las presiones de succión -- y descarga del compresor, además de la revisión del ni-- vel del aceite y la cantidad de agua de enfriamiento - - para evitar al máximo las fallas mecánicas.

- b) Registrar diariamente las temperaturas del medio ambiente y del agua del condensador, con el objeto de controlar el flujo que se alimenta en caso de ser necesario.
 - c) Controlar diariamente la potabilidad del agua que se emplea para la producción del hielo, para lo cual es necesario efectuar un análisis en el que se determine la dureza, concentración de cloruros y conductividad eléctrica.
 - d) Hacer un registro semanal de la densidad de la salmuera, con el objeto controlar su concentración y mantener la eficiencia en el tanque de congelación.
- 5.- En el caso de que se desee aumentar la capacidad de producción, se recomienda realizar un estudio acerca de la conveniencia de adquirir un equipo pre-enfriador del agua potable. Dicho equipo tendría como función alimentar el agua -- a una temperatura mucho menor que la temperatura ambiente, por lo que el tiempo de formación del hielo se vería reducido, aumenta la capacidad de producción sin aumentar la -- carga térmica de los equipos.

A P P E N D I C E

The unit of pressure and stress in the metric gravitational system is the kilopond per square meter, abbreviation kp/m^2 ; $1 \text{ kp/m}^2 = 9.80665 \text{ Pa} = 9.80665 \text{ N/m}^2 = 0.204816 \text{ lbf/ft}^2$.
 The Anglo-American unit of pressure and stress is the pound-force per square foot, abbreviation lbf/ft^2 ; $1 \text{ lbf/ft}^2 = 47.8803 \text{ Pa} = 47.8803 \text{ N/m}^2 = 4.88243 \text{ kp/m}^2$.

TABLE 1 Conversion Factors for Units of Pressure and Stress

Unit	Abbreviation	Pa N/m ²	tf/cm ²	N/mm ²	bar	mbar	psia	kp/m ²	kp/cm ² at	kp/mm ²	mmHg, O ^a
1 pascal	= Pa	1	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻¹	10 ¹	1.01972 · 10 ⁻⁴	1.01972 · 10 ⁻⁴	1.01972 · 10 ⁻¹¹	1.01972 · 10 ⁻¹
1 newton per square meter	= N/m ²	1	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻¹	10 ¹	1.01972 · 10 ⁻⁴	1.01972 · 10 ⁻⁴	1.01972 · 10 ⁻¹¹	1.01972 · 10 ⁻¹
1 newton per square centimeter	= N/cm ²	10 ⁴	1	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ¹	10 ¹	1.01972 · 10 ¹	1.01972 · 10 ¹	1.01972 · 10 ⁻⁴	1.01972 · 10 ¹
1 newton per square millimeter	= N/mm ²	10 ⁶	10 ¹	1	10 ¹	10 ¹	10 ¹	1.01972 · 10 ³	1.01972 · 10 ³	1.01972 · 10 ⁻⁸	1.01972 · 10 ³
1 bar	= bar	10 ⁵	10 ¹	10 ⁻¹	1	10 ¹	10 ¹	1.01972 · 10 ¹	1.01972	1.01972 · 10 ⁻⁴	1.01972 · 10 ¹
1 millibar	= mbar	10 ³	10 ⁻¹	10 ⁻⁴	10 ⁻¹	1	10 ¹	1.01972 · 10 ⁻¹	1.01972 · 10 ⁻¹	1.01972 · 10 ⁻⁸	1.01972 · 10 ⁻¹
1 microbar	= μbar	10 ⁻¹	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	1	1	1.01972 · 10 ⁻⁵	1.01972 · 10 ⁻⁵	1.01972 · 10 ⁻¹²	1.01972 · 10 ⁻⁵
1 kilopond per square meter	= kp/m ²	9.80665	9.80665 · 10 ⁻⁴	9.80665 · 10 ⁻⁴	9.80665 · 10 ⁻⁵	9.80665 · 10 ⁻¹	9.80665 · 10 ¹	1	10 ⁻⁴	10 ⁻⁸	1
1 kilopond per square centimeter	= kp/cm ²	9.80665 · 10 ⁴	9.80665	9.80665 · 10 ⁻¹	9.80665 · 10 ⁻¹	9.80665 · 10 ¹	9.80665 · 10 ¹	10 ¹	1	10 ⁻⁴	10 ¹
1 technical atmosphere	= at	9.80665 · 10 ⁴	9.80665	9.80665	9.80665 · 10 ⁻¹	9.80665 · 10 ¹	9.80665 · 10 ¹	10 ¹	1	10 ⁻⁴	10 ¹
1 kilopond per square millimeter	= kp/mm ²	9.80665 · 10 ⁶	9.80665 · 10 ¹	9.80665	9.80665 · 10 ¹	9.80665 · 10 ¹	9.80665 · 10 ¹	10 ⁶	10 ¹	1	10 ⁶
1 millimeter of water	= mm H ₂ O ^b	9.80665	9.80665 · 10 ⁻⁴	9.80665 · 10 ⁻⁴	9.80665 · 10 ⁻⁵	9.80665 · 10 ⁻¹	9.80665 · 10 ⁻¹	1	10 ⁻⁴	10 ⁻⁸	1
1 millimeter of mercury	= mm Hg	133.322	133.322 · 10 ⁻¹	133.322 · 10 ⁻¹	133.322 · 10 ⁻¹	133.322 · 10 ⁻¹	133.322 · 10 ⁻¹	13.5951	13.5951 · 10 ⁻⁴	13.5951 · 10 ⁻⁸	13.5951
1 torr	= 1 torr ^c	133.322	133.322 · 10 ⁻¹	133.322 · 10 ⁻¹	133.322 · 10 ⁻¹	133.322 · 10 ⁻¹	133.322 · 10 ⁻¹	13.5951	13.5951 · 10 ⁻⁴	13.5951 · 10 ⁻⁸	13.5951
1 standard atmosphere	= atm	1.01325 · 10 ⁵	1.01325 · 10 ¹	1.01325 · 10 ¹	1.01325	1.01325 · 10 ¹	1.01325 · 10 ¹	1.03323 · 10 ¹	1.03323	1.03323 · 10 ⁻⁴	1.03323 · 10 ¹
1 poundal per square foot	= pdl/ft ²	1.48816	1.48816 · 10 ⁻⁴	1.48816 · 10 ⁻⁴	1.48816 · 10 ⁻⁵	1.48816 · 10 ⁻¹	1.48816 · 10 ¹	1.51750 · 10 ⁻¹	1.51750 · 10 ⁻¹	1.51750 · 10 ⁻⁸	1.51750 · 10 ⁻¹
1 pound-force per square inch	= lbf/in ²	6.89476 · 10 ³	6.89476 · 10 ¹	6.89476 · 10 ¹	6.89476 · 10 ¹	6.89476 · 10 ¹	6.89476 · 10 ¹	7.03070 · 10 ¹	7.03070 · 10 ¹	7.03070 · 10 ⁻⁴	7.03070 · 10 ¹
1 pound-force per square foot	= lbf/ft ²	47.8803	47.8803 · 10 ⁻¹	47.8803 · 10 ⁻¹	47.8803 · 10 ⁻¹	47.8803 · 10 ⁻¹	47.8803 · 10 ⁻¹	4.88243	4.88243 · 10 ⁻⁴	4.88243 · 10 ⁻⁸	4.88243
1 UK ton-force per square inch	= UK tonf/in ²	1.54443 · 10 ⁷	1.54443 · 10 ⁵	1.54443 · 10 ⁵	1.54443 · 10 ⁵	1.54443 · 10 ⁵	1.54443 · 10 ⁵	1.57488 · 10 ⁵	1.57488	1.57488 · 10 ⁻⁴	1.57488 · 10 ⁵
1 UK ton-force per square foot	= UK tonf/ft ²	1.07252 · 10 ⁷	1.07252 · 10 ⁵	1.07252 · 10 ⁵	1.07252 · 10 ⁵	1.07252 · 10 ⁵	1.07252 · 10 ⁵	1.09366 · 10 ⁵	1.09366	1.09366 · 10 ⁻⁴	1.09366 · 10 ⁵
1 inch of water	= in. H ₂ O	2.49089 · 10 ¹	2.49089 · 10 ⁻¹	2.49089 · 10 ⁻¹	2.49089 · 10 ⁻¹	2.49089	2.49089 · 10 ¹	25.4	25.4 · 10 ⁻⁴	25.4 · 10 ⁻⁸	25.4
1 foot of water	= ft H ₂ O	29.8907 · 10 ¹	29.8907 · 10 ⁻¹	29.8907 · 10 ⁻¹	29.8907 · 10 ⁻¹	29.8907	29.8907 · 10 ¹	304.8	304.8 · 10 ⁻⁴	304.8 · 10 ⁻⁸	304.8
1 barometric inch of mercury	= in. Hg	33.8639 · 10 ¹	33.8639 · 10 ⁻¹	33.8639 · 10 ⁻¹	33.8639 · 10 ⁻¹	33.8639	33.8639 · 10 ¹	345.316	345.316 · 10 ⁻⁴	345.316 · 10 ⁻⁸	345.316

Specific energy (mass basis) equivalents

The unit of specific energy (mass basis) in the International System (SI) is the joule per kilogram, abbreviation J/kg;
 $1 \text{ J/kg} = 0.101972 \text{ kp m/kg} = 0.334553 \text{ ft lbf/lb}$.

The unit of specific energy (mass basis) in the metric gravitational system is the kilopond meter per kilogram, abbreviation kp m/kg;
 $1 \text{ kp m/kg} = 9.80665 \text{ J/kg} = 3.28084 \text{ ft lbf/lb}$.

The Anglo-American unit of specific energy (mass basis) is the foot-pound-force per pound, abbreviation ft lbf/lb;
 $1 \text{ ft lbf/lb} = 2.98907 \text{ J/kg} = 0.3048 \text{ kp m/kg}$.

TABLE 2 Conversion Factors for Units of Specific Energy (Mass Basis)

Unit	Abbreviation	J/g	kJ/kg	kcal/kg	kp m/kg	Btu/lb	ft lbf/lb
1 joule per gram	= J/g	1	1	0.238846	101.972	0.429923	334.553
1 kilojoule per kilogram	= kJ/kg	1	1	0.238846	101.972	0.429923	334.553
1 kilocalorie per kilogram	= kcal/kg	4.1868	4.1868	1	426.036	1.8	1400.70
1 kilopond meter per kilogram	= kp m/kg	9.80665 · 10 ⁻¹	9.80665 · 10 ⁻¹	2.34278 · 10 ⁻¹	1	4.216 · 10 ⁻¹	3.28084
1 British thermal unit per pound	= Btu/lb	2.326	2.326	0.555566	237.106	1	778.169
1 foot-pound-force per pound	= ft lbf/lb	2.98907 · 10 ⁻¹	2.98907 · 10 ⁻¹	7.13926 · 10 ⁻¹	0.3048	1.28507 · 10 ⁻¹	1

Examples: $1 \text{ kJ/kg} = 101.972 \text{ kp m/kg} = 102 \text{ kp m/kg}$;
 $1 \text{ kcal/kg} = 1.8 \text{ Btu/lb}$; $1 \text{ ft lbf/lb} = 0.3048 \text{ kp m/kg}$.
 Exact values are printed in bold type.

Energy equivalents

The unit of energy in the International System (SI) is the joule, abbreviation J; 1 J = 0,101 971 6 kp m = 0,102 kp m = 0,737 562 ft lbf.
 The unit of energy in the metric gravitational system is the kilopond meter, abbreviation kp m; 1 kp m = 9,806 65 J = 7,233 01 ft lbf.
 The Anglo-American unit of energy is the foot pound-force, abbreviation ft lbf; 1 ft lbf = 1,355 82 J = 0,138 255 kp m.

TABLE 3 Conversion Factors for Units of Energy

Unit	Abbreviation	J*	kJ	MJ	erg	Wh
1 joule*	= J*	1	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁷	2,777 78 · 10 ⁻⁴
1 kilojoule	= kJ	10 ³	1	10 ⁻³	10 ¹⁰	2,777 78 · 10 ⁻¹
1 megajoule	= MJ	10 ⁶	10 ³	1	10 ¹³	2,777 78 · 10 ¹
1 erg	= erg	10 ⁻⁷	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹³	1	2,777 78 · 10 ⁻¹¹
1 watt hour	= Wh	3 600	3 600 · 10 ⁻³	3 600 · 10 ⁻⁶	3 600 · 10 ⁷	1
1 kilowatt hour	= kWh	3 600 · 10 ³	3 600	3 600 · 10 ⁻³	3 600 · 10 ¹⁰	10 ³
1 megawatt hour	= MWh	3 600 · 10 ⁶	3 600 · 10 ³	3 600	3 600 · 10 ¹³	10 ⁶
1 kilopond meter	= kp m	9,806 65	9,806 65 · 10 ⁻³	9,806 65 · 10 ⁻⁶	9,806 65 · 10 ⁷	2,724 069 · 10 ⁻¹
1 pond centimeter	= p cm	9,806 65 · 10 ⁻¹	9,806 65 · 10 ⁻⁴	9,806 65 · 10 ⁻⁷	9,806 65 · 10 ⁰	2,724 063 · 10 ⁻⁴
1 calorie	= cal	4,186 8	4,186 8 · 10 ⁻³	4,186 8 · 10 ⁻⁶	4,186 8 · 10 ⁷	1,163 · 10 ⁻³
1 kilocalorie	= kcal	4,186 8 · 10 ³	4,186 8	4,186 8 · 10 ⁻³	4,186 8 · 10 ¹⁰	1,163
1 metric horsepower second	= KS s	735,499	735,499 · 10 ⁻³	735,499 · 10 ⁻⁶	735,499 · 10 ⁷	2,043 05 · 10 ⁻¹
1 metric horsepower hour	= KS h	2,647 796 · 10 ³	2,647 796 · 10 ⁰	2,647 796	2,647 796 · 10 ¹³	735,499
1 electronvolt	= eV	1,602 · 10 ⁻¹⁹	1,602 · 10 ⁻²²	1,602 · 10 ⁻²⁵	1,602 · 10 ⁻¹²	4,450 · 10 ⁻¹⁹
1 foot poundal	= ft pdl	4,214 01 · 10 ⁻¹	4,214 01 · 10 ⁻⁴	4,214 01 · 10 ⁻⁷	4,214 01 · 10 ⁰	1,170 56 · 10 ⁻¹
1 foot pound-force	= ft lbf	1,355 82	1,355 82 · 10 ⁻³	1,355 82 · 10 ⁻⁶	1,355 82 · 10 ⁷	3,766 16 · 10 ⁻¹
1 horsepower hour	= hp h	2,684 52 · 10 ³	2,684 52 · 10 ⁰	2,684 52	2,684 52 · 10 ¹³	745,700
1 British thermal unit	= Btu	1,055 06 · 10 ³	1,055 06	1,055 06 · 10 ⁻³	1,055 06 · 10 ¹⁰	2,930 71 · 10 ⁻¹
1 thermie	= th	4,185 5 · 10 ⁶	4,185 5 · 10 ³	4,185 5	4,185 5 · 10 ¹³	1,162 64 · 10 ³
Unit	Abbreviation	kWh	MWh	kp m	p cm	cal
1 joule*	= J*	2,777 78 · 10 ⁻¹	2,777 78 · 10 ⁻¹⁰	1,019 72 · 10 ⁻¹	1,019 72 · 10 ⁰	2,388 46 · 10 ⁻¹
1 kilojoule	= kJ	2,777 78 · 10 ⁻⁴	2,777 78 · 10 ⁻⁷	1,019 72 · 10 ³	1,019 72 · 10 ⁷	2,388 46 · 10 ³
1 megajoule	= MJ	2,777 78 · 10 ⁻¹	2,777 78 · 10 ⁻⁴	1,019 72 · 10 ⁶	1,019 72 · 10 ¹⁰	2,388 46 · 10 ⁶
1 erg	= erg	2,777 78 · 10 ⁻¹⁶	2,777 78 · 10 ⁻¹⁹	1,019 72 · 10 ⁻⁴	1,019 72 · 10 ⁻¹	2,388 46 · 10 ⁻¹
1 watt hour	= Wh	10 ⁻³	10 ⁻⁶	3,670 98 · 10 ³	3,670 98 · 10 ⁷	859,845
1 kilowatt hour	= kWh	1	10 ⁻³	3,670 98 · 10 ⁶	3,670 98 · 10 ¹⁰	859,845 · 10 ³
1 megawatt hour	= MWh	10 ³	1	3,670 98 · 10 ⁹	3,670 98 · 10 ¹³	859,845 · 10 ⁶
1 kilopond meter	= kp m	2,724 069 · 10 ⁻⁶	2,724 069 · 10 ⁻⁹	1	10 ¹	2,342 28
1 pond centimeter	= p cm	2,724 069 · 10 ⁻¹¹	2,724 069 · 10 ⁻¹⁴	10 ⁻¹	1	2,342 28 · 10 ⁻¹
1 calorie	= cal	1,163 · 10 ⁻⁶	1,163 · 10 ⁻⁹	426,935 · 10 ⁻¹	426,935 · 10 ¹	1
1 kilocalorie	= kcal	1,163 · 10 ⁻³	1,163 · 10 ⁻⁶	426,935	426,935 · 10 ⁴	10 ³
1 metric horsepower second	= KS s	2,043 05 · 10 ⁻⁴	2,043 05 · 10 ⁻⁷	75	75 · 10 ³	1,7567 · 10 ¹
1 metric horsepower hour	= KS h	735,499 · 10 ⁻¹	735,499 · 10 ⁻⁴	270 000	270 000 · 10 ³	632,415 · 10 ³
1 electronvolt	= eV	4,450 · 10 ⁻¹⁹	4,450 · 10 ⁻²²	1,634 · 10 ⁻¹⁹	1,634 · 10 ⁻¹¹	3,826 · 10 ⁻¹⁹
1 foot poundal	= ft pdl	1,170 56 · 10 ⁻⁴	1,170 56 · 10 ⁻¹¹	4,297 10 · 10 ⁻³	4,297 10 · 10 ⁰	1,006 50 · 10 ⁻¹
1 foot pound-force	= ft lbf	3,766 16 · 10 ⁻¹	3,766 16 · 10 ⁻¹⁰	1,382 55 · 10 ⁻¹	1,382 55 · 10 ⁴	3,238 32 · 10 ⁻¹
1 horsepower hour	= hp h	745,700 · 10 ⁻³	745,700 · 10 ⁻⁶	2,737 45 · 10 ³	2,737 45 · 10 ¹⁰	641,186 · 10 ³
1 British thermal unit	= Btu	2,930 71 · 10 ⁻⁶	2,930 71 · 10 ⁻⁹	1,075 862 · 10 ³	1,075 862 · 10 ⁷	2,519 96 · 10 ¹
1 thermie	= th	1,162 64	1,162 64 · 10 ⁻³	4,268 02 · 10 ³	4,268 02 · 10 ¹⁰	999,630 · 10 ³

*1 J = 1 W s = 1 Nm

Conversion Factors for Units of Energy (Continued)

Unit	Abbreviation	kcal	KS s	KS h	eV	ft pdl
1 joule*	= J*	$2.388\ 46 \cdot 10^{-4}$	$1.359\ 62 \cdot 10^{-3}$	$3.776\ 726 \cdot 10^{-7}$	$6.242 \cdot 10^{18}$	23.730 4
1 kilojoule	= kJ	$2.388\ 46 \cdot 10^{-3}$	1.359 62	$3.776\ 726 \cdot 10^{-6}$	$6.242 \cdot 10^{21}$	$23.730\ 4 \cdot 10^3$
1 megajoule	= MJ	$2.388\ 46 \cdot 10^3$	$1.359\ 62 \cdot 10^3$	$3.776\ 726 \cdot 10^{-3}$	$6.242 \cdot 10^{24}$	$23.730\ 4 \cdot 10^6$
1 erg	= erg	$2.388\ 46 \cdot 10^{-11}$	$1.359\ 62 \cdot 10^{-10}$	$3.776\ 726 \cdot 10^{-14}$	$6.242 \cdot 10^{11}$	$23.730\ 4 \cdot 10^{-7}$
1 watt hour	= Wh	$859.845 \cdot 10^{-3}$	4.894 637	$1.359\ 621 \cdot 10^{-3}$	$2.247 \cdot 10^{13}$	$8.542\ 93 \cdot 10^1$
1 kilowatt hour	= kWh	859.845	$4.894\ 637 \cdot 10^3$	1.359 621	$2.247 \cdot 10^{16}$	$8.542\ 93 \cdot 10^4$
1 megawatt hour	= MWh	$859.845 \cdot 10^3$	$4.894\ 637 \cdot 10^6$	$1.359\ 621 \cdot 10^3$	$2.247 \cdot 10^{19}$	$8.542\ 93 \cdot 10^{10}$
1 kilopond meter	= kp m	$2.342\ 28 \cdot 10^{-3}$	$1.3333\ 3 \cdot 10^{-3}$	$3.703\ 704 \cdot 10^{-6}$	$6.122 \cdot 10^{18}$	232.715
1 pond centimeter	= p cm	$2.342\ 28 \cdot 10^{-4}$	$1.3333\ 3 \cdot 10^{-4}$	$3.703\ 704 \cdot 10^{-7}$	$6.122 \cdot 10^{16}$	$232.715 \cdot 10^{-1}$
1 calorie	= cal	10^{-3}	$5.692\ 46 \cdot 10^{-3}$	$1.581\ 24 \cdot 10^{-6}$	$2.614 \cdot 10^{19}$	99.354 3
1 kilocalorie	= kcal	1	5.692 46	$1.581\ 24 \cdot 10^{-3}$	$2.614 \cdot 10^{22}$	$99.354\ 3 \cdot 10^3$
1 metric horsepower second	= KS s	$(.7567 \cdot 10^{-1})$	1	$2.777\ 78 \cdot 10^{-4}$	$4.591\ 13 \cdot 10^{11}$	17 453.6
1 metric horsepower hour	= KS h	632 415	3 600	1	$1.653 \cdot 10^{14}$	$6.283\ 31 \cdot 10^3$
1 electronvolt	= eV	$3.826 \cdot 10^{-13}$	$2.178 \cdot 10^{-12}$	$6.050 \cdot 10^{-16}$	1	$3.801\ 60 \cdot 10^{-19}$
1 foot poundal	= ft pdl	$1.006\ 50 \cdot 10^{-3}$	$5.729\ 46 \cdot 10^{-3}$	$1.591\ 52 \cdot 10^{-6}$	$2.630\ 5 \cdot 10^{13}$	1
1 foot pound-force	= ft lbf	$3.238\ 32 \cdot 10^{-4}$	$1.843\ 40 \cdot 10^{-3}$	$5.120\ 56 \cdot 10^{-7}$	$8.463\ 30 \cdot 10^{18}$	32.174 0
1 horsepower hour	= hp h	641.186	3 649.93	1,013 87	$1.675\ 73 \cdot 10^{13}$	$6.370\ 46 \cdot 10^3$
1 British thermal unit	= Btu	$2.519\ 96 \cdot 10^{-3}$	1.434 48	$3.984\ 66 \cdot 10^{-6}$	$5.585\ 89 \cdot 10^{11}$	$2.503\ 70 \cdot 10^2$
1 thermie	= th	999.690	5 690.69	1.580 75	$2.612\ 67 \cdot 10^{13}$	$9.932\ 34 \cdot 10^3$
Unit	Abbreviation	ft lbf	hp h	Btu	th	
1 joule*	= J*	$7.375\ 62 \cdot 10^{-4}$	$3.725\ 06 \cdot 10^{-7}$	$9.478\ 17 \cdot 10^{-9}$	$3.289\ 20 \cdot 10^{-7}$	
1 kilojoule	= kJ	$7.375\ 62 \cdot 10^{-3}$	$3.725\ 06 \cdot 10^{-6}$	$9.478\ 17 \cdot 10^{-8}$	$3.289\ 20 \cdot 10^{-4}$	
1 megajoule	= MJ	$7.375\ 62 \cdot 10^3$	$3.725\ 06 \cdot 10^{-3}$	$9.478\ 17 \cdot 10^{-7}$	$3.289\ 20 \cdot 10^{-1}$	
1 erg	= erg	$7.375\ 62 \cdot 10^{-8}$	$3.725\ 06 \cdot 10^{-11}$	$9.478\ 17 \cdot 10^{-11}$	$3.289\ 20 \cdot 10^{-14}$	
1 watt hour	= Wh	$2.655\ 22 \cdot 10^3$	$1.341\ 02 \cdot 10^{-3}$	$3.412.14 \cdot 10^{-3}$	$8.601\ 12 \cdot 10^{-4}$	
1 kilowatt hour	= kWh	$2.655\ 22 \cdot 10^6$	$1.341\ 02$	$3.412.14$	$8.601\ 12 \cdot 10^{-1}$	
1 megawatt hour	= MWh	$2.655\ 22 \cdot 10^9$	$1.341\ 02 \cdot 10^3$	$3.412.14 \cdot 10^3$	$8.601\ 12 \cdot 10^2$	
1 kilopond meter	= kp m	7.233 01	$3.653\ 04 \cdot 10^{-4}$	$9.294\ 87 \cdot 10^{-7}$	$2.343\ 00 \cdot 10^{-8}$	
1 pond centimeter	= p cm	$7.233\ 01 \cdot 10^{-1}$	$3.653\ 04 \cdot 10^{-11}$	$9.294\ 87 \cdot 10^{-14}$	$2.343\ 00 \cdot 10^{-11}$	
1 calorie	= cal	$3.088\ 03 \cdot 10^{-3}$	$1.559\ 61 \cdot 10^{-6}$	$3.968\ 32 \cdot 10^{-9}$	$1.000\ 31 \cdot 10^{-16}$	
1 kilocalorie	= kcal	3 088.03	$1.559\ 61 \cdot 10^{-3}$	3.968 32	$1.000\ 31 \cdot 10^{-9}$	
1 metric horsepower second	= KS s	542 476	$2.739\ 78 \cdot 10^{-4}$	0.697 116	$1.757\ 25 \cdot 10^{-4}$	
1 metric horsepower hour	= KS h	1 952 913	0.986 319	2 509.63	0.632 611	
1 electronvolt	= eV	$1.181\ 57 \cdot 10^{-19}$	$5.967\ 53 \cdot 10^{-20}$	$1.518\ 40 \cdot 10^{-22}$	$3.827\ 50 \cdot 10^{-16}$	
1 foot poundal	= ft pdl	0.031 081 0	$1.569\ 74 \cdot 10^{-3}$	$3.994\ 10 \cdot 10^{-7}$	$1.006\ 81 \cdot 10^{-8}$	
1 foot pound-force	= ft lbf	1	$5.050\ 51 \cdot 10^{-7}$	$1.285\ 07 \cdot 10^{-3}$	$3.239\ 32 \cdot 10^{-5}$	
1 horsepower hour	= hp h	1.98 · 10 ⁶	1	2 544.43	0.641 386	
1 British thermal unit	= Btu	778.169	$3.930\ 15 \cdot 10^{-6}$	1	$2.520\ 74 \cdot 10^{-9}$	
1 thermie	= th	$3.087\ 07 \cdot 10^6$	1.559 12	3 967.09	1	

Examples: 1 kJ = 1.019 72 · 10³ kp m = 101.972 kp m = 102 kp m;
 1 ft lbf = 3.238 32 · 10⁻⁴ kcal = 0.000 323 832 kcal.

Exact values are printed in bold type.

List: standard atmosphere = 1 atm = 101.327 837 J = 101.327 837 · 10⁷ ergs = 24.201 5 cal = 6.325 · 10¹⁸ eV.

Inch ounce-force = in. ozf = ft lbf/192 = 1.355 82/192 = 7.061 56 · 10⁻³ J.

* 1 J = 1 W s = 1 Nm.

1 THERMODYNAMIC PROPERTIES OF AMMONIA AND FREON-12

TABLE 5 SATURATED AMMONIA: TEMPERATURE TABLE*

Temp. °F.	Absolute Pressure lba./sq. in.	Volume cu. ft./lb.	Density excess lba./cu. ft.	Enthalpy.			Entropy.		Temp. °F.
				Liquid, Btu./lb.	Vapor, Btu./lb.	Latent heat, Btu./lb.	Liquid, Btu./lb.°F.	Vapor, Btu./lb.°F.	
-60	5.55	44.73	0.02213	-21.2	559.6	610.8	-0.0517	1.4769	-60
-59	5.74	43.37	0.02206	-20.1	559.0	610.1	-0.190	4.711	-59
-58	6.03	42.05	0.02198	-19.1	559.4	609.5	-0.191	4.713	-58
-57	6.33	40.79	0.02192	-18.0	559.5	608.8	-0.192	4.715	-57
-56	6.63	39.56	0.02186	-17.0	559.2	608.2	-0.192	4.658	-56
-55	6.94	38.39	0.02180	-15.9	559.6	607.6	-0.0396	1.4631	-55
-54	6.75	37.24	0.02185	-14.8	592.1	606.9	-0.200	4.601	-54
-53	6.07	36.15	0.02766	-13.8	592.4	605.2	-0.354	4.577	-53
-52	7.20	35.09	0.02850	-12.7	592.9	605.6	-0.307	4.551	-52
-51	7.43	34.06	0.02936	-11.7	593.2	604.9	-0.293	4.523	-51
-50	7.67	33.08	0.03023	-10.6	593.7	604.3	-0.0256	1.4497	-50
-49	7.91	32.12	0.03113	-9.6	594.0	603.6	-0.0200	4.471	-49
-48	8.16	31.20	0.03205	-8.5	594.4	602.9	-0.0204	4.445	-48
-47	8.42	30.31	0.03299	-7.4	594.9	602.3	-0.0179	4.419	-47
-46	8.68	29.45	0.03395	-6.4	595.2	601.6	-0.0153	4.393	-46
-45	8.95	28.62	0.03494	-5.3	595.6	600.9	-0.0127	1.4363	-45
-44	9.23	27.82	0.03595	-4.3	596.0	600.3	-0.0102	4.342	-44
-43	9.51	27.04	0.03698	-3.2	596.4	599.6	-0.0076	4.317	-43
-42	9.81	26.29	0.03804	-2.1	596.8	598.9	-0.0051	4.292	-42
-41	10.10	25.58	0.03912	-1.1	597.2	598.3	-0.0025	4.267	-41
-40	10.41	24.86	0.04022	0.0	597.6	597.6	0.0000	1.4242	-40
-39	10.72	24.18	0.04135	1.1	598.0	596.9	0.0025	4.217	-39
-38	11.04	23.53	0.04251	2.1	598.3	596.2	0.0051	4.192	-38
-37	11.37	22.89	0.04369	3.2	598.7	595.5	0.0076	4.167	-37
-36	11.71	22.27	0.04489	4.3	599.1	594.8	0.0101	4.144	-36
-35	12.05	21.68	0.04613	5.3	599.5	594.2	0.0126	1.4120	-35
-34	12.41	21.10	0.04739	6.3	599.9	593.5	0.0151	4.086	-34
-33	12.77	20.54	0.04868	7.4	600.3	592.8	0.0176	4.072	-33
-32	13.14	20.00	0.04999	8.5	600.6	592.1	0.0201	4.018	-32
-31	13.53	19.48	0.05124	9.6	601.0	591.4	0.0226	4.025	-31
-30	13.90	18.97	0.05251	10.7	601.4	590.7	0.0250	1.4001	-30
-29	14.28	18.48	0.05381	11.7	601.7	590.0	0.0275	3.978	-29
-28	14.71	18.00	0.05515	12.8	602.1	589.3	0.0300	3.957	-28
-27	15.12	17.54	0.05650	13.9	602.5	588.6	0.0325	3.932	-27
-26	15.55	17.09	0.05789	14.9	602.8	587.9	0.0350	3.909	-26
-25	15.99	16.66	0.05930	16.0	603.2	587.2	0.0374	1.3856	-25
-24	16.44	16.24	0.06074	17.1	603.6	586.5	0.0399	3.883	-24
-23	16.89	15.83	0.06217	18.1	603.9	585.8	0.0423	3.810	-23
-22	17.34	15.43	0.06363	19.2	604.3	585.1	0.0448	3.818	-22
-21	17.81	15.05	0.06511	20.2	604.6	584.3	0.0473	3.796	-21
-20	18.30	14.68	0.06661	21.4	605.0	583.6	0.0497	1.3774	-20
-19	18.79	14.32	0.06815	22.4	605.3	582.9	0.0521	3.752	-19
-18	19.30	13.97	0.06971	23.5	605.7	582.2	0.0545	3.729	-18
-17	19.81	13.62	0.07130	24.6	606.1	581.5	0.0570	3.708	-17
-16	20.34	13.29	0.07292	25.6	606.4	580.8	0.0594	3.686	-16
-15	20.88	12.97	0.07459	26.7	606.7	580.0	0.0618	1.3604	-15
-14	21.43	12.66	0.07629	27.8	607.1	579.3	0.0642	3.643	-14
-13	21.99	12.36	0.07802	28.9	607.5	578.6	0.0666	3.621	-13
-12	22.56	12.06	0.07979	30.0	607.8	577.8	0.0690	3.604	-12
-11	23.15	11.74	0.08160	31.0	608.1	577.1	0.0714	3.579	-11
-10	23.74	11.50	0.08345	32.1	608.5	576.4	0.0738	1.3558	-10

* Department of Commerce, Bureau of Standards Circular #42.

TABLE 4 Equivalents of Energy Units: Joule, Watt Hour, and Their Multiples

Unit	Abbreviation	J	kJ	MJ	GJ	TJ
1 hour =	J	1	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹	10 ⁻¹²
1 kilohour =	kJ	10 ³	1	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹
1 megahour =	MJ	10 ⁶	10 ³	1	10 ⁻³	10 ⁻⁶
1 gighour =	GJ	10 ⁹	10 ⁶	10 ³	1	10 ⁻³
1 terahour =	TJ	10 ¹²	10 ⁹	10 ⁶	10 ³	1
1 watt hour =	Wh	3.6 · 10 ³	3.6 · 10 ⁰	3.6 · 10 ⁻³	3.6 · 10 ⁻⁶	3.6 · 10 ⁻⁹
1 kilowatt hour =	kWh	3.6 · 10 ⁶	3.6 · 10 ³	3.6 · 10 ⁰	3.6 · 10 ⁻³	3.6 · 10 ⁻⁶
1 megawatt hour =	MWh	3.6 · 10 ⁹	3.6 · 10 ⁶	3.6 · 10 ³	3.6 · 10 ⁰	3.6 · 10 ⁻³
1 gigawatt hour =	GWh	3.6 · 10 ¹²	3.6 · 10 ⁹	3.6 · 10 ⁶	3.6 · 10 ³	3.6 · 10 ⁰
1 terawatt hour =	TWh	3.6 · 10 ¹⁵	3.6 · 10 ¹²	3.6 · 10 ⁹	3.6 · 10 ⁶	3.6 · 10 ³
Unit	Abbreviation	Wh	MWh	GWh	TWh	
1 joule =	J	2.7778 · 10 ⁻⁴	2.7778 · 10 ⁻⁷	2.7778 · 10 ⁻¹⁰	2.7778 · 10 ⁻¹³	2.7778 · 10 ⁻¹⁶
1 kilojoule =	kJ	2.7778 · 10 ⁻¹	2.7778 · 10 ⁻⁴	2.7778 · 10 ⁻⁷	2.7778 · 10 ⁻¹⁰	2.7778 · 10 ⁻¹³
1 megajoule =	MJ	2.7778 · 10 ³	2.7778 · 10 ⁰	2.7778 · 10 ⁻³	2.7778 · 10 ⁻⁶	2.7778 · 10 ⁻⁹
1 gigajoule =	GJ	2.7778 · 10 ⁶	2.7778 · 10 ³	2.7778 · 10 ⁰	2.7778 · 10 ⁻³	2.7778 · 10 ⁻⁶
1 terajoule =	TJ	2.7778 · 10 ⁹	2.7778 · 10 ⁶	2.7778 · 10 ³	2.7778 · 10 ⁰	2.7778 · 10 ⁻³
1 watt hour =	Wh	10 ⁻¹	10 ⁻⁴	10 ⁻⁷	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹³
1 kilowatt hour =	kWh	10 ³	10 ⁰	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹
1 megawatt hour =	MWh	10 ⁶	10 ³	10 ⁰	10 ⁻³	10 ⁻⁶
1 gigawatt hour =	GWh	10 ⁹	10 ⁶	10 ³	10 ⁰	10 ⁻³
1 terawatt hour =	TWh	10 ¹²	10 ⁹	10 ⁶	10 ³	10 ⁰

NATURATED AMMONIA: TEMPERATURE TABLE (Continued)

Temp. °F.	Absolute Pressure (lb./sq. in.)	Volume vapor, ft. ³ /lb.	Density vapor, lb./ft. ³	Enthalpy.			Entropy.			Temp. °F.
				Liquid, Btu./lb.	Vapor, Btu./lb.	Latent heat, Btu./lb.	Liquid, Btu./lb.°F.	Vapor, Btu./lb.°F.	Latent heat, Btu./lb.°F.	
-10	21.74	11.50	0.08995	32.1	608.6	576.4	0.0738	1.5558	-10	
-9	21.36	11.23	0.08994	33.2	608.8	575.6	0.0763	1.5337	-9	
-8	21.07	10.97	0.09117	34.3	609.2	574.9	0.0786	1.5116	-8	
-7	20.81	10.71	0.09304	35.4	609.5	574.1	0.0809	1.4895	-7	
-6	20.56	10.47	0.09565	36.4	609.8	573.4	0.0833	1.4674	-6	
-5	20.32	10.23	0.09780	37.5	610.1	572.6	0.0857	1.4454	-5	
-4	20.09	9.99	0.1001	38.6	610.3	571.9	0.0880	1.4233	-4	
-3	19.88	9.76	0.1025	39.7	610.8	571.1	0.0901	1.4013	-3	
-2	19.68	9.54	0.1051	40.7	611.1	570.4	0.0923	1.3793	-2	
-1	19.49	9.324	0.1072	41.8	611.4	569.6	0.0945	1.3572	-1	
0	19.32	9.116	0.1097	42.9	611.8	568.9	0.0967	1.3352	0	
1	19.16	8.912	0.1122	44.0	612.1	568.1	0.0989	1.3132	1	
2	19.02	8.714	0.1149	45.1	612.4	567.3	0.1012	1.2912	2	
3	18.89	8.521	0.1174	46.2	612.7	566.6	0.1035	1.2692	3	
4	18.77	8.333	0.1200	47.2	613.0	565.8	0.1058	1.2472	4	
5	18.67	8.150	0.1227	48.3	613.3	565.0	0.1082	1.2252	5	
6	18.58	7.971	0.1254	49.4	613.6	564.2	0.1105	1.2032	6	
7	18.50	7.797	0.1282	50.5	613.9	563.4	0.1128	1.1812	7	
8	18.43	7.629	0.1311	51.6	614.3	562.7	0.1152	1.1592	8	
9	18.37	7.464	0.1340	52.7	614.6	561.9	0.1175	1.1372	9	
10	18.31	7.304	0.1369	53.8	614.9	561.1	0.1200	1.1152	10	
11	18.26	7.148	0.1399	54.9	615.2	560.3	0.1224	1.0932	11	
12	18.21	6.996	0.1429	56.0	615.5	559.5	0.1248	1.0712	12	
13	18.17	6.847	0.1459	57.1	615.8	558.7	0.1272	1.0492	13	
14	18.13	6.703	0.1489	58.2	616.1	557.9	0.1296	1.0272	14	
15	18.10	6.562	0.1524	59.2	616.3	557.1	0.1320	1.0052	15	
16	18.07	6.425	0.1559	60.3	616.6	556.3	0.1344	0.9832	16	
17	18.04	6.291	0.1594	61.4	616.9	555.5	0.1368	0.9612	17	
18	18.02	6.161	0.1623	62.5	617.2	554.7	0.1392	0.9392	18	
19	18.00	6.034	0.1657	63.6	617.5	553.9	0.1416	0.9172	19	
20	17.98	5.910	0.1692	64.7	617.8	553.1	0.1440	0.8952	20	
21	17.97	5.789	0.1725	65.8	618.0	552.2	0.1464	0.8732	21	
22	17.96	5.671	0.1763	66.9	618.3	551.4	0.1488	0.8512	22	
23	17.95	5.556	0.1800	68.0	618.6	550.6	0.1512	0.8292	23	
24	17.95	5.443	0.1837	69.1	618.9	549.8	0.1536	0.8072	24	
25	17.94	5.334	0.1876	70.2	619.1	549.0	0.1560	0.7852	25	
26	17.94	5.227	0.1913	71.3	619.4	548.1	0.1584	0.7632	26	
27	17.94	5.123	0.1952	72.4	619.7	547.3	0.1608	0.7412	27	
28	17.94	5.021	0.1992	73.5	620.0	546.4	0.1632	0.7192	28	
29	17.94	4.922	0.2032	74.6	620.2	545.6	0.1656	0.6972	29	
30	17.94	4.825	0.2073	75.7	620.5	544.8	0.1680	0.6752	30	
31	17.94	4.730	0.2114	76.8	620.7	543.9	0.1704	0.6532	31	
32	17.94	4.637	0.2156	77.9	621.0	543.1	0.1728	0.6312	32	
33	17.94	4.547	0.2199	79.0	621.2	542.2	0.1752	0.6092	33	
34	17.94	4.459	0.2243	80.1	621.5	541.4	0.1776	0.5872	34	
35	17.94	4.373	0.2287	81.2	621.7	540.5	0.1800	0.5652	35	
36	17.94	4.289	0.2332	82.3	622.0	539.7	0.1824	0.5432	36	
37	17.94	4.207	0.2377	83.4	622.2	538.8	0.1848	0.5212	37	
38	17.94	4.126	0.2423	84.5	622.5	537.9	0.1872	0.4992	38	
39	17.94	4.048	0.2470	85.7	622.7	537.0	0.1896	0.4772	39	
40	17.94	3.971	0.2518	86.8	623.0	536.2	0.1920	0.4552	40	

NATURATED AMMONIA: TEMPERATURE TABLE (Continued)

Temp. °F.	Absolute Pressure (lb./sq. in.)	Volume vapor, ft. ³ /lb.	Density vapor, lb./ft. ³	Enthalpy.			Entropy.			Temp. °F.
				Liquid, Btu./lb.	Vapor, Btu./lb.	Latent heat, Btu./lb.	Liquid, Btu./lb.°F.	Vapor, Btu./lb.°F.	Latent heat, Btu./lb.°F.	
40	73.32	3.971	0.2518	86.8	623.0	536.2	0.1920	1.2618	40	
41	74.50	3.897	0.2506	87.9	623.2	535.3	0.1938	1.2602	41	
42	75.71	3.823	0.2493	89.0	623.4	534.4	0.1956	1.2586	42	
43	77.03	3.752	0.2480	90.1	623.7	533.6	0.1974	1.2570	43	
44	78.38	3.682	0.2470	91.2	623.9	532.7	0.1992	1.2554	44	
45	80.00	3.614	0.2470	92.3	624.1	531.8	0.1999	1.2538	45	
46	82.55	3.547	0.2470	93.5	624.4	530.9	0.2016	1.2522	46	
47	85.18	3.481	0.2472	94.6	624.6	530.0	0.2032	1.2506	47	
48	87.83	3.418	0.2472	95.7	624.8	529.1	0.2048	1.2490	48	
49	90.49	3.355	0.2481	96.8	625.0	528.2	0.2064	1.2474	49	
50	93.10	3.294	0.2490	97.9	625.2	527.3	0.2080	1.2458	50	
51	95.71	3.234	0.2492	99.1	625.5	526.4	0.2100	1.2442	51	
52	98.33	3.176	0.2494	100.2	625.7	525.5	0.2120	1.2426	52	
53	101.00	3.119	0.2497	101.3	625.9	524.6	0.2140	1.2410	53	
54	103.73	3.063	0.2505	102.4	626.1	523.7	0.2160	1.2394	54	
55	106.50	3.008	0.2525	103.5	626.3	522.8	0.2180	1.2378	55	
56	109.31	2.954	0.2545	104.7	626.5	521.9	0.2200	1.2362	56	
57	112.16	2.902	0.2564	105.8	626.7	521.0	0.2220	1.2346	57	
58	115.03	2.851	0.2583	106.9	626.9	520.1	0.2240	1.2330	58	
59	117.93	2.800	0.2601	108.1	627.1	519.2	0.2260	1.2314	59	
60	120.86	2.750	0.2625	109.2	627.3	518.3	0.2280	1.2298	60	
61	123.83	2.703	0.2648	110.3	627.5	517.4	0.2300	1.2282	61	
62	126.83	2.658	0.2670	111.5	627.7	516.5	0.2320	1.2266	62	
63	129.86	2.614	0.2691	112.6	627.9	515.6	0.2340	1.2250	63	
64	132.93	2.565	0.2711	113.7	628.0	514.7	0.2360	1.2234	64	
65	136.03	2.520	0.2730	114.8	628.2	513.8	0.2380	1.2218	65	
66	139.16	2.477	0.2748	115.9	628.4	512.9	0.2400	1.2202	66	
67	142.31	2.435	0.2765	117.1	628.6	512.0	0.2420	1.2186	67	
68	145.49	2.393	0.2781	118.3	628.8	511.1	0.2440	1.2170	68	
69	148.69	2.352	0.2797	119.4	628.9	510.2	0.2460	1.2154	69	
70	151.93	2.312	0.2812	120.5	629.1	509.3	0.2480	1.2138	70	
71	155.19	2.273	0.2826	121.7	629.3	508.4	0.2500	1.2122	71	
72	158.48	2.235	0.2839	122.8	629.4	507.5	0.2520	1.2106	72	
73	161.79	2.197	0.2851	124.0	629.6	506.6	0.2540	1.2090	73	
74	165.13	2.161	0.2862	125.1	629.8	505.7	0.2560	1.2074	74	
75	168.49	2.126	0.2872	126.2	629.9	504.8	0.2580	1.2058	75	
76	171.87	2.090	0.2881	127.4	630.1	503.9	0.2600	1.2042	76	
77	175.27	2.055	0.2889	128.5	630.2	503.0	0.2620	1.2026	77	
78	178.69	2.021	0.2896	129.7	630.4	502.1	0.2640	1.2010	78	
79	182.13	1.988	0.2901	130.8	630.5	499.7	0.2660	1.1994	79	
80	185.59	1.956	0.2905	132.0	630.7	498.7	0.2680	1.1978	80	
81	189.07	1.925	0.2908	133.1	630.8	497.7	0.2700	1.1962	81	
82	192.57	1.895	0.2910	134.3	631.0	496.7	0.2720	1.1946	82	
83	196.09	1.866	0.2911	135.4	631.1	495.7	0.2740	1.1930	83	
84	199.63	1.838	0.2912	136.6	631.3	494.7	0.2760	1.1914	84	
85	203.19	1.810	0.2912	137.8	631.4	493.6	0.2780	1.1898	85	

SATURATED AMMONIA: TEMPERATURE TABLE (Continued)

Temp. °F.	Absolute Pressure, lb./sq. in.*	Volume vapor, ft./lb.	Density vapor, lb./ft. ³	Enthalpy.			Entropy.		Temp. °F.
				Liquid, Btu./lb.	Vapor, Btu./lb.	Latent heat, Btu./lb.	Liquid, Btu./lb.°F.	Vapor, Btu./lb.°F.	
85	160.4	1.801	0.5559	137.8	631.4	493.6	0.2854	1.1018	85
86	160.2	1.772	0.5643	138.9	631.6	492.6	0.2876	1.1084	86
87	172.0	1.744	0.5735	140.1	631.7	491.6	0.2895	1.1180	87
88	174.8	1.716	0.5828	141.2	631.8	490.6	0.2917	1.1275	88
89	177.7	1.688	0.5923	142.4	631.9	489.5	0.2937	1.1360	89
90	180.0	1.661	0.6010	143.5	632.0	488.5	0.2958	1.1446	90
91	183.6	1.635	0.6110	144.7	632.1	487.4	0.2979	1.1532	91
92	186.6	1.609	0.6214	145.8	632.2	486.4	0.3000	1.1618	92
93	189.6	1.584	0.6314	147.0	632.3	485.3	0.3021	1.1704	93
94	192.7	1.559	0.6415	148.2	632.5	484.3	0.3041	1.1789	94
95	195.8	1.534	0.6517	149.4	632.6	483.2	0.3062	1.1775	95
96	198.9	1.510	0.6620	150.5	632.8	482.1	0.3083	1.1761	96
97	202.1	1.487	0.6725	151.7	632.8	481.1	0.3104	1.1747	97
98	205.3	1.464	0.6832	152.9	632.9	480.0	0.3125	1.1733	98
99	209.6	1.441	0.6939	154.0	632.9	478.9	0.3145	1.1719	99
100	211.9	1.419	0.7048	155.2	633.0	477.8	0.3166	1.1705	100
101	215.2	1.397	0.7159	156.4	633.1	476.7	0.3187	1.1691	101
102	218.6	1.375	0.7270	157.6	633.2	475.6	0.3207	1.1677	102
103	222.0	1.354	0.7384	158.7	633.3	474.6	0.3228	1.1663	103
104	225.4	1.334	0.7498	159.9	633.4	473.5	0.3248	1.1649	104
105	228.9	1.313	0.7615	161.1	633.4	472.3	0.3269	1.1635	105
106	232.5	1.293	0.7732	162.3	633.5	471.2	0.3289	1.1621	106
107	236.0	1.274	0.7852	163.5	633.6	470.1	0.3310	1.1607	107
108	239.7	1.254	0.7972	164.6	633.6	469.0	0.3330	1.1593	108
109	243.3	1.235	0.8095	165.8	633.7	467.9	0.3351	1.1580	109
110	247.0	1.217	0.8219	167.0	633.7	466.7	0.3372	1.1566	110
111	250.8	1.198	0.8344	168.2	633.8	465.6	0.3392	1.1552	111
112	254.5	1.180	0.8471	169.4	633.8	464.4	0.3413	1.1538	112
113	258.4	1.163	0.8600	170.6	633.9	463.3	0.3433	1.1524	113
114	262.2	1.145	0.8730	171.8	633.9	462.1	0.3453	1.1510	114
115	266.2	1.128	0.8862	173.0	633.9	460.9	0.3474	1.1497	115
116	270.1	1.112	0.8996	174.2	634.0	459.8	0.3495	1.1483	116
117	274.1	1.095	0.9132	175.4	634.0	458.6	0.3515	1.1469	117
118	278.2	1.079	0.9269	176.6	634.0	457.4	0.3535	1.1455	118
119	282.3	1.063	0.9408	177.8	634.0	456.2	0.3556	1.1441	119
120	286.4	1.047	0.9549	179.0	634.0	455.0	0.3576	1.1427	120
121	290.6	1.032	0.9692	180.2	634.0	453.8	0.3597	1.1414	121
122	294.8	1.017	0.9837	181.4	634.0	452.6	0.3618	1.1400	122
123	299.1	1.002	0.9983	182.6	634.0	451.4	0.3638	1.1386	123
124	303.4	0.987	1.0132	183.9	634.0	450.1	0.3659	1.1372	124
125	307.8	0.973	1.028	185.1	634.0	448.9	0.3679	1.1358	125

Pressure (abs.), lb./sq. in.*	Temp. °F.	Volume vapor, ft./lb.	Density vapor, lb./ft. ³	Enthalpy.		Entropy.			Pressure (abs.), lb./sq. in.*	
				Liquid, Btu./lb.	Vapor, Btu./lb.	Latent heat, Btu./lb.	Liquid, Btu./lb.°F.	Evap., Btu./lb.°F.		Vapor, Btu./lb.°F.
5.0	-63.11	49.31	0.02029	-24.5	589.3	612.8	-0.05699	1.5450	1.4857	5.0
5.5	-60.27	45.11	0.02417	-21.5	589.5	611.0	-0.05281	1.5301	1.4777	5.5
6.0	-57.04	41.69	0.02905	-18.7	590.0	609.3	-0.04865	1.5153	1.4703	6.0
6.5	-53.18	38.59	0.03501	-16.1	591.0	607.7	-0.04450	1.5005	1.4630	6.5
7.0	-48.78	36.01	0.04277	-13.7	592.5	606.2	-0.04035	1.4857	1.4574	7.0
7.5	-46.70	33.77	0.04962	-11.3	593.4	604.7	-0.03620	1.4709	1.4510	7.5
8.0	-44.64	31.75	0.05648	-9.2	594.2	603.4	-0.03205	1.4562	1.4453	8.0
8.5	-42.60	30.01	0.06333	-7.1	595.0	602.1	-0.02790	1.4414	1.4395	8.5
9.0	-41.83	28.45	0.07018	-5.1	595.7	600.8	-0.02375	1.4267	1.4337	9.0
9.5	-43.05	27.08	0.07703	-3.2	596.4	599.0	-0.01960	1.4120	1.4279	9.5
10.0	-41.31	25.81	0.08387	-1.4	597.1	598.6	-0.01545	1.4310	1.4270	10.0
10.5	-39.71	24.60	0.09072	+0.3	597.7	597.4	-0.01130	1.4228	1.4235	10.5
11.0	-38.14	23.61	0.09757	2.0	598.3	596.3	-0.00715	1.4149	1.4190	11.0
11.5	-36.62	22.65	0.10442	3.8	598.9	595.3	-0.00300	1.4074	1.4151	11.5
12.0	-35.10	21.77	0.11127	5.1	599.4	594.3	-0.00122	1.4002	1.4124	12.0
12.5	-33.74	20.80	0.04772	6.7	600.0	593.3	0.01517	1.3933	1.4090	12.5
13.0	-32.37	20.20	0.04950	8.1	600.6	592.4	0.0101	1.3860	1.4057	13.0
13.5	-31.00	19.60	0.05128	9.6	601.0	591.4	0.0225	1.3801	1.4028	13.5
14.0	-29.70	18.85	0.05305	10.9	601.4	590.5	0.0357	1.3739	1.3990	14.0
14.5	-28.51	18.24	0.05482	12.2	601.9	589.7	0.0488	1.3679	1.3957	14.5
15.0	-27.20	17.67	0.05658	13.0	602.4	588.8	0.0618	1.3620	1.3938	15.0
15.5	-26.11	17.14	0.05834	14.8	602.8	588.0	0.0747	1.3564	1.3911	15.5
16.0	-24.95	16.64	0.06010	16.0	603.2	587.2	0.0875	1.3510	1.3885	16.0
16.5	-23.83	16.17	0.06186	17.2	603.6	586.4	0.1003	1.3456	1.3859	16.5
17.0	-22.73	15.72	0.06361	18.4	604.0	585.6	0.1130	1.3405	1.3835	17.0
17.5	-21.60	15.30	0.06535	19.6	604.4	584.8	0.0450	1.3354	1.3810	17.5
18.0	-20.61	14.90	0.06710	20.7	604.8	584.1	0.0482	1.3305	1.3787	18.0
18.5	-19.69	14.63	0.06884	21.8	605.1	583.3	0.0507	1.3258	1.3765	18.5
19.0	-18.98	14.17	0.07058	22.9	605.5	582.0	0.0531	1.3211	1.3742	19.0
19.5	-17.00	13.83	0.07233	23.9	605.8	581.0	0.0555	1.3160	1.3721	19.5
20.0	-15.64	13.60	0.07405	25.0	606.2	581.2	0.0578	1.3122	1.3700	20.0
20.5	-15.70	13.20	0.07578	26.0	606.5	580.5	0.0601	1.3078	1.3679	20.5
21.0	-14.78	12.90	0.07751	27.0	606.8	579.8	0.0623	1.3030	1.3659	21.0
21.5	-13.87	12.62	0.07924	27.9	607.1	579.2	0.0645	1.2985	1.3640	21.5
22.0	-12.98	12.35	0.08096	28.0	607.4	578.5	0.0668	1.2945	1.3621	22.0
22.5	-12.11	12.09	0.08268	28.8	607.7	577.9	0.0687	1.2915	1.3602	22.5
23.0	-11.25	11.85	0.08440	30.8	608.1	577.3	0.0708	1.2870	1.3584	23.0
23.5	-10.41	11.61	0.08612	31.7	608.3	576.0	0.0728	1.2838	1.3560	23.5
24.0	-9.58	11.39	0.08783	32.0	608.0	576.0	0.0748	1.2801	1.3540	24.0
24.5	-8.70	11.17	0.08955	33.5	608.0	575.4	0.0768	1.2764	1.3523	24.5
25.0	-7.90	10.90	0.09126	34.3	609.1	574.8	0.0787	1.2729	1.3515	25.0
25.5	-7.17	10.76	0.09297	35.2	609.4	574.2	0.0805	1.2693	1.3505	25.5
26.0	-6.39	10.66	0.09468	36.0	609.7	573.7	0.0824	1.2658	1.3492	26.0
26.5	-5.63	10.39	0.09638	36.8	609.9	573.1	0.0842	1.2625	1.3477	26.5
27.0	-4.87	10.20	0.09809	37.7	610.2	572.5	0.0860	1.2591	1.3451	27.0
27.5	-4.13	10.02	0.09979	38.4	610.4	572.0	0.0878	1.2568	1.3430	27.5
28.0	-3.40	9.85	0.10149	39.3	610.7	571.4	0.0895	1.2538	1.3421	28.0
28.5	-2.68	9.691	0.1032	40.0	610.9	570.9	0.0913	1.2510	1.3405	28.5
29.0	-1.97	9.534	0.1049	40.8	611.1	570.3	0.0929	1.2483	1.3392	29.0
29.5	-1.27	9.383	0.1066	41.6	611.4	569.8	0.0945	1.2453	1.3378	29.5
30.0	-0.87	9.236	0.1083	42.3	611.6	569.3	0.0962	1.2423	1.3361	30.0

SATURATED AMMONIA: ABSOLUTE PRESSURE TABLE (Continued)

Pressure (abs.), lb./sq. in.	Temp., °F.	Volume vapor, ft./lb.	Density vapor, lb./ft. ³	Enthalpy.			Entropy.			Pressure (abs.), lb./sq. in.
				Liquid, Btu./lb.	Vapor, Btu./lb.	Latent heat, Btu./lb.	Liquid, Btu./lb.°F.	Kvap. Btu./lb.°F.	Vapor, Btu./lb.°F.	
80	-0.57	0.230	0.1033	42.9	011.0	569.3	0.0902	1.2402	1.3364	80
91	+0.70	8.655	.1117	43.8	012.0	568.2	.0993	.2343	.3330	91
92	2.11	8.693	.1150	45.2	012.4	567.2	.1024	.2286	.3310	92
93	3.40	8.415	.1184	46.0	012.8	566.2	.1055	.2230	.3285	93
94	4.68	8.211	.1218	49.0	013.2	565.2	.1084	.2174	.3260	94
95	5.80	7.991	0.1251	49.3	013.0	564.3	0.1113	1.2123	1.3230	95
96	7.09	7.732	.1285	60.0	013.0	563.4	.1141	.2072	.3213	96
97	8.27	7.531	.1319	61.0	013.3	562.4	.1168	.2022	.3190	97
98	9.42	7.306	.1352	61.9	013.7	561.5	.1195	.1973	.3168	98
99	10.55	7.217	.1390	64.4	016.0	560.0	.1221	.1925	.3140	99
40	11.60	7.017	0.1410	65.0	015.4	559.8	0.1240	1.1870	1.3125	40
41	12.74	6.885	.1452	66.8	015.7	558.9	.1271	.1833	.3104	41
42	13.81	6.731	.1480	67.0	016.0	558.1	.1296	.1788	.3084	42
43	14.85	6.583	.1519	69.1	016.3	557.2	.1320	.1745	.3065	43
44	15.85	6.442	.1552	69.2	016.6	556.4	.1343	.1703	.3040	44
45	16.84	6.307	0.1580	61.3	016.9	555.6	0.1368	1.1661	1.3027	45
46	17.87	6.177	.1619	62.4	017.2	554.8	.1389	.1620	.3009	46
47	18.81	6.053	.1652	63.4	017.4	554.0	.1411	.1580	.2991	47
48	19.70	5.934	.1685	64.6	017.7	553.2	.1433	.1540	.2973	48
49	20.74	5.820	.1718	65.6	018.0	552.5	.1454	.1502	.2956	49
50	21.67	5.710	0.1761	65.6	018.2	551.7	0.1475	1.1464	1.2939	50
51	22.58	5.601	.1795	67.6	018.5	551.0	.1496	.1427	.2923	51
52	23.44	5.502	.1828	68.6	018.7	550.2	.1516	.1390	.2906	52
53	24.36	5.404	.1851	69.6	019.0	549.5	.1536	.1351	.2890	53
54	25.23	5.309	.1881	70.4	019.2	549.8	.1556	.1319	.2875	54
55	26.09	5.218	0.1917	71.4	019.4	549.0	0.1576	1.1284	1.2859	55
56	26.94	5.129	.1950	72.8	019.7	547.4	.1594	.1247	.2844	56
57	27.77	5.044	.1983	73.3	019.0	546.6	.1613	.1210	.2830	57
58	28.59	4.962	.2016	74.2	020.1	545.9	.1631	.1184	.2816	58
59	29.41	4.882	.2048	75.0	020.3	545.3	.1650	.1161	.2801	59
60	30.21	4.805	0.2081	75.9	020.5	544.6	0.1668	1.1110	1.2787	60
61	31.00	4.730	.2114	76.8	020.7	543.9	.1685	.1088	.2773	61
62	31.78	4.658	.2147	77.7	020.9	543.2	.1703	.1066	.2759	62
63	32.55	4.588	.2180	78.5	021.1	542.6	.1720	.1043	.2746	63
64	33.31	4.519	.2213	79.4	021.3	541.9	.1737	.1020	.2733	64
65	34.06	4.453	0.2245	80.2	021.5	541.3	0.1754	1.0900	1.2720	65
66	34.81	4.389	.2278	81.0	021.7	540.7	.1770	.0977	.2707	66
67	35.54	4.327	.2311	81.8	021.9	540.1	.1787	.0957	.2694	67
68	36.27	4.267	.2344	82.6	022.0	539.4	.1803	.0939	.2682	68
69	36.99	4.208	.2377	83.4	022.2	538.8	.1819	.0921	.2670	69
70	37.70	4.151	0.2409	84.2	022.4	538.2	0.1835	1.0823	1.2658	70
71	38.40	4.095	.2442	85.0	022.6	537.6	.1850	.0895	.2645	71
72	39.09	4.041	.2475	85.8	022.8	537.0	.1866	.0878	.2634	72
73	39.78	3.988	.2507	86.5	022.9	536.4	.1881	.0861	.2622	73
74	40.40	3.937	.2540	87.3	023.1	535.8	.1896	.0845	.2611	74
75	41.13	3.887	0.2573	88.0	023.2	535.2	0.1910	1.0689	1.2600	75
76	41.80	3.838	.2606	88.9	023.4	534.6	.1925	.0823	.2588	76
77	42.46	3.790	.2638	89.6	023.5	534.0	.1940	.0807	.2577	77
78	43.11	3.744	.2671	90.2	023.7	533.5	.1954	.0792	.2566	78
79	43.76	3.699	.2704	90.9	023.8	532.9	.1968	.0787	.2555	79
80	44.40	3.655	0.2736	91.7	024.0	532.3	0.1982	1.0583	1.2545	80

SATURATED AMMONIA: ABSOLUTE PRESSURE TABLE (Continued)

Pressure (abs.), lb./sq. in.	Temp., °F.	Volume vapor, ft./lb.	Density vapor, lb./ft. ³	Enthalpy.			Entropy.			Pressure (abs.), lb./sq. in.
				Liquid, Btu./lb.	Vapor, Btu./lb.	Latent heat, Btu./lb.	Liquid, Btu./lb.°F.	Kvap. Btu./lb.°F.	Vapor, Btu./lb.°F.	
80	44.40	3.655	0.2736	91.7	024.0	532.3	0.1982	1.0583	1.2545	80
81	45.03	3.612	.2769	92.4	024.1	531.7	.1996	.0538	.2534	81
82	45.66	3.570	.2801	93.1	024.3	531.2	.2010	.0514	.2524	82
83	46.28	3.528	.2834	93.8	024.4	530.6	.2024	.0490	.2514	83
84	46.89	3.488	.2867	94.6	024.0	530.1	.2037	.0467	.2504	84
85	47.50	3.449	0.2899	95.1	024.7	529.0	0.2051	1.0443	1.2494	85
86	48.11	3.411	.2932	95.8	024.8	529.0	.2064	.0420	.2484	86
87	48.71	3.373	.2964	96.5	025.0	528.5	.2077	.0397	.2474	87
88	49.30	3.337	.2997	97.2	025.1	527.9	.2090	.0375	.2465	88
89	49.89	3.301	.3030	97.8	025.2	527.4	.2103	.0352	.2455	89
90	50.47	3.266	0.3062	98.4	025.3	527.0	0.2115	1.0330	1.2445	90
91	51.05	3.231	.3095	99.1	025.5	526.4	.2128	.0328	.2436	91
92	51.62	3.198	.3127	99.8	025.6	525.9	.2141	.0280	.2427	92
93	52.19	3.165	.3160	100.4	025.7	525.3	.2153	.0265	.2418	93
94	52.76	3.132	.3192	101.0	025.8	524.8	.2165	.0243	.2408	94
95	53.32	3.101	0.3225	101.6	025.9	524.3	0.2177	1.0222	1.2399	95
96	53.87	3.070	.3258	102.3	026.1	523.8	.2190	.0201	.2391	96
97	54.42	3.039	.3290	102.9	026.2	523.3	.2201	.0181	.2382	97
98	54.97	3.010	.3323	103.5	026.3	522.8	.2213	.0160	.2373	98
99	55.51	2.980	.3355	104.1	026.4	522.3	.2225	.0140	.2363	99
100	56.05	2.952	0.3388	104.7	026.5	521.8	0.2237	1.0119	1.2356	100
101	57.11	2.899	.3463	105.0	026.7	520.9	.2250	.0070	.2349	101
102	58.16	2.843	.3518	107.1	026.9	519.8	.2262	.0041	.2342	102
103	59.19	2.791	.3583	108.3	027.1	518.8	.2275	1.0002	1.2330	103
104	60.21	2.741	.3618	109.4	027.3	517.9	.2287	.0004	.2321	104
110	61.21	2.693	0.3713	110.5	027.5	517.0	0.2348	0.9927	1.2275	110
112	62.20	2.647	.3778	111.7	027.7	516.0	.2359	.0000	.2319	112
114	63.17	2.602	.3843	112.8	027.8	515.1	.2369	.0000	.2314	114
116	64.13	2.559	.3909	113.0	028.1	514.2	.2411	.0010	.2309	116
118	65.08	2.517	.3974	114.0	028.2	513.3	.2431	.0000	.2301	118
120	66.02	2.476	0.4039	115.0	028.4	512.4	0.2452	0.9749	1.2201	120
122	66.94	2.437	.4104	117.1	028.6	511.5	.2471	.0016	.2192	122
124	67.80	2.399	.4169	118.1	028.7	510.6	.2491	.0000	.2183	124
126	68.70	2.362	.4231	119.1	028.9	509.6	.2510	.0019	.2174	126
128	69.65	2.326	.4299	120.1	029.0	508.9	.2529	.0016	.2165	128
130	70.53	2.291	0.4364	121.1	029.2	508.1	0.2548	0.9581	1.2156	130
132	71.40	2.258	.4429	122.1	029.3	507.2	.2567	.0000	.2147	132
134	72.30	2.226	.4494	123.1	029.5	506.4	.2585	.0000	.2138	134
136	73.11	2.193	.4559	124.1	029.6	505.6	.2603	.0000	.2129	136
138	73.95	2.162	.4621	125.1	029.8	504.7	.2621	.0000	.2120	138
140	74.79	2.132	0.4690	126.0	029.9	503.9	0.2638	0.9130	1.2069	140
142	75.61	2.103	.4755	126.9	030.0	503.1	.2656	.0000	.2111	142
144	76.43	2.075	.4820	127.9	030.2	502.3	.2673	.0000	.2104	144
146	77.23	2.047	.4885	128.8	030.3	501.5	.2690	.0000	.2097	146
148	78.03	2.020	.4951	129.7	030.4	500.7	.2707	.0000	.2090	148
150	78.81	1.994	0.4910	130.0	030.5	499.9	0.2721	0.9285	1.2009	150

SATURATED AMMONIA: ABSOLUTE PRESSURE TABLE (Concluded)

Pressure (Abs.) (lb./sq. in.)	Temp. °F.	Volume vapor, ft./lb.	Density vapor, lb./ft. ³	Enthalpy,			Entropy,			Pressure (Abs.) (lb./sq. in.)
				Liquid, Btu./lb.	Vapor, Btu./lb.	Latent heat, Btu./lb.	Liquid, Btu./lb.°F.	Evap., Btu./lb.°F.	Vapor, Btu./lb.°F.	
150	78.81	1.094	0.6010	130.8	630.6	499.9	0.2724	0.9285	1.2009	160
152	79.69	1.098	0.6011	131.5	630.6	499.1	.2740	.9287	1.1997	162
154	80.57	1.103	0.6012	132.4	630.7	498.3	.2760	.9292	1.1985	164
156	81.43	1.109	0.6012	133.3	630.9	497.6	.2772	.9292	1.1974	166
159	81.89	1.105	0.6017	134.2	631.0	496.8	.2788	.9175	1.1963	168
160	82.64	1.172	0.5343	135.0	631.1	496.1	0.2804	0.9148	1.1952	160
162	83.39	1.149	0.5108	135.9	631.2	495.3	.2820	.9122	1.1942	162
164	84.12	1.127	0.4873	136.8	631.3	494.5	.2835	.9096	1.1931	164
166	84.85	1.106	0.4639	137.0	631.4	493.8	.2850	.9070	1.1920	166
168	85.57	1.181	0.5691	138.4	631.5	493.1	.2866	.9044	1.1910	168
170	86.29	1.764	0.5070	139.3	631.0	492.3	0.2881	0.9019	1.1900	170
172	87.00	1.744	0.5735	140.1	631.7	491.6	.2895	.8994	1.1889	172
174	87.71	1.724	0.6801	140.0	631.7	490.8	.2910	.8969	1.1879	174
176	88.40	1.705	0.6860	141.7	631.8	490.1	.2925	.8944	1.1869	176
178	89.10	1.686	0.5922	142.5	631.9	489.4	.2939	.8920	1.1859	178
180	89.78	1.667	0.6993	143.3	632.0	488.7	0.2954	0.8896	1.1850	180
182	90.46	1.649	0.6063	144.1	632.1	488.0	.2968	.8872	1.1840	182
184	91.14	1.632	0.6129	144.8	632.1	487.3	.2982	.8848	1.1830	184
186	91.80	1.614	0.6195	145.6	632.2	486.6	.2996	.8825	1.1821	186
188	92.47	1.597	0.6261	146.4	632.3	485.9	.3010	.8801	1.1811	188
190	93.13	1.581	0.6326	147.2	632.4	485.2	0.3024	0.8778	1.1802	190
192	93.75	1.564	0.6392	147.9	632.4	484.5	.3037	.8755	1.1792	192
194	94.43	1.548	0.6458	148.7	632.5	483.8	.3050	.8733	1.1783	194
196	95.07	1.533	0.6524	149.5	632.0	483.1	.3064	.8710	1.1774	196
198	95.71	1.517	0.6590	150.2	632.0	482.4	.3077	.8688	1.1765	198
200	96.34	1.502	0.6656	150.9	632.7	481.8	0.3090	0.8666	1.1756	200
205	97.90	1.466	0.6821	152.7	632.8	480.1	.3122	.8612	1.1731	205
210	99.41	1.411	0.6986	154.0	633.0	478.4	.3164	.8560	1.1715	210
215	100.91	1.398	0.7152	155.3	633.1	476.8	.3185	.8507	1.1692	215
220	102.42	1.367	0.7318	156.0	633.2	475.2	.3210	.8455	1.1671	220
225	103.87	1.330	0.7484	156.7	633.3	473.0	0.3240	0.8405	1.1651	225
230	105.30	1.307	0.7650	161.4	633.4	472.0	.3275	.8357	1.1631	230
235	106.71	1.279	0.7817	163.1	633.5	470.4	.3304	.8307	1.1611	235
240	108.09	1.253	0.7984	164.7	633.6	468.9	.3332	.8259	1.1592	240
245	109.46	1.227	0.8151	166.4	633.7	467.3	.3360	.8213	1.1573	245
250	110.80	1.202	0.8319	168.0	633.8	465.8	0.3388	0.8167	1.1555	250
255	112.12	1.178	0.8487	169.5	633.8	464.3	.3415	.8121	1.1539	255
260	113.42	1.155	0.8655	171.1	633.9	462.8	.3441	.8077	1.1524	260
265	114.71	1.133	0.8824	172.0	633.9	461.3	.3468	.8033	1.1501	265
270	115.97	1.112	0.8993	174.1	633.9	459.8	.3494	.7989	1.1483	270
275	117.22	1.091	0.9162	175.0	634.0	458.4	0.3519	0.7947	1.1466	275
280	118.45	1.072	0.9332	177.1	634.0	456.0	.3545	.7901	1.1449	280
285	119.66	1.052	0.9502	178.0	634.0	453.4	.3569	.7853	1.1432	285
290	120.86	1.031	0.9672	180.0	634.0	451.0	.3594	.7801	1.1416	290
295	122.05	1.010	0.9843	181.6	634.0	452.5	.3618	.7761	1.1399	295
300	123.21	0.990	1.0015	182.9	634.0	451.1	0.3642	0.7741	1.1383	300

PROPERTIES OF LIQUID AMMONIA

Temp. °F.	Saturation.						Latent heat of pressure variation, Btu./lb. 10/deg.°F.	Variation of A with P (con- stant), Btu./lb. 10/deg.°F.	Com- press- ibility, per lb./deg.°F.	Temp. °F.
	Pressure (Abs.) (lb./sq. in.)	Volume ft./lb.	Density lb./ft. ³	Specific heat, Btu./lb. °F.	En- thalpy, Btu./lb.	Latent heat, Btu./lb.				
Triple point. (0.88, 0.01991, 51.00, 0.2182, 46.83, 0.2182, 0.0000, 0.0000, 0.0000, -107.86)										
-100	1.24	0.02197	45.62	(1.048)	(-63.0)	(633)	.....	.....	.....	-100
-95	1.62	0.02307	45.32	(1.042)	(-57.6)	(631)	.....	.....	.....	-95
-90	1.86	0.02346	45.12	(1.043)	(-52.6)	(623)	.....	.....	.....	-90
-85	2.27	0.02226	44.02	(1.045)	(-47.4)	(625)	.....	.....	.....	-85
-80	2.74	0.02236	44.72	(1.046)	(-42.2)	(622)	.....	.....	.....	-80
-75	3.29	0.02246	44.52	(1.048)	(-30.0)	(619)	.....	.....	.....	-75
-70	3.94	0.02256	44.32	(1.050)	(-31.7)	(610)	.....	.....	.....	-70
-65	4.69	0.02267	44.11	(1.052)	(-26.4)	(613)	.....	.....	.....	-65
-60	5.55	0.02278	43.91	1.054	(-21.18)	(610.8)	-0.0016	0.0028	4.4	-60
-55	6.54	0.02288	43.70	1.056	(-15.99)	(607.5)	-0.0016	0.0026	4.6	-55
-50	7.67	0.02299	43.40	1.058	(-10.61)	(604.3)	-0.0017	0.0020	4.6	-50
-45	8.95	0.02310	43.28	1.060	(-5.31)	(600.0)	-0.0017	0.0026	4.7	-45
-40	10.41	0.02322	43.08	1.062	0.00	(607.0)	-0.0018	0.0025	4.8	-40
-35	12.05	0.02333	42.86	1.064	(-5.32)	(604.2)	-0.0018	0.0025	5.0	-35
-30	13.90	0.02345	42.65	1.066	10.60	(599.7)	-0.0019	0.0023	5.1	-30
-25	15.98	0.02357	42.44	1.068	16.00	(587.2)	-0.0019	0.0024	5.2	-25
-20	18.30	0.02369	42.22	1.070	21.36	(583.6)	-0.0020	0.0024	5.4	-20
-15	20.88	0.02381	42.00	1.073	26.73	(580.0)	-0.0020	0.0024	5.6	-15
-10	23.74	0.02393	41.78	1.075	32.11	(576.4)	-0.0021	0.0023	5.7	-10
-5	26.82	0.02406	41.56	1.078	37.51	(572.0)	-0.0022	0.0023	5.8	-5
0	30.42	0.02419	41.34	1.080	42.93	(568.0)	-0.0022	0.0022	6.0	0
5	34.27	0.02432	41.11	1.083	48.35	(564.0)	-0.0023	0.0022	6.2	5
10	38.61	0.02446	40.89	1.085	53.70	(560.1)	-0.0024	0.0021	6.4	10
15	43.14	0.02460	40.68	1.088	59.04	(556.1)	-0.0025	0.0021	6.6	15
20	48.21	0.02474	40.43	1.091	64.21	(553.1)	-0.0025	0.0020	6.8	20
25	53.73	0.02488	40.20	1.094	70.20	(549.0)	-0.0026	0.0020	7.0	25
30	59.71	0.02503	39.96	1.097	76.71	(544.8)	-0.0027	0.0019	7.3	30
35	66.26	0.02518	39.72	1.100	81.23	(540.6)	-0.0028	0.0019	7.6	35
40	73.32	0.02533	39.49	1.104	86.77	(536.2)	-0.0029	0.0018	7.8	40
45	80.96	0.02548	39.24	1.108	92.31	(531.8)	-0.0030	0.0017	8.1	45
50	89.19	0.02564	39.00	1.112	97.03	(527.3)	-0.0031	0.0017	8.4	50
55	98.00	0.02581	38.75	1.116	103.64	(522.8)	-0.0032	0.0016	8.8	55
60	107.6	0.02597	38.50	1.120	109.18	(518.1)	-0.0033	0.0015	9.1	60
65	117.8	0.02614	38.25	1.125	114.85	(513.4)	-0.0034	0.0014	9.5	65
70	128.8	0.02632	38.00	1.129	120.54	(508.6)	-0.0035	0.0013	10.0	70
75	140.5	0.02650	37.74	1.133	126.25	(503.7)	-0.0037	0.0012	10.4	75

* Properties of solid ammonia at the triple point (-107.86°F.)

PROPERTIES OF SUPERHEATED AMMONIA VAPOR
(V = volume in ft.³/lb.; H = enthalpy in Btu./lb.; S = entropy in Btu./lb. °F.)

Temp. °F.	Absolute pressure (lb./sq. in.) (Saturation temperature in italics)									Temp. °F.
	5 -11.31°			6 -11.81°			7 -12.31°			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	<i>1.107</i>	<i>1.141</i>	<i>1.175</i>	<i>1.103</i>	<i>1.137</i>	<i>1.171</i>	<i>1.107</i>	<i>1.141</i>	<i>1.175</i>	
-60	61.05	695.2	1.1025	42.41	694.8	1.1803	38.29	694.0	1.1811	-60
-40	62.36	690.5	1.0149	43.58	699.8	1.4928	37.75	699.5	1.4929	-40
-20	63.67	685.4	1.0269	44.64	704.0	1.5019	38.19	701.5	1.4961	-20
-10	64.97	680.4	1.0385	45.73	708.0	1.6165	39.13	709.0	1.4919	-10
0	66.26	675.3	1.0499	46.82	712.1	1.6290	40.07	714.7	1.4924	0
10	67.55	670.3	1.0609	47.90	716.1	1.6391	41.00	719.8	1.6206	10
20	68.84	665.4	1.0716	49.08	720.2	1.6479	41.91	724.9	1.6214	20
30	70.12	660.4	1.0821	50.25	724.2	1.6563	42.85	730.0	1.6224	30
40	71.41	655.4	1.0923	51.42	728.2	1.6638	43.77	735.0	1.6226	40
50	72.69	650.4	1.1020	52.59	732.2	1.6710	44.69	740.0	1.6227	50
60	73.96	645.5	1.1123	53.76	736.2	1.6780	45.61	745.0	1.6227	60
70	75.23	640.5	1.1223	54.92	740.2	1.6848	46.53	750.0	1.6225	70
80	76.51	635.5	1.1320	56.09	744.2	1.6914	47.44	755.0	1.6221	80
90	77.79	630.5	1.1415	57.25	748.2	1.6979	48.35	760.0	1.6216	90
99	79.06	625.5	1.1508	58.41	752.2	1.7042	49.25	765.0	1.6211	99
100	79.33	620.7	1.1598	59.56	756.2	1.7104	50.15	770.0	1.6202	100
110	81.60	625.8	1.1689	60.71	760.2	1.7165	51.04	775.0	1.6192	110
120	82.87	630.9	1.1778	61.86	764.2	1.7224	51.92	780.0	1.6182	120
130	84.14	636.0	1.1865	63.01	768.2	1.7281	52.79	785.0	1.6172	130
140	85.41	641.1	1.1952	64.16	772.2	1.7337	53.65	790.0	1.6162	140
150	86.68	646.2	1.2038	65.31	776.2	1.7392	54.51	795.0	1.6152	150
160	87.95	651.3	1.2123	66.46	780.2	1.7446	55.36	800.0	1.6142	160
170	89.22	656.4	1.2207	67.61	784.2	1.7499	56.21	805.0	1.6132	170
180	90.49	661.5	1.2290	68.76	788.2	1.7551	57.05	810.0	1.6122	180
190	91.76	666.6	1.2372	69.91	792.2	1.7602	57.89	815.0	1.6112	190
200	93.03	671.7	1.2453	71.06	796.2	1.7652	58.72	820.0	1.6102	200
210	94.30	676.8	1.2533	72.21	800.2	1.7701	59.55	825.0	1.6092	210
220	95.57	681.9	1.2612	73.36	804.2	1.7749	60.37	830.0	1.6082	220
230	96.84	687.0	1.2690	74.51	808.2	1.7796	61.19	835.0	1.6072	230
240	98.11	692.1	1.2767	75.66	812.2	1.7842	62.00	840.0	1.6062	240
250	99.38	697.2	1.2843	76.81	816.2	1.7887	62.81	845.0	1.6052	250
260	100.65	702.3	1.2918	77.96	820.2	1.7931	63.61	850.0	1.6042	260
270	101.92	707.4	1.2992	79.11	824.2	1.7974	64.41	855.0	1.6032	270
280	103.19	712.5	1.3065	80.26	828.2	1.8016	65.20	860.0	1.6022	280
290	104.46	717.6	1.3137	81.41	832.2	1.8057	65.99	865.0	1.6012	290
300	105.73	722.7	1.3208	82.56	836.2	1.8097	66.77	870.0	1.6002	300

PROPERTIES OF SUPERHEATED AMMONIA VAPOR (Continued)
(V = volume in ft.³/lb.; H = enthalpy in Btu./lb.; S = entropy in Btu./lb. °F.)

Temp. °F.	Absolute pressure (lb./sq. in.) (Saturation temperature in italics)									Temp. °F.
	8 -12.81°			9 -13.31°			10 -13.81°			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	<i>1.141</i>	<i>1.175</i>	<i>1.209</i>	<i>1.141</i>	<i>1.175</i>	<i>1.209</i>	<i>1.141</i>	<i>1.175</i>	<i>1.209</i>	
-60	62.36	690.5	1.4928	28.69	693.0	1.4551	26.08	693.2	1.4420	-60
-40	63.67	685.4	1.4912	29.59	698.0	1.4571	26.68	697.8	1.4293	-40
-20	65.00	680.4	1.4897	30.50	703.0	1.4592	27.28	702.5	1.4420	-20
-10	66.31	675.3	1.4882	31.41	708.0	1.4613	27.88	707.2	1.4547	-10
0	67.62	670.3	1.4867	32.32	713.0	1.4634	28.48	711.9	1.4674	0
10	68.93	665.3	1.4852	33.23	718.0	1.4655	29.08	716.6	1.4801	10
20	70.24	660.3	1.4837	34.14	723.0	1.4676	29.68	721.3	1.4928	20
30	71.55	655.3	1.4822	35.05	728.0	1.4697	30.28	726.0	1.5055	30
40	72.86	650.3	1.4807	35.96	733.0	1.4718	30.88	730.7	1.5182	40
50	74.17	645.3	1.4792	36.87	738.0	1.4739	31.48	735.4	1.5309	50
60	75.48	640.3	1.4777	37.78	743.0	1.4760	32.08	740.1	1.5436	60
70	76.79	635.3	1.4762	38.69	748.0	1.4781	32.68	744.8	1.5563	70
80	78.10	630.3	1.4747	39.60	753.0	1.4802	33.28	749.5	1.5690	80
90	79.41	625.3	1.4732	40.51	758.0	1.4823	33.88	754.2	1.5817	90
100	80.72	620.3	1.4717	41.42	763.0	1.4844	34.48	758.9	1.5944	100
110	82.03	615.3	1.4702	42.33	768.0	1.4865	35.08	763.6	1.6071	110
120	83.34	610.3	1.4687	43.24	773.0	1.4886	35.68	768.3	1.6198	120
130	84.65	605.3	1.4672	44.15	778.0	1.4907	36.28	773.0	1.6325	130
140	85.96	600.3	1.4657	45.06	783.0	1.4928	36.88	777.7	1.6452	140
150	87.27	595.3	1.4642	45.97	788.0	1.4949	37.48	782.4	1.6579	150
160	88.58	590.3	1.4627	46.88	793.0	1.4970	38.08	787.1	1.6706	160
170	89.89	585.3	1.4612	47.79	798.0	1.4991	38.68	791.8	1.6833	170
180	91.20	580.3	1.4597	48.70	803.0	1.5012	39.28	796.5	1.6960	180
190	92.51	575.3	1.4582	49.61	808.0	1.5033	39.88	801.2	1.7087	190
200	93.82	570.3	1.4567	50.52	813.0	1.5054	40.48	805.9	1.7214	200
210	95.13	565.3	1.4552	51.43	818.0	1.5075	41.08	810.6	1.7341	210
220	96.44	560.3	1.4537	52.34	823.0	1.5096	41.68	815.3	1.7468	220
230	97.75	555.3	1.4522	53.25	828.0	1.5117	42.28	820.0	1.7595	230
240	99.06	550.3	1.4507	54.16	833.0	1.5138	42.88	824.7	1.7722	240
250	100.37	545.3	1.4492	55.07	838.0	1.5159	43.48	829.4	1.7849	250
260	101.68	540.3	1.4477	55.98	843.0	1.5180	44.08	834.1	1.7976	260
270	102.99	535.3	1.4462	56.89	848.0	1.5201	44.68	838.8	1.8103	270
280	104.30	530.3	1.4447	57.80	853.0	1.5222	45.28	843.5	1.8230	280
290	105.61	525.3	1.4432	58.71	858.0	1.5243	45.88	848.2	1.8357	290
300	106.92	520.3	1.4417	59.62	863.0	1.5264	46.48	852.9	1.8484	300
310	108.23	515.3	1.4402	60.53	868.0	1.5285	47.08	857.6	1.8611	310
320	109.54	510.3	1.4387	61.44	873.0	1.5306	47.68	862.3	1.8738	320
330	110.85	505.3	1.4372	62.35	878.0	1.5327	48.28	867.0	1.8865	330
340	112.16	500.3	1.4357	63.26	883.0	1.5348	48.88	871.7	1.8992	340
350	113.47	495.3	1.4342	64.17	888.0	1.5369	49.48	876.4	1.9119	350
360	114.78	490.3	1.4327	65.08	893.0	1.5390	50.08	881.1	1.9246	360
370	116.09	485.3	1.4312	65.99	898.0	1.5411	50.68	885.8	1.9373	370
380	117.40	480.3	1.4297	66.90	903.0	1.5432	51.28	890.5	1.9500	380
390	118.71	475.3	1.4282	67.81	908.0	1.5453	51.88	895.2	1.9627	390
400	120.02	470.3	1.4267	68.72	913.0	1.5474	52.48	899.9	1.9754	400

PROPERTIES OF SUPERHEATED AMMONIA VAPOR (Continued)
 [V = volume in ft.³/lb.; H = enthalpy in Btu./lb.; S = entropy in Btu./lb. °F.]

Temp. °F.	Absolute pressure in lbs./in. ² (Saturation temperature in fahrenheit.)									Temp. °F.
	35 8.13*			36 7.06*			37 6.17*			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
Sat.	1.701	618.4	1.3194	1.144	611.0	1.2115	1.041	614.3	1.3120	Sat.
10	8.078	616.1	1.3289	7.842	616.7	1.3250	7.619	615.4	1.3212	10
20	8.287	622.0	1.3413	8.040	621.7	1.3375	7.819	621.4	1.3333	20
30	8.491	627.7	1.3532	8.217	627.4	1.3491	8.015	627.2	1.3459	30
40	8.675	633.4	1.3646	8.445	633.1	1.3609	8.208	632.9	1.3573	40
50	8.895	638.9	1.3756	8.640	638.7	1.3720	8.398	638.5	1.3684	50
60	9.094	644.4	1.3863	8.833	644.2	1.3827	8.587	644.0	1.3792	60
70	9.289	649.9	1.3967	9.024	649.7	1.3932	8.773	649.5	1.3907	70
80	9.481	655.3	1.4069	9.214	655.2	1.4033	8.958	655.0	1.3999	80
90	9.677	660.7	1.4168	9.402	660.6	1.4133	9.142	660.4	1.4098	90
100	9.869	666.1	1.4265	9.589	666.0	1.4230	9.324	665.8	1.4196	100
110	10.068	671.5	1.4360	9.775	671.3	1.4325	9.506	671.2	1.4291	110
120	10.25	676.8	1.4453	9.961	676.7	1.4419	9.686	676.6	1.4385	120
130	10.41	682.2	1.4545	10.15	682.1	1.4510	9.866	681.0	1.4477	130
140	10.63	687.6	1.4635	10.33	687.4	1.4601	10.05	687.3	1.4567	140
150	10.82	692.9	1.4724	10.51	692.8	1.4689	10.22	692.7	1.4656	150
160	11.00	698.3	1.4811	10.69	698.2	1.4777	10.40	698.1	1.4744	160
170	11.19	703.7	1.4897	10.88	703.6	1.4863	10.58	703.5	1.4830	170
180	11.38	709.1	1.4982	11.06	709.0	1.4948	10.76	708.9	1.4915	180
190	11.56	714.5	1.5066	11.24	714.4	1.5032	10.93	714.3	1.4999	190
200	11.75	719.9	1.5148	11.42	719.8	1.5115	11.11	719.7	1.5082	200
210	11.92	725.7	1.5229	11.61	725.6	1.5194	11.28	725.5	1.5154	210
220	12.10	731.7	1.5308	11.80	731.6	1.5271	11.46	731.5	1.5229	220
230	12.28	737.7	1.5386	12.00	737.6	1.5349	11.63	737.5	1.5302	230
240	12.46	743.7	1.5463	12.18	743.6	1.5426	11.81	743.5	1.5376	240
250	12.63	749.7	1.5539	12.36	749.6	1.5502	12.01	749.5	1.5449	250
30	7.203	620.4	1.3231	6.842	619.8	1.3164	6.613	619.1	1.3099	30
35	7.587	625.3	1.3354	7.019	625.8	1.3287	6.683	625.2	1.3224	35
40	7.968	632.1	1.3470	7.192	631.0	1.3405	6.850	631.1	1.3343	40
50	7.746	637.8	1.3583	7.363	637.3	1.3519	7.014	636.8	1.3467	50
60	7.922	643.4	1.3692	7.531	643.0	1.3628	7.170	642.6	1.3567	60
70	8.096	649.0	1.3797	7.697	648.5	1.3734	7.330	648.1	1.3674	70
80	8.268	654.4	1.3900	7.862	654.1	1.3838	7.494	653.7	1.3778	80
90	8.439	659.9	1.4000	8.026	659.5	1.3939	7.650	659.2	1.3880	90
100	8.609	665.3	1.4098	8.188	665.0	1.4037	7.806	664.7	1.3978	100
110	8.777	670.7	1.4194	8.349	670.4	1.4133	7.960	670.1	1.4075	110
120	8.945	676.1	1.4288	8.509	675.9	1.4228	8.114	675.6	1.4170	120
130	9.112	681.5	1.4381	8.669	681.3	1.4320	8.267	681.0	1.4263	130
140	9.278	686.9	1.4471	8.828	686.7	1.4411	8.419	686.4	1.4354	140
150	9.441	692.3	1.4561	8.986	692.1	1.4501	8.570	691.9	1.4444	150
160	9.603	697.7	1.4648	9.144	697.5	1.4589	8.721	697.3	1.4532	160
170	9.774	703.1	1.4734	9.301	702.9	1.4676	8.871	702.7	1.4619	170
180	9.945	708.5	1.4819	9.458	708.3	1.4763	9.021	708.1	1.4701	180
190	10.10	714.0	1.4901	9.614	714.8	1.4849	9.171	713.0	1.4789	190
200	10.27	719.4	1.4987	9.770	719.2	1.4938	9.320	719.0	1.4872	200
210	10.49	729.3	1.5100	10.08	730.1	1.5051	9.617	730.0	1.5035	210
220	10.62	734.3	1.5180	10.39	731.1	1.5221	9.913	731.0	1.5105	220
230	10.74	739.3	1.5261	10.70	732.2	1.5300	10.21	732.0	1.5180	230
240	10.86	744.3	1.5341	11.01	733.3	1.5379	10.50	733.0	1.5253	240
250	11.08	749.6	1.5420	11.31	734.6	1.5478	10.80	734.3	1.5326	250

PROPERTIES OF SUPERHEATED AMMONIA VAPOR (Continued)
 [V = volume in ft.³/lb.; H = enthalpy in Btu./lb.; S = entropy in Btu./lb. °F.]

Temp. °F.	Absolute pressure in lbs./in. ² (Saturation temperature in fahrenheit.)									Temp. °F.
	38 6.11*			39 5.21*			40 4.44*			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
Sat.	7.230	614.7	1.3165	7.101	616.0	1.3166	7.017	616.4	1.3165	Sat.
10	7.407	615.0	1.3175	7.398	620.7	1.3266	7.203	620.4	1.3211	10
20	7.603	621.0	1.3301	7.586	626.0	1.3367	7.387	626.3	1.3353	20
30	7.795	626.9	1.3422	7.770	632.0	1.3468	7.569	632.1	1.3400	30
40	7.983	632.0	1.3538	7.952	638.0	1.3569	7.746	638.1	1.3541	40
50	8.170	638.3	1.3650	8.132	644.0	1.3670	7.922	644.1	1.3581	50
60	8.353	643.8	1.3758	8.312	649.1	1.3780	8.096	649.0	1.3620	60
70	8.535	649.3	1.3863	8.490	654.0	1.3892	8.268	654.4	1.3659	70
80	8.716	654.8	1.3965	8.666	659.0	1.4002	8.439	659.0	1.3698	80
90	8.895	660.2	1.4065	8.841	664.0	1.4111	8.609	664.0	1.3736	90
100	9.073	665.0	1.4163	9.015	669.0	1.4219	8.779	669.0	1.3774	100
110	9.250	671.0	1.4258	9.188	674.0	1.4326	8.948	674.0	1.3811	110
120	9.426	676.1	1.4352	9.359	679.0	1.4432	9.116	679.0	1.3848	120
130	9.602	681.8	1.4444	9.529	684.0	1.4537	9.283	684.0	1.3884	130
140	9.776	687.2	1.4534	9.697	689.0	1.4641	9.449	689.0	1.3919	140
150	9.950	692.0	1.4623	9.864	694.0	1.4744	9.614	694.0	1.3954	150
160	10.12	698.0	1.4711	10.030	699.0	1.4846	9.778	699.0	1.3988	160
170	10.30	703.9	1.4797	10.194	704.0	1.4947	9.941	704.0	1.4021	170
180	10.47	709.7	1.4883	10.357	709.0	1.5047	10.103	709.0	1.4053	180
190	10.64	714.6	1.4968	10.519	714.0	1.5146	10.264	714.0	1.4084	190
200	10.81	719.6	1.5051	10.681	719.0	1.5244	10.424	719.0	1.4115	200
210	11.00	726.6	1.5132	10.842	724.0	1.5341	10.583	724.0	1.4145	210
220	11.19	733.6	1.5211	11.002	729.0	1.5437	10.741	729.0	1.4174	220
230	11.38	740.6	1.5288	11.161	734.0	1.5532	10.898	734.0	1.4202	230
240	11.57	747.6	1.5364	11.319	739.0	1.5626	11.054	739.0	1.4229	240
250	11.76	754.6	1.5439	11.476	744.0	1.5719	11.209	744.0	1.4255	250
30	6.213	618.6	1.3030	5.917	617.8	1.2970	5.638	618.4	1.3010	30
35	6.377	621.0	1.3122	6.090	624.0	1.3103	5.838	623.4	1.3040	35
40	6.538	630.5	1.3283	6.231	630.0	1.3225	6.038	629.5	1.3109	40
50	6.696	630.4	1.3398	6.401	635.0	1.3341	6.135	635.4	1.3180	50
60	6.851	642.1	1.3509	6.551	641.6	1.3453	6.280	641.2	1.3249	60
70	7.005	647.7	1.3617	6.702	647.3	1.3561	6.423	646.0	1.3318	70
80	7.157	653.3	1.3721	6.848	652.9	1.3666	6.561	652.0	1.3383	80
90	7.308	658.9	1.3823	6.991	658.6	1.3769	6.701	657.2	1.3446	90
100	7.457	664.4	1.3922	7.137	664.0	1.3868	6.843	662.1	1.3506	100
110	7.605	669.8	1.4019	7.280	669.5	1.3965	6.980	667.2	1.3561	110
120	7.753	675.3	1.4113	7.421	675.0	1.4061	7.117	672.3	1.3616	120
130	7.899	680.7	1.4207	7.562	680.5	1.4156	7.252	677.2	1.3670	130
140	8.045	686.2	1.4299	7.702	686.0	1.4250	7.387	682.1	1.3723	140
150	8.190	691.6	1.4389	7.843	691.4	1.4343	7.521	687.1	1.3776	150
160	8.335	697.1	1.4477	7.981	697.0	1.4435	7.655	692.0	1.3828	160
170	8.479	702.6	1.4564	8.119	702.3	1.4527	7.788	702.1	1.3879	170
180	8.623	707.9	1.4650	8.257	707.7	1.4618	7.921	707.6</		

PROPERTIES OF SUPERHEATED ANIMONIA VAPOR (Continued)
 [V = volume in ft.³/lb.; H = enthalpy in Btu./lb.; S = entropy in Btu./lb. °F.]

Temp. t, °F.	Absolute pressure in lba./in. ² (Saturation temperature in lba./in. ²)									Temp. t, °F.
	50 p, lba./in. ²			52 p, lba./in. ²			54 p, lba./in. ²			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
30	8.710	811.1	1.260	1.267	1.177	1.206	1.200	819.8	1.277	30
40	8.838	823.4	1.2946	6.599	622.8	1.2291	6.378	622.2	1.2291	40
50	8.983	835.6	1.3169	6.744	634.0	1.2414	6.519	628.4	1.2414	50
60	9.135	847.4	1.3286	6.887	643.9	1.2523	6.657	634.4	1.2523	60
70	9.290	858.7	1.3399	6.927	653.8	1.2628	6.793	640.3	1.2628	70
80	9.453	869.5	1.3508	6.965	663.5	1.2729	6.927	646.1	1.2729	80
90	9.624	880.0	1.3613	6.999	673.2	1.2827	7.059	651.8	1.2827	90
100	9.799	890.2	1.3716	6.937	682.8	1.2922	7.190	657.5	1.2922	100
110	9.978	900.1	1.3816	6.971	692.4	1.3014	7.319	663.1	1.3014	110
120	10.160	909.7	1.3914	7.001	701.9	1.3103	7.447	668.6	1.3103	120
130	10.345	919.0	1.4009	7.028	711.4	1.3189	7.574	674.0	1.3189	130
140	10.532	928.1	1.4101	7.053	720.8	1.3272	7.699	679.3	1.3272	140
150	10.721	937.0	1.4190	7.076	730.2	1.3352	7.822	684.6	1.3352	150
160	10.911	945.7	1.4276	7.097	739.5	1.3429	7.944	689.8	1.3429	160
170	11.102	954.2	1.4360	7.117	748.8	1.3503	8.064	694.9	1.3503	170
180	11.294	962.5	1.4441	7.135	758.0	1.3574	8.182	700.0	1.3574	180
190	11.487	970.7	1.4519	7.152	767.2	1.3643	8.298	705.0	1.3643	190
200	11.681	978.8	1.4594	7.168	776.3	1.3710	8.412	710.0	1.3710	200
210	11.876	986.8	1.4667	7.183	785.4	1.3774	8.524	714.9	1.3774	210
220	12.072	994.7	1.4738	7.197	794.4	1.3836	8.634	719.8	1.3836	220
230	12.269	1002.4	1.4807	7.210	803.4	1.3896	8.742	724.6	1.3896	230
240	12.467	1010.0	1.4874	7.222	812.3	1.3954	8.848	729.4	1.3954	240
250	12.666	1017.5	1.4939	7.233	821.2	1.4011	8.953	734.1	1.4011	250
260	12.865	1024.9	1.4999	7.244	830.0	1.4067	9.056	738.8	1.4067	260
270	13.065	1032.2	1.5057	7.254	838.8	1.4121	9.158	743.4	1.4121	270
280	13.265	1039.4	1.5113	7.263	847.5	1.4174	9.259	748.0	1.4174	280
290	13.466	1046.5	1.5167	7.272	856.2	1.4226	9.358	752.5	1.4226	290
300	13.667	1053.5	1.5219	7.280	864.9	1.4277	9.456	757.0	1.4277	300

PROPERTIES OF SUPERHEATED ANIMONIA VAPOR (Continued)
 [V = volume in ft.³/lb.; H = enthalpy in Btu./lb.; S = entropy in Btu./lb. °F.]

Temp. t, °F.	Absolute pressure in lba./in. ² (Saturation temperature in lba./in. ²)									Temp. t, °F.
	56 p, lba./in. ²			58 p, lba./in. ²			60 p, lba./in. ²			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
30	8.818	819.7	1.2744	1.281	820.1	1.2818	1.284	821.0	1.284	30
40	8.972	831.9	1.2911	4.081	621.0	1.2834	4.291	622.8	1.2834	40
50	9.130	843.9	1.3011	4.116	627.3	1.2901	4.933	628.8	1.2901	50
60	9.292	855.9	1.3103	4.215	633.4	1.3082	6.060	632.0	1.3082	60
70	9.458	867.8	1.3199	4.313	639.4	1.3199	6.184	639.0	1.3199	70
80	9.628	879.5	1.3287	4.409	645.3	1.3310	6.307	644.0	1.3310	80
90	9.801	891.1	1.3365	4.504	651.1	1.3418	6.428	648.7	1.3418	90
100	9.978	902.6	1.3453	4.598	656.8	1.3523	6.547	653.4	1.3523	100
110	10.158	914.0	1.3540	4.691	662.4	1.3625	6.665	658.1	1.3625	110
120	10.340	925.3	1.3627	4.783	667.9	1.3724	6.781	662.7	1.3724	120
130	10.524	936.5	1.3714	4.874	673.3	1.3820	6.897	667.3	1.3820	130
140	10.710	947.6	1.3800	4.965	678.7	1.3914	7.012	671.9	1.3914	140
150	10.898	958.6	1.3885	5.055	684.0	1.4006	7.126	676.4	1.4006	150
160	11.088	969.5	1.3969	5.144	689.2	1.4096	7.239	680.9	1.4096	160
170	11.280	980.3	1.4052	5.232	694.4	1.4184	7.351	685.3	1.4184	170
180	11.474	991.0	1.4134	5.319	699.5	1.4270	7.462	689.7	1.4270	180
190	11.670	1001.6	1.4215	5.406	704.6	1.4354	7.572	694.0	1.4354	190
200	11.868	1012.1	1.4295	5.492	709.6	1.4437	7.681	698.3	1.4437	200
210	12.068	1022.5	1.4374	5.577	714.6	1.4518	7.789	702.5	1.4518	210
220	12.270	1032.8	1.4452	5.661	719.5	1.4597	7.896	706.6	1.4597	220
230	12.474	1043.0	1.4529	5.744	724.4	1.4674	7.999	710.7	1.4674	230
240	12.680	1053.1	1.4605	5.826	729.2	1.4750	8.101	714.8	1.4750	240
250	12.888	1063.1	1.4680	5.907	734.0	1.4824	8.202	718.8	1.4824	250
260	13.098	1072.9	1.4754	5.987	738.8	1.4897	8.302	722.8	1.4897	260
270	13.310	1082.6	1.4827	6.066	743.5	1.4968	8.401	726.7	1.4968	270
280	13.524	1092.2	1.4898	6.144	748.2	1.5037	8.499	730.6	1.5037	280
290	13.740	1101.7	1.4968	6.221	752.8	1.5104	8.596	734.4	1.5104	290
300	13.958	1111.1	1.5033	6.297	757.4	1.5169	8.692	738.2	1.5169	300

Temp. t, °F.	Absolute pressure in lba./in. ² (Saturation temperature in lba./in. ²)									Temp. t, °F.
	60 p, lba./in. ²			62 p, lba./in. ²			64 p, lba./in. ²			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
30	8.933	828.8	1.2913	4.762	624.2	1.2860	4.602	625.0	1.2820	30
40	9.090	840.9	1.3035	4.888	634.4	1.2989	4.723	631.9	1.2944	40
50	9.251	852.9	1.3152	5.007	644.5	1.3107	4.842	638.0	1.3063	50
60	9.416	864.9	1.3265	5.127	654.4	1.3220	4.958	644.0	1.3177	60
70	9.584	876.8	1.3373	5.246	664.3	1.3329	5.072	649.9	1.3287	70
80	9.755	888.6	1.3479	5.365	674.2	1.3435	5.185	655.7	1.3393	80
90	9.929	900.3	1.3581	5.484	684.0	1.3538	5.298	661.4	1.3498	90
100	10.105	911.9	1.3681	5.603	693.8	1.3638	5.408	667.1	1.3597	100
110	10.283	923.4	1.3778	5.721	703.5	1.3735	5.518	672.7	1.3695	110
120	10.463	934.8	1.3873	5.839	713.2	1.3829	5.627	678.3	1.3791	120
130	10.644	946.1	1.3966	5.956	722.8	1.3920	5.734	683.8	1.3885	130
140	10.827	957.3	1.4057	6.073	732.4	1.4008	5.840	689.3	1.3977	140
150	11.012	968.4	1.4146	6.189	741.9	1.4093	5.944	694.7	1.4067	150
160	11.198	979.4	1.4233	6.305	751.4	1.4175	6.047	700.0	1.4156	160
170	11.386	990.3	1.4318	6.419	760.8	1.4254	6.149	705.2	1.4243	170
180	11.576	1001.1	1.4401	6.533	770.2	1.4331	6.249	710.3	1.4329	180
190	11.768	1011.8	1.4482	6.646	779.5	1.4406	6.348	715.4	1.4413	190
200	11.962	1022.4	1.4561	6.758	788.8	1.4478	6.445	720.4	1.4497	200
210	12.158	1032.9	1.4638	6.869	798.0	1.4548	6.541	725.4	1.4579	210
220	12.356	1043.3	1.4713	6.979	807.2	1.4616	6.636	730.3	1.4659	220
230	12.556	1053.6	1.4787	7.088	816.3	1.4682	6.729	735.2	1.4738	230
240	12.758	1063.8	1.4859	7.196	825.4	1.4746	6.821	740.1	1.4816	240
250	12.962	1073.9	1.4929	7.303	834.4	1.4808	6.912	744.9	1.4893	250
260	13.168	1083.9	1.4997	7.409	843.4	1.4868	7.001	749.7	1.4969	260
270	13.376	1093.8	1.5064	7.514	852.3	1.4926	7.089	754.5	1.5044	270
280	13.586	1103.6	1.5129	7.618	861.2	1.4982	7.176	759.2	1.5118	280
290	13.798	1113.3	1.5193	7.721	870.0	1.5037	7.262	763.9	1.5191	290
300	14.012	1122.9	1.5255	7.823	878.8	1.5090	7.347	768.6	1.5263	300

Temp. t, °F.	Absolute pressure in lba./in. ² (Saturation temperature in lba./in. ²)									Temp. t, °F.
	66 p, lba./in. ²			68 p, lba./in. ²			70 p, lba./in. ²			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
30	9.130	831.9	1.3011	5.144	625.0	1.2977	4.910	624.5	1.2951	30
40	9.292	843.9	1.3103	5.261	634.4	1.3094	5.026	633.0	1.3068	40
50	9.458	855.9	1.3199	5.377	643.8	1.3207	5.141	641.5	1.3183	50

PROPERTIES OF SUPERHEATED AMMONIA VAPOR (Continued)
 V = volume in ft.³/lb.; H = enthalpy in Btu./lb.; S = entropy in Btu./lb. °F.

Temp. T _{sat} , °F.	Absolute pressure in lb./in. ² (Saturation temperature in lb./in. ²)									Temp. T _{sup} , °F.
	75 lb./in. ²			80 lb./in. ²			85 lb./in. ²			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
50	1.110	611.1	1.5510	5.623	611.0	1.414	3.110	611.7	1.416	50
60	0.767	629.1	1.5215	3.712	627.7	1.2619	2.473	626.4	1.2527	60
70	0.497	645.6	1.5019	2.813	644.3	1.2145	2.060	644.9	1.2050	70
80	0.340	661.7	1.4917	2.203	661.0	1.1860	1.622	661.6	1.1779	80
90	0.250	677.2	1.4897	1.703	677.7	1.1691	1.253	678.3	1.1690	90
100	0.188	692.7	1.4930	1.318	694.2	1.1622	0.942	684.8	1.1604	100
110	0.143	708.0	1.4946	1.000	710.7	1.1659	0.678	691.2	1.1617	110
120	0.110	723.1	1.4949	0.761	717.2	1.1699	0.500	697.5	1.1621	120
130	0.086	738.0	1.4949	0.581	723.7	1.1741	0.382	703.8	1.1625	130
140	0.068	752.7	1.4946	0.438	730.2	1.1784	0.300	710.0	1.1629	140
150	0.053	767.2	1.4940	0.328	736.7	1.1828	0.240	716.2	1.1633	150
160	0.041	781.6	1.4933	0.241	743.2	1.1873	0.190	722.4	1.1637	160
170	0.032	795.9	1.4925	0.180	749.7	1.1918	0.150	728.6	1.1641	170
180	0.025	810.1	1.4916	0.135	756.2	1.1964	0.120	734.8	1.1645	180
190	0.020	824.2	1.4906	0.100	762.7	1.2010	0.090	741.0	1.1649	190
200	0.016	838.3	1.4896	0.075	769.2	1.2056	0.070	747.2	1.1653	200
210	0.013	852.4	1.4885	0.055	775.7	1.2102	0.050	753.4	1.1657	210
220	0.010	866.5	1.4874	0.040	782.2	1.2148	0.035	759.6	1.1661	220
230	0.008	880.6	1.4863	0.030	788.7	1.2194	0.025	765.8	1.1665	230
240	0.006	894.7	1.4852	0.022	795.2	1.2240	0.018	772.0	1.1669	240
250	0.005	908.8	1.4841	0.016	801.7	1.2286	0.013	778.2	1.1673	250
260	0.004	922.9	1.4830	0.012	808.2	1.2332	0.010	784.4	1.1677	260
270	0.003	937.0	1.4819	0.009	814.7	1.2378	0.007	790.6	1.1681	270
280	0.002	951.1	1.4808	0.007	821.2	1.2424	0.005	796.8	1.1685	280
290	0.002	965.2	1.4797	0.005	827.7	1.2470	0.004	803.0	1.1689	290
300	0.001	979.3	1.4786	0.004	834.2	1.2516	0.003	809.2	1.1693	300
100	0.110	701.1	1.4217	0.061	715.0	1.4116	4.757	715.2	1.4060	800
200	0.010	721.7	1.4091	0.011	721.3	1.4230	4.800	720.8	1.4145	210
300	0.001	737.3	1.4011	0.001	728.9	1.4301	4.910	726.4	1.4228	300
400	0.001	752.9	1.3968	0.001	735.5	1.4360	4.955	732.1	1.4311	400
500	0.001	768.5	1.3949	0.001	742.1	1.4416	4.974	737.7	1.4392	500
600	0.001	784.1	1.3943	0.001	748.7	1.4471	4.978	743.3	1.4472	600
700	0.001	799.7	1.3948	0.001	755.3	1.4526	4.970	748.9	1.4551	700
800	0.001	815.3	1.3960	0.001	761.9	1.4581	4.960	754.5	1.4629	800
900	0.001	830.9	1.3976	0.001	768.5	1.4636	4.950	760.1	1.4707	900
1000	0.001	846.5	1.3994	0.001	775.1	1.4691	4.940	765.7	1.4785	1000
100	0.110	651.1	1.3510	0.061	651.0	1.1616	3.110	651.7	1.1616	500
200	0.010	671.7	1.3385	0.011	657.3	1.1730	3.153	657.5	1.1700	600
300	0.001	687.2	1.3310	0.001	663.6	1.1844	3.196	663.8	1.1770	700
400	0.001	702.7	1.3240	0.001	669.9	1.1958	3.239	669.9	1.1840	800
500	0.001	718.2	1.3175	0.001	676.2	1.2072	3.282	676.1	1.1910	900
600	0.001	733.7	1.3120	0.001	682.5	1.2186	3.325	682.2	1.1980	1000
700	0.001	749.2	1.3075	0.001	688.8	1.2300	3.368	688.4	1.2050	1100
800	0.001	764.7	1.3040	0.001	695.1	1.2414	3.411	694.6	1.2120	1200
900	0.001	780.2	1.3010	0.001	701.4	1.2528	3.454	700.8	1.2190	1300
1000	0.001	795.7	1.2985	0.001	707.7	1.2642	3.497	707.0	1.2260	1400
1100	0.001	811.2	1.2965	0.001	714.0	1.2756	3.540	713.2	1.2330	1500
1200	0.001	826.7	1.2950	0.001	720.3	1.2870	3.583	719.4	1.2400	1600
1300	0.001	842.2	1.2940	0.001	726.6	1.2984	3.626	725.6	1.2470	1700
1400	0.001	857.7	1.2935	0.001	732.9	1.3100	3.669	731.8	1.2540	1800
1500	0.001	873.2	1.2935	0.001	739.2	1.3214	3.712	738.0	1.2610	1900
1600	0.001	888.7	1.2940	0.001	745.5	1.3328	3.755	744.2	1.2680	2000
1700	0.001	904.2	1.2945	0.001	751.8	1.3442	3.798	750.4	1.2750	2100
1800	0.001	919.7	1.2950	0.001	758.1	1.3556	3.841	756.6	1.2820	2200
1900	0.001	935.2	1.2955	0.001	764.4	1.3670	3.884	762.8	1.2890	2300
2000	0.001	950.7	1.2960	0.001	770.7	1.3784	3.927	769.0	1.2960	2400
2100	0.001	966.2	1.2965	0.001	777.0	1.3900	3.970	775.2	1.3030	2500
2200	0.001	981.7	1.2970	0.001	783.3	1.4014	4.013	781.4	1.3100	2600
2300	0.001	997.2	1.2975	0.001	789.6	1.4128	4.056	787.6	1.3170	2700
2400	0.001	1012.7	1.2980	0.001	795.9	1.4242	4.099	793.8	1.3240	2800
2500	0.001	1028.2	1.2985	0.001	802.2	1.4356	4.142	800.0	1.3310	2900
2600	0.001	1043.7	1.2990	0.001	808.5	1.4470	4.185	806.2	1.3380	3000
2700	0.001	1059.2	1.2995	0.001	814.8	1.4584	4.228	812.4	1.3450	3100
2800	0.001	1074.7	1.2995	0.001	821.1	1.4700	4.271	818.6	1.3520	3200
2900	0.001	1090.2	1.2995	0.001	827.4	1.4814	4.314	824.8	1.3590	3300
3000	0.001	1105.7	1.2995	0.001	833.7	1.4928	4.357	831.0	1.3660	3400

PROPERTIES OF SUPERHEATED AMMONIA VAPOR (Continued)
 V = volume in ft.³/lb.; H = enthalpy in Btu./lb.; S = entropy in Btu./lb. °F.

Temp. T _{sup} , °F.	Absolute pressure in lb./in. ² (Saturation temperature in lb./in. ²)									Temp. T _{sup} , °F.
	90 lb./in. ²			95 lb./in. ²			100 lb./in. ²			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
50	1.000	611.1	1.5110	1.101	611.8	1.3507	1.201	611.4	1.3110	50
60	0.683	629.1	1.4815	0.784	627.0	1.2710	0.884	626.0	1.2310	60
70	0.442	645.6	1.4619	0.525	643.2	1.2313	0.625	640.6	1.1910	70
80	0.320	661.7	1.4597	0.384	659.3	1.2216	0.484	656.0	1.1810	80
90	0.241	677.2	1.4630	0.283	675.4	1.2252	0.383	671.4	1.1810	90
100	0.180	692.7	1.4646	0.209	691.5	1.2293	0.309	686.9	1.1810	100
110	0.138	708.0	1.4652	0.153	707.6	1.2339	0.235	702.4	1.1810	110
120	0.106	723.1	1.4655	0.110	723.7	1.2390	0.180	717.9	1.1810	120
130	0.081	738.0	1.4655	0.080	739.8	1.2445	0.135	733.4	1.1810	130
140	0.061	752.7	1.4652	0.058	755.9	1.2503	0.100	748.9	1.1810	140
150	0.046	767.2	1.4647	0.043	772.0	1.2564	0.075	764.4	1.1810	150
160	0.034	781.6	1.4640	0.032	788.1	1.2628	0.055	779.9	1.1810	160
170	0.025	795.9	1.4632	0.023	804.2	1.2694	0.040	795.4	1.1810	170
180	0.018	810.1	1.4623	0.017	820.3	1.2762	0.030	810.9	1.1810	180
190	0.013	824.2	1.4613	0.012	836.4	1.2832	0.022	826.4	1.1810	190
200	0.010	838.3	1.4603	0.009	852.5	1.2904	0.016	841.9	1.1810	200
210	0.008	852.4	1.4593	0.007	868.6	1.2978	0.012	857.4	1.1810	210
220	0.006	866.5	1.4583	0.005	884.7	1.3054	0.009	872.9	1.1810	220
230	0.005	880.6	1.4573	0.004	900.8	1.3132	0.007	888.4	1.1810	230
240	0.004	894.7	1.4563	0.003	916.9	1.3212	0.005	903.9	1.1810	240
250	0.003	908.8	1.4553	0.002	933.0	1.3294	0.004	919.4	1.1810	250
260	0.002	922.9	1.4543	0.002	949.1	1.3378	0.003	934.9	1.1810	260
270	0.002	937.0	1.4533	0.001	965.2	1.3464	0.002	950.4	1.1810	270
280	0.001	951.1	1.4523	0.001	981.3	1.3552	0.002	965.9	1.1810	280
290	0.001	965.2	1.4513	0.001	997.4	1.3642	0.001	981.4	1.1810	290
300	0.001	979.3	1.4503	0.001	1013.5	1.3734	0.001	996.9	1.1810	300
100	0.110	651.1	1.3510	0.061	651.0	1.1616	3.110	651.7	1.1616	500
200	0.010	671.7	1.3385	0.011	657.3	1.1730	3.153	657.5	1.1700	600
300	0.001	687.2	1.3310	0.001	663.6	1.1844	3.196	663.8	1.1770	700
400	0.001	702.7	1.3240	0.001	669.9	1.1958	3.239	669.9	1.1840	800
500	0.001	718.2	1.3175	0.001	676.2	1.2072	3.282	676.1	1.1910	900
600	0.001	733.7	1.3120	0.001	682.5	1.2186	3.325	682.2	1.1980	1000
700	0.001	749.2	1.3075	0.001	688.8	1.2300	3.368	688.4	1.2050	1100
800	0.001	764.7	1.3040	0.001	695.1	1.2414	3.411	694.6	1.2120	1200
900	0.001	780.2	1.3010	0.001	701.4	1.2528	3.454	700.8	1.2190	1300
1000	0.001	795.7	1.2985	0.001	707.7	1.2642	3.497	707.0	1	

PROPERTIES OF SUPERHEATED AMMONIA VAPOR (Continued)
 [V = volume in ft.³/lb.; H = enthalpy in Btu./lb.; S = entropy in Btu./lb. °F.]

Temp. °F.	Absolute pressure in lbs./sq. in. (Saturation temperature in italics.)								Temp. °F.			
	125		130		135		140					
	V	H	S	V	H	S	V	H				
80	2.401	637.2	1.2122	2.355	636.0	1.2260	2.257	634.0	1.2109	80		
100	2.253	616.0	1.2115	2.321	614.0	1.2395	2.321	612.0	1.2125	100		
100	2.193	626.7	1.2568	2.434	619.7	1.2509	2.292	619.8	1.2452	100		
110	2.057	615.1	1.2622	2.546	626.3	1.2625	2.442	625.4	1.2569	110		
120	2.119	625.0	1.2702	2.608	632.7	1.2708	2.501	631.0	1.2681	120		
130	2.180	635.7	1.2799	2.655	638.9	1.2813	2.559	636.2	1.2793	130		
140	2.240	646.8	1.2902	2.721	645.1	1.2917	2.616	642.4	1.2904	140		
160	2.009	661.8	1.3102	2.781	651.2	1.3048	2.671	648.5	1.2996	160		
180	2.268	671.8	1.3199	2.838	657.2	1.3116	2.726	654.6	1.3091	180		
170	2.010	681.7	1.3291	2.894	663.2	1.3211	2.780	660.6	1.3191	170		
160	2.074	691.6	1.3387	2.949	669.1	1.3315	2.834	666.6	1.3293	160		
150	2.131	701.5	1.3476	3.004	675.0	1.3420	2.887	672.6	1.3397	150		
200	2.187	711.5	1.3567	3.059	710.9	1.3516	2.940	710.4	1.3490	200		
210	2.243	721.2	1.3651	3.113	716.7	1.3604	2.992	716.2	1.3584	210		
220	2.299	731.0	1.3740	3.167	722.5	1.3690	3.044	722.1	1.3678	220		
230	2.351	740.8	1.3825	3.220	728.3	1.3775	3.096	727.9	1.3770	230		
240	2.404	750.6	1.3908	3.273	734.1	1.3853	3.147	733.7	1.3860	240		
260	2.499	760.3	1.3990	3.326	739.9	1.3941	3.199	739.5	1.3950	260		
280	2.619	770.1	1.4071	3.379	745.7	1.4022	3.249	745.4	1.4044	280		
290	2.673	780.0	1.4151	3.431	751.5	1.4102	3.300	751.2	1.4134	290		
300	2.627	790.7	1.4230	3.483	757.3	1.4181	3.350	757.0	1.4223	300		
320	2.681	800.5	1.4308	3.535	763.1	1.4259	3.400	762.8	1.4312	320		
360	2.735	810.3	1.4385	3.587	768.9	1.4336	3.450	768.6	1.4399	360		
380	2.842	820.0	1.4462	3.639	774.6	1.4417	3.500	774.3	1.4481	380		
	150		160		170		180		190		200	
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	
80	2.061	638.8	1.2101	1.914	636.6	1.2055	1.784	634.4	1.1952	90		
100	2.118	645.9	1.2239	1.909	643.9	1.2188	1.817	641.9	1.2057	100		
110	2.174	652.3	1.2310	2.023	651.0	1.2311	1.880	649.1	1.2215	110		
120	2.238	659.4	1.2376	2.075	657.8	1.2429	1.939	656.1	1.2316	120		
130	2.301	666.3	1.2437	2.125	664.4	1.2512	1.995	662.8	1.2412	130		
140	2.364	673.3	1.2493	2.178	670.9	1.2573	2.053	669.4	1.2503	140		
160	2.265	678.0	1.2619	2.224	677.2	1.2707	2.081	675.0	1.2609	160		
160	2.115	681.8	1.2719	2.272	683.6	1.2809	2.127	681.3	1.2713	160		
180	2.111	691.9	1.2811	2.319	690.3	1.2908	2.172	688.0	1.2813	180		
190	2.041	696.9	1.2912	2.365	696.8	1.2994	2.216	694.7	1.2911	190		
200	2.083	702.0	1.2996	2.411	703.1	1.3078	2.259	701.0	1.3005	200		
220	2.049	716.9	1.3127	2.457	709.0	1.3200	2.303	706.9	1.3129	220		
240	2.029	731.8	1.3240	2.503	714.8	1.3319	2.346	712.8	1.3249	240		
260	2.020	746.7	1.3344	2.549	720.7	1.3435	2.389	718.6	1.3368	260		
280	2.070	761.6	1.3439	2.595	726.5	1.3548	2.431	724.5	1.3484	280		
300	2.120	776.5	1.3534	2.641	732.3	1.3658	2.473	730.3	1.3597	300		
320	2.170	791.4	1.3628	2.687	738.1	1.3765	2.515	736.1	1.3708	320		
340	2.220	806.3	1.3722	2.733	743.9	1.3869	2.557	741.9	1.3817	340		
360	2.270	821.2	1.3816	2.779	749.7	1.3970	2.599	747.7	1.3924	360		
380	2.320	836.1	1.3909	2.825	755.5	1.4069	2.641	753.5	1.4029	380		
400	2.370	851.0	1.4002	2.871	761.3	1.4165	2.683	759.3	1.4132	400		
420	2.420	865.9	1.4095	2.917	767.1	1.4259	2.725	765.1	1.4234	420		
440	2.470	880.8	1.4188	2.963	772.9	1.4351	2.767	770.9	1.4335	440		
460	2.520	895.7	1.4281	3.009	778.7	1.4441	2.809	776.7	1.4434	460		
480	2.570	910.6	1.4374	3.055	784.5	1.4530	2.851	782.5	1.4532	480		
500	2.620	925.5	1.4467	3.101	790.3	1.4618	2.893	788.3	1.4629	500		

TABLE 6. PROPERTIES OF SUPERHEATED AMMONIA VAPOR (Continued)
 [V = volume in ft.³/lb.; H = enthalpy in Btu./lb.; S = entropy in Btu./lb. °F.]

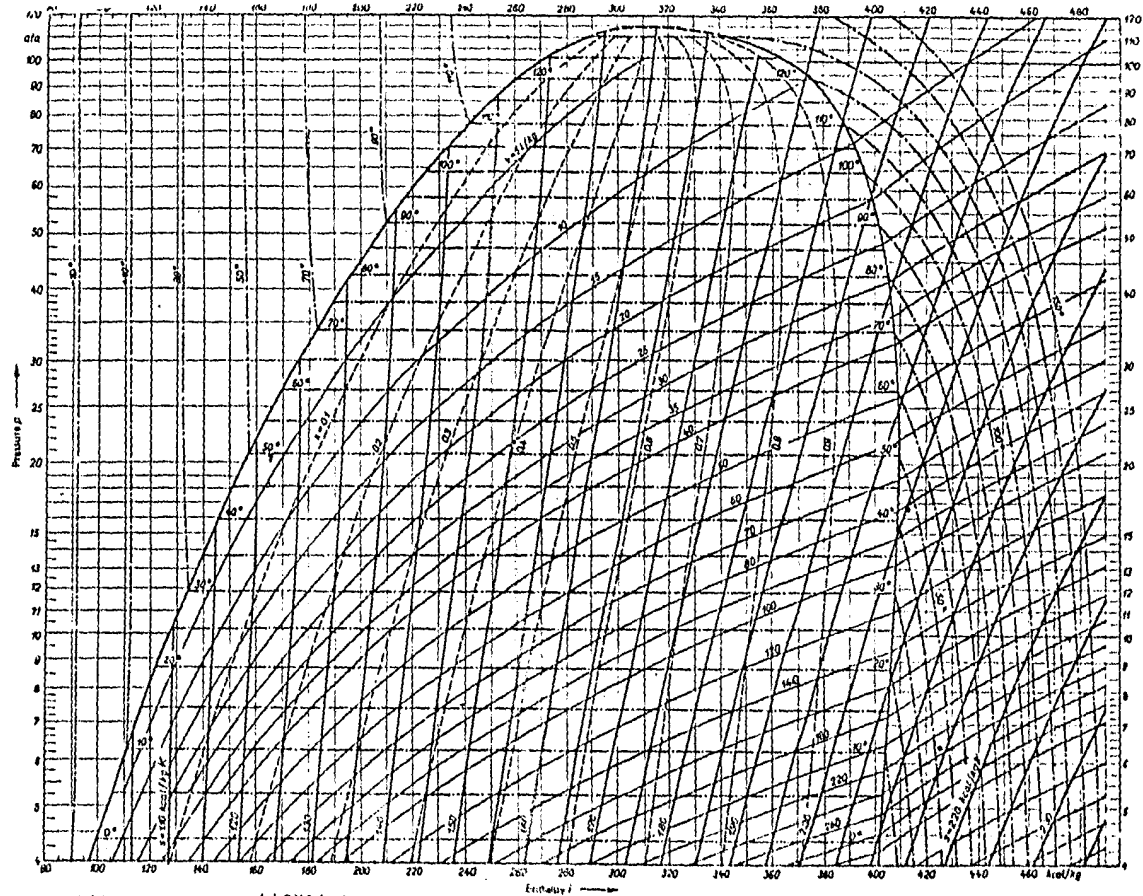
Temp. °F.	Absolute pressure in lbs./sq. in. (Saturation temperature in italics.)									Temp. °F.
	140			145			150			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
80	2.168	633.8	1.2140	2.090	632.0	1.2092	2.001	631.4	1.2025	80
90	2.228	618.0	1.2271	2.111	639.0	1.2216	2.061	638.8	1.2161	90
100	2.288	617.8	1.2398	2.200	646.0	1.2342	2.118	645.9	1.2289	100
110	2.317	654.5	1.2515	2.257	653.6	1.2462	2.174	652.8	1.2410	110
120	2.404	661.1	1.2628	2.313	660.2	1.2577	2.228	659.4	1.2526	120
130	2.468	667.4	1.2736	2.368	666.7	1.2687	2.281	665.9	1.2638	130
140	2.515	673.7	1.2843	2.421	673.0	1.2793	2.331	672.3	1.2745	140
160	2.569	679.0	1.2945	2.474	679.2	1.2896	2.380	678.6	1.2849	160
180	2.622	696.0	1.3045	2.526	685.4	1.2995	2.426	684.8	1.2949	180
170	2.675	692.0	1.3141	2.577	691.4	1.3093	2.485	690.9	1.3047	170
160	2.727	698.0	1.3230	2.627	697.5	1.3188	2.534	696.0	1.3142	160
150	2.779	704.0	1.3323	2.677	703.4	1.3281	2.583	702.0	1.3236	150
200	2.830	709.0	1.3418	2.727	709.4	1.3372	2.631	708.0	1.3330	200
210	2.880	715.8	1.3507	2.776	715.3	1.3461	2.680	714.8	1.3418	210
220	2.931	721.6	1.3594	2.825	721.2	1.3549	2.728	720.7	1.3504	220
230	2.981	727.5	1.3679	2.873	727.1	1.3634	2.773	726.6	1.3590	230
240	3.030	733.3	1.3763	2.921	732.9	1.3718	2.820	732.5	1.3675	240
260	3.080	739.2	1.3848	2.969	738.8	1.3801	2.866	738.4	1.3763	260
280	3.129	745.0	1.3928	3.017	744.6	1.3883	2.912	744.3	1.3849	280
290	3.178	750.8	1.4008	3.064	750.5	1.3964	2.958	750.1	1.3931	290
300	3.227	756.7	1.4088	3.111	756.3	1.4043	3.004	756.0	1.4013	300
320	3.275	762.5	1.4166	3.158	762.2	1.4122	3.049	761.8	1.4092	320
360	3.323	768.3	1.4243	3.205	768.0	1.4200	3.095	767.7	1.4167	360
380	3.420	780.0	1.4305	3.298	779.7	1.4352	3.185	778.4	1.4310	380
	180			190			200			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
80	1.668	632.2	1.1853	1.441	631.4	1.1804	1.306	631.7	1.1746	90
100	1.720	639.9	1.1992	1.615	637.8	1.1899	1.529	635.0	1.1819	100
110	1.770	647.3	1.2123	1.603	648.4	1.2014	1.567	641.4	1.1941	110
120	1.818	654.4	1.2247	1.710	652.6	1.2140	1.614	648.0	1.2072	120
130	1.865	661.5	1.2369	1.755	659.7	1.2261	1.654	654.1	1.2190	130
140	1.910	668.6	1.2487	1.799	666.8	1.2378	1.695	660.0	1.2310	140
160	1.955	674.8	1.2598	1.843	673.2	1.2490	1.740	667.8	1.2429	160
160	1.803	681.0	1.2691	1.881	679.7	1.2602	1.781	674.1	1.2548	160
180	2.012	687.3	1.2793	1.975	685.1	1.2710	1.820	680.3	1.2661	180
190	2.081	693.6	1.2891	1.966	691.5	1.2815	1.859	686.3	1.2771	190
200	2.149	699.8	1.2987	1.957	697.8	1.2916	1.897	692.0	1.2879	200
220	2.167	705.9	1.3081	2.045	704.9	1.3007	1.935	703.9	1.2981	220
240	2.198	711.9	1.3172	2.034	711.2	1.3095	1.971	709.6	1.3083	240
260	2.218	717.1	1.3262	2.124	717.2	1.3189	2.009	716.4	1.3189	260
280	2.288	723.1	1.3350	2.114	723.2	1.3276	2.046	722.1	1.3292	280
300	2.325	729.1	1.3436	2.1						

PROPERTIES OF SUPERHEATED AMMONIA VAPOR (Continued)
 V = volume in ft.³/lb.; H = enthalpy in Btu./lb.; S = entropy in Btu./lb. °R.

Temp. °F.	Absolute pressure in lbs./sq. in. (Saturation temperature in italics)									Temp. °F.
	200			210			220			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
110	1.867	813.4	1.1947	1.490	641.5	1.1863	1.490	639.4	1.1781	1.180
120	1.612	650.0	1.0767	1.641	810.1	1.1906	1.443	647.3	1.1917	120
130	1.450	528.1	1.0000	1.688	656.4	1.2121	1.436	654.8	1.2015	130
140	1.093	655.0	1.0317	1.684	663.5	1.2240	1.425	662.0	1.2167	140
150	1.740	671.8	1.0429	1.618	670.4	1.2354	1.664	669.0	1.2281	150
160	1.780	678.4	1.0537	1.647	677.1	1.2464	1.601	675.8	1.2391	160
170	1.820	684.0	1.0641	1.725	683.7	1.2569	1.634	682.5	1.2501	170
180	1.859	691.3	1.0741	1.762	690.3	1.2672	1.675	689.1	1.2604	180
180	1.897	697.7	1.0840	1.799	696.0	1.2771	1.710	695.5	1.2703	180
190	1.938	703.9	1.0936	1.836	702.9	1.2867	1.745	701.9	1.2801	190
200	1.972	710.1	1.1029	1.872	709.2	1.2961	1.780	708.2	1.2900	200
220	2.062	716.3	1.1200	1.907	715.3	1.3053	1.814	714.4	1.2999	220
240	2.044	722.4	1.1269	1.942	721.5	1.3143	1.848	720.6	1.3098	240
240	2.083	728.4	1.1334	1.977	727.0	1.3231	1.881	726.8	1.3198	240
250	2.114	731.5	1.1387	2.011	733.7	1.3317	1.911	732.9	1.3295	250
260	2.151	740.5	1.1470	2.048	740.8	1.3402	1.941	739.0	1.3390	260
270	2.189	749.5	1.1550	2.090	747.8	1.3486	1.970	745.1	1.3481	270
280	2.228	757.5	1.1631	2.133	754.8	1.3568	2.012	751.1	1.3570	280
290	2.260	765.2	1.1712	2.177	761.9	1.3649	2.069	757.2	1.3658	290
300	2.293	774.5	1.1791	2.231	769.3	1.3728	2.078	763.2	1.3745	300
300	2.361	776.5	1.1847	2.246	773.0	1.3784	2.078	767.0	1.3784	300
310	2.432	788.5	1.1929	2.312	780.9	1.3859	2.107	773.0	1.3870	310
320	2.498	800.5	1.1997	2.377	788.0	1.3932	2.140	779.0	1.3954	320
330	2.568	812.5	1.2062	2.442	795.0	1.4003	2.171	785.0	1.4037	330
340	2.641	824.5	1.2124	2.507	802.0	1.4071	2.201	791.0	1.4118	340
350	2.718	836.5	1.2183	2.572	809.0	1.4137	2.231	797.0	1.4197	350
360	2.800	848.5	1.2239	2.637	816.0	1.4201	2.261	803.0	1.4275	360
370	2.887	860.5	1.2292	2.702	823.0	1.4263	2.291	809.0	1.4351	370
380	2.980	872.5	1.2343	2.767	830.0	1.4323	2.321	815.0	1.4425	380
390	3.078	884.5	1.2391	2.832	837.0	1.4381	2.351	821.0	1.4497	390
400	3.182	896.5	1.2437	2.897	844.0	1.4437	2.381	827.0	1.4568	400
410	3.292	908.5	1.2481	2.962	851.0	1.4491	2.411	833.0	1.4637	410
420	3.408	920.5	1.2523	3.027	858.0	1.4543	2.441	839.0	1.4705	420
430	3.531	932.5	1.2563	3.092	865.0	1.4593	2.471	845.0	1.4771	430
440	3.661	944.5	1.2601	3.157	872.0	1.4641	2.501	851.0	1.4836	440
450	3.800	956.5	1.2637	3.222	879.0	1.4687	2.531	857.0	1.4899	450
460	3.948	968.5	1.2671	3.287	886.0	1.4731	2.561	863.0	1.4960	460
470	4.106	980.5	1.2703	3.352	893.0	1.4773	2.591	869.0	1.5019	470
480	4.274	992.5	1.2733	3.417	900.0	1.4813	2.621	875.0	1.5076	480
490	4.452	1004.5	1.2761	3.482	907.0	1.4851	2.651	881.0	1.5131	490
500	4.641	1016.5	1.2787	3.547	914.0	1.4887	2.681	887.0	1.5184	500
510	4.841	1028.5	1.2811	3.612	921.0	1.4921	2.711	893.0	1.5235	510
520	5.053	1040.5	1.2833	3.677	928.0	1.4953	2.741	899.0	1.5284	520
530	5.278	1052.5	1.2853	3.742	935.0	1.4983	2.771	905.0	1.5331	530
540	5.517	1064.5	1.2871	3.807	942.0	1.5011	2.801	911.0	1.5376	540
550	5.771	1076.5	1.2887	3.872	949.0	1.5037	2.831	917.0	1.5419	550
560	6.041	1088.5	1.2901	3.937	956.0	1.5061	2.861	923.0	1.5460	560
570	6.328	1100.5	1.2913	4.002	963.0	1.5083	2.891	929.0	1.5499	570
580	6.633	1112.5	1.2923	4.067	970.0	1.5103	2.921	935.0	1.5536	580
590	6.957	1124.5	1.2931	4.132	977.0	1.5121	2.951	941.0	1.5571	590
600	7.301	1136.5	1.2937	4.197	984.0	1.5137	2.981	947.0	1.5604	600

PROPERTIES OF SUPERHEATED AMMONIA VAPOR (Continued)
 V = volume in ft.³/lb.; H = enthalpy in Btu./lb.; S = entropy in Btu./lb. °R.

Temp. °F.	Absolute pressure in lbs./sq. in. (Saturation temperature in italics)									Temp. °F.
	230			240			250			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
110	1.236	637.4	1.1700	1.281	635.3	1.1621	1.250	611.5	1.1690	110
120	1.436	615.4	1.1880	1.302	643.5	1.1761	1.210	611.5	1.1690	120
130	1.650	651.1	1.2071	1.312	651.3	1.1884	1.170	612.6	1.1721	130
140	1.449	668.4	1.2295	1.290	654.8	1.2025	1.130	612.6	1.1721	140
150	1.487	667.9	1.2213	1.416	660.1	1.2115	1.352	604.6	1.2028	150
160	1.651	674.5	1.2323	1.402	671.1	1.2209	1.394	611.8	1.2191	160
170	1.650	681.3	1.2424	1.497	680.0	1.2300	1.420	618.7	1.2360	170
180	1.694	687.0	1.2526	1.621	686.7	1.2385	1.453	625.5	1.2514	180
190	1.650	691.4	1.2640	1.654	693.3	1.2471	1.486	632.2	1.2637	190
200	1.663	700.9	1.2738	1.687	699.8	1.2557	1.618	638.8	1.2771	200
210	1.662	707.2	1.2814	1.619	706.2	1.2642	1.649	645.4	1.2900	210
220	1.729	713.5	1.287	1.651	712.6	1.2727	1.680	651.9	1.3028	220
230	1.762	719.8	1.2918	1.683	718.9	1.2811	1.699	658.4	1.3154	230
240	1.794	726.0	1.2957	1.714	725.1	1.2894	1.718	664.9	1.3279	240
250	1.826	732.1	1.3195	1.745	731.3	1.3181	1.670	670.6	1.3401	250
260	1.857	738.3	1.3281	1.776	737.6	1.3274	1.699	676.3	1.3518	260
270	1.889	744.4	1.3365	1.805	743.8	1.3368	1.728	682.0	1.3633	270
280	1.920	750.5	1.3448	1.835	749.8	1.3459	1.756	687.7	1.3747	280
290	1.951	756.5	1.3530	1.865	755.8	1.3548	1.784	693.4	1.3859	290
300	1.982	762.6	1.3610	1.895	761.8	1.3634	1.812	699.1	1.3969	300
310	2.013	768.7	1.3687	1.924	767.8	1.3718	1.840	704.8	1.4076	310
320	2.044	774.7	1.3761	1.953	773.7	1.3800	1.868	710.5	1.4181	320
330	2.075	780.8	1.3833	1.982	779.6	1.3880	1.895	716.2	1.4284	330
340	2.106	786.8	1.3903	2.011	785.5	1.3958	1.922	721.9	1.4385	340
350	2.137	792.8	1.3971	2.040	791.4	1.4034	1.949	727.6	1.4484	350
360	2.168	798.8	1.4037	2.069	797.3	1.4108	1.976	733.3	1.4581	360
370	2.200	804.8	1.4101	2.098	803.2	1.4180	2.002	739.0	1.4676	370
380	2.232	811.1	1.4162	2.128	809.0	1.4250	2.028	744.7	1.4769	380
390	2.265	817.4	1.4221	2.157	814.8	1.4318	2.053	750.4	1.4860	390
400	2.298	823.7	1.4278	2.187	820.6	1.4384	2.078	756.1	1.4949	400
410	2.332	830.0	1.4333	2.216	826.4	1.4448	2.102	761.8	1.5036	410
420	2.366	836.3	1.4386	2.246	832.2	1.4510	2.126	767.5	1.5121	420
430	2.401	842.6	1.4437	2.275	838.0	1.4570	2.149	773.2	1.5204	430
440	2.436	848.9	1.4486	2.305	843.8	1.4628	2.172	778.9	1.5285	440
450	2.472	855.2	1.4533	2.334	849.6	1.4684	2.195	784.6	1.5364	450
460	2.508	861.5	1.4578	2.364	855.4	1.4738	2.218	790.3	1.5441	460
470	2.545	867.8	1.4621	2.393	861.2	1.4790	2.241	796.0	1.5516	470
480	2.582	874.1	1.4662	2.423	867.0	1.4840	2.264	801.7	1.5589	480
490	2.620	880.4	1.4701	2.452	872.8	1.4888	2.287	807.4	1.5660	490
500	2.658	886.7	1.4738	2.482	878.6	1.4934	2.310	813.1	1.5729	500
510	2.697	893.0	1.4773	2.511	884.4	1.4978	2.333	818.8	1.5796	510
520	2.737	899.3	1.4806	2.541	890.2					



K. Raftoyiö: Handbook of
Thermodynamic Tables and Charts

FIGURA 1

Ammonia (NH₃), up to a few conditions; log (pressure) p vs. enthalpy h
(From Kältemaschinen Regeln, 5th Ed., Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, 1956.)

Viscosity of Various Liquids^{5, 8, 11}

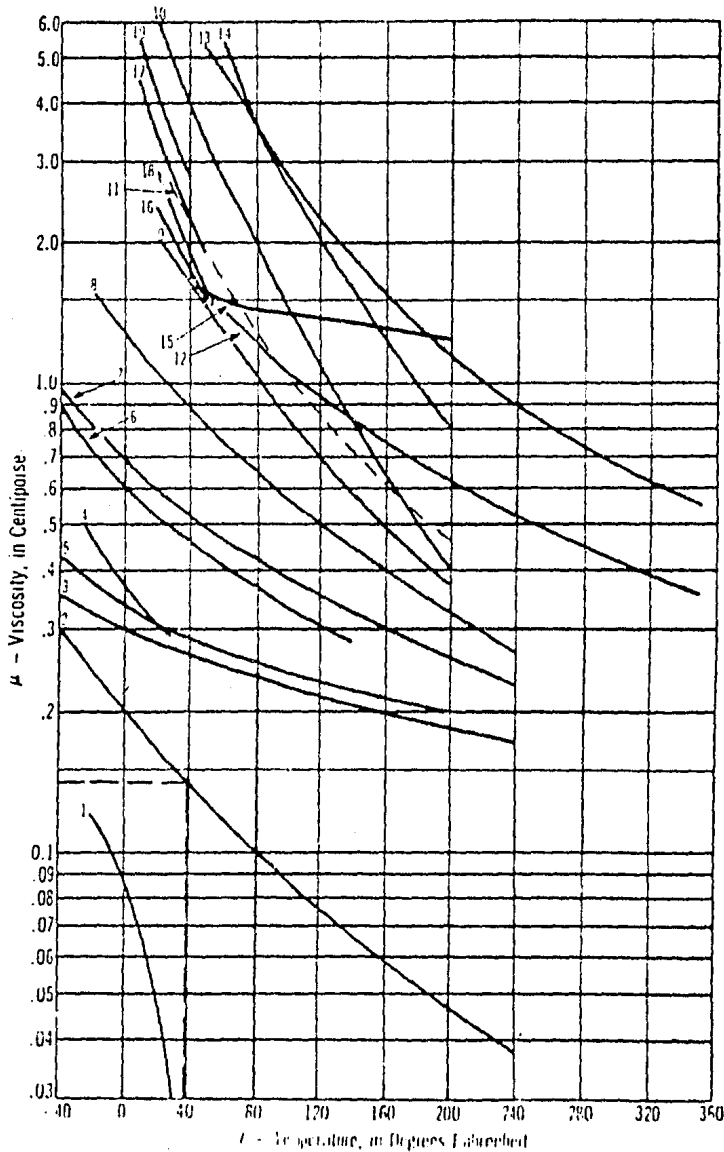


FIGURA 4

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 Carbon Dioxide... CO_2 2 Ammonia... NH_3 3 Methyl Chloride... CH_2Cl_2 4 Sulphur Dioxide... SO_2 5 Freon 12... F-12 6 Freon 114... F-114 7 Freon 11... F-11 8 Freon 113... F-113 9 Ethyl Alcohol 10 Isopropyl Alcohol 11 20% Sulphuric Acid... 20% H_2SO_4 12 Diatherm E 13 Diatherm A 14 20% Sodium Hydroxide... 20% NaOH 15 Mercury | <ul style="list-style-type: none"> 16 10% Sodium Chloride Brine... 10% NaCl 17 20% Sodium Chloride Brine... 20% NaCl 18 10% Calcium Chloride Brine... 10% CaCl_2 19 20% Calcium Chloride Brine... 20% CaCl_2 |
|---|--|

Example — The viscosity of ammonia at 40°F is 0.14 centipoise.

TABLA 6 ASRE Sistema de numeración de refrigerantes

ASRE Designación del refrigerante	Nombre químico	Fórmula Química	Peso molecular	Punto de ebullición F	Posición relativa	ASRE Designación del refrigerante	Nombre químico	Fórmula química	Peso molecular	Punto de ebullición F	Posición relativa
Compuestos halocarburos											
10	Carbonotetracloruro	CCl ₄	153.8	170.2		Compuestos orgánicos saturados					
11	Tricloromonofluorometano	CCl ₃ F	137.4	74.8	C	Hidrocarburos					
12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	120.9	-21.6	C	50	Metano	CH ₄	16.0	-259	C
13	Monoclorotri fluorometano	CClF ₃	104.5	-114.6	C	170	Etileno	CH ₂ CH ₂	30	-127.5	C
13B1	Monobromodifluorometano	CFBr ₂	148.9	-72.0	S	290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44	-44.2	C
14	Carbonotetrafluoruro	CF ₄	88.0	-198.4	S	600	Butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	58.1	31.3	
20	Cloruro	CHCl ₃	119.4	142		601	Isobutano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	58.1	14	
21	Dicloromonofluorometano	CHCl ₂ F	102.9	-48.1	D	1150	Etileno	CH ₂ CH ₂	28.0	-155.0	C ¹
22	Monoclorodifluorometano	CHClF ₂	86.5	-41.4	C	1270	Propileno	CH ₃ CH ₂ CH ₂	42.1	-53.7	C ²
23	Trifluorometano	CHF ₃	70.0	-119.9	D	Compuestos de oxígeno					
30	Cloruro de metileno	CH ₂ Cl ₂	84.9	105.2	C	610	Eter etilo	C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅	74.1	94.3	
31	Monocloromonofluorometano	CH ₂ ClF	68.5	48.0		611	Formato de metil	HCOOCH ₃	60.0	89.2	
32	Fluoruro de metileno	CH ₂ F ₂	52.0	-61.4		Compuestos de azufre					
40	Cloruro de metilo	CH ₃ Cl	50.5	-10.8	C	620					
41	Fluoruro de metilo	CH ₃ F	34.0	-109		Compuestos de nitrógeno					
150	Metano	CH ₄	16.0	-259	C ¹	630	Ánima de metil	CH ₃ NH ₂	31.1	20.3	
110	Hexacloroetano	CCl ₂ CCl ₂	216.8	365		631	Ánima de etil	C ₂ H ₅ NH ₂	45.1	61.8	
111	Pentacloromonofluorometano	CCl ₄ CClF	220.3	279		Compuestos inorgánicos					
112	Tetraclorodifluorometano	CCl ₂ FCCl ₂ F	203.8	199.0		717	Amoníaco	NH ₃	17	-28.0	C
112a	Tetraclorodifluorometano	CCl ₂ CClF ₂	203.8	195.8		718	Agua	H ₂ O	18	212	
113	Triclorotrifluorometano	CCl ₃ FCClF ₂	187.4	117.6	C	729	Aire		29	-318	
113a	Triclorotrifluorometano	CCl ₃ CF ₃	187.4	114.2	C	744	Dióxido de carbono	CO ₂	44	-109	C
114	Diclorotetrafluorometano	CCl ₂ FCClF ₂	170.9	38.4	C	741A	Oxido nitroso	N ₂ O	44	-127	(subl)
114a	Diclorotetrafluorometano	CCl ₂ FCF ₂	170.9	38.5	C	764	Dióxido de azufre	SO ₂	64	14.0	C
114B2	Dibromotetrafluorometano	CBr ₂ FCBrF ₂	259.9	117.5	D	Compuestos orgánicos no saturados					
115	Monocloropentafluorometano	CClF ₄ CF ₃	154.5	-37.7	D	1112a	Diclorodifluoroetileno	CCl ₂ CF ₂	133	67	
116	Hexafluoroetano	CF ₃ CF ₃	138.0	-108.8	D	1111	Monoclorotrifluoroetileno	CClF ₂ CF ₂	116.5	-18.2	
120	Pentacloroetano	CHCl ₂ CCl ₃	202.3	124		1111	Tetrafluoroetileno	CF ₂ CF ₂	100	-105	
121	Triclorotrifluoroetano	CHCl ₂ CF ₃	153	83.7		1120	Tricloroetileno	CHCl ₂ CCl	131.4	187	
124	Monoclorodifluoroetileno	CHClFCF ₂	136.5	10.4		1130	Dicloroetileno	CHCl ₂ CHCl	96.9	118	
124a	Monoclorodifluoroetileno	CHF ₂ CClF ₂	136.5	14	D	1131a	Fluoruro de vinilideno	CH ₂ CF ₂	64	-119	
125	Pentafluoroetano	CHF ₂ CF ₃	120	-55		1140	Cloruro de vinilo	CH ₂ CHCl	62.5	7.0	
131a	Monoclorotrifluoroetano	CH ₂ ClCF ₃	118.5	43.0	D	1141	Fluoruro de vinilo	CH ₂ CHF	46	-94	
140a	Tetracloroetano	CH ₂ CCl ₂	133.4	165		1150	Etileno	CH ₂ CH ₂	28.0	-155.0	C
143b	Monoclorodifluoroetano	CH ₂ CCF ₂	100.5	12.2	S	1270	Propileno	CH ₃ CH ₂ CH ₂	42.1	-53.7	C
143c	Tetracloroetano	CH ₂ CF ₂	84	-53.5		* Carrier Corp. Document 2 D187, p. 1					
150a	Dicloroetano	CH ₂ CHCl ₂	98.9	140		1. En compuestos metano, etano y propano aparecen en la sección de halocarburos con sus propias posiciones					
152a	Difluoroetano	CH ₂ CHF ₂	66	-12.4	C	2. En compuestos etileno y propileno aparecen en la sección de hidrocarburos (con el fin de indicar que estos compuestos son hidrocarburos). El etileno y el propileno están debidamente identificados como compuestos de la ASRE Data Book, Design Volume, 1957-58 Edition, con permiso de la American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers.					
160	Cloruro de etil	CH ₃ CH ₂ Cl	64.5	54.0							
170	Etano	CH ₃ CH ₃	30	-127.5	C ²						
218	Oxitafluoropropano	CF ₃ CH ₂ CF ₃	188	-36.4							
290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44	-44.2							
Compuestos orgánicos cíclicos											
C316	Diclorodifluorociclobutano	C ₂ Cl ₂ F ₂	233	140							
C317	Monoclorodifluorociclobutano	C ₂ ClF ₃	216.5	77							
C318	Diclorofluorociclobutano	C ₂ F ₄	200	21.1	D						
Asotopos											
500	Refrigerantes-12-132a 73.8/26.2 wt %	CCl ₃ F, CH ₃ CH ₃	99.29	-28.0	C						
501	Refrigerantes-22-12 75.25 wt %	CHCl ₂ F, CCl ₂ F ₂	91.1	-42							
502	Refrigerantes-11-115 48.8/51.2 wt %	CHClF ₂ , CCl ₂ F ₂	112	-40.1							

Properties of Pure Calcium Chloride* Brine

Pure CaCl ₂ % by wt	Specific gravity 60 F	Baumé density 60 F	Specific heat 60 F Btu/lb(deg F)	Crystallization starts F	Weight per gallon			Weight per ft ³			Specific Gravity at Various Temperatures (Refer to water at 60 F)			
					CaCl ₂ lb/gal	Water lb/gal	Brine lb/gal	CaCl ₂ lb/ft ³	Water lb/ft ³	Brine lb/ft ³	-4 F (-20°C)	14 F (-10°C)	32 F (0°C)	50 F (10°C)
0	1.000	0.0	1.000	32.0	0.000	8.34	8.34	0.00	62.40	62.40				
5	1.044	6.1	0.924	27.7	0.436	8.281	8.717	3.26	61.89	65.15			1.043	1.042
6	1.050	7.0	0.914	26.8	0.526	8.234	8.760	3.93	61.59	65.52			1.052	1.051
7	1.060	8.2	0.898	25.9	0.620	8.231	8.851	4.63	61.51	66.14			1.061	1.060
8	1.069	9.3	0.884	24.6	0.714	8.212	8.926	5.34	61.36	66.70			1.071	1.069
9	1.078	10.4	0.869	23.5	0.810	8.191	9.001	6.05	61.22	67.27			1.080	1.078
10	1.087	11.6	0.855	22.3	0.908	8.168	9.076	6.78	61.05	67.83			1.089	1.087
11	1.096	12.6	0.842	20.8	1.006	8.137	9.143	7.52	60.81	68.33			1.098	1.096
12	1.105	13.8	0.828	19.3	1.107	8.120	9.227	8.27	60.68	68.95			1.108	1.105
13	1.114	14.8	0.816	17.6	1.209	8.093	9.302	9.04	60.47	69.51			1.117	1.115
14	1.124	15.9	0.804	15.5	1.313	8.064	9.377	9.81	60.27	70.08			1.127	1.124
15	1.133	16.9	0.793	13.5	1.418	8.034	9.452	10.60	60.04	70.64		1.139	1.137	1.134
16	1.143	18.0	0.779	11.2	1.526	8.010	9.536	11.40	59.86	71.26		1.149	1.146	1.143
17	1.152	19.1	0.767	8.6	1.633	7.984	9.619	12.22	59.67	71.89		1.159	1.156	1.153
18	1.162	20.2	0.756	5.9	1.747	7.956	9.703	13.05	59.46	72.51		1.169	1.166	1.163
19	1.172	21.3	0.746	2.8	1.859	7.927	9.786	13.90	59.23	73.13		1.180	1.176	1.173
20	1.182	22.1	0.737	-0.4	1.970	7.883	9.853	14.73	58.90	73.63		1.190	1.186	1.183
21	1.192	23.0	0.729	-3.9	2.083	7.843	9.928	15.58	58.61	74.19				
22	1.202	24.4	0.716	-7.8	2.208	7.829	10.037	16.30	58.50	75.00	1.215	1.211	1.207	1.203
23	1.212	25.5	0.707	-11.9	2.328	7.792	10.120	17.40	58.23	75.63				
24	1.223	26.4	0.697	-16.2	2.451	7.761	10.212	18.32	58.00	76.32	1.236	1.232	1.228	1.224
25	1.233	27.4	0.689	-21.0	2.574	7.721	10.295	19.24	57.70	76.94				
26	1.244	28.3	0.682	-25.8	2.699	7.680	10.379	20.17	57.39	77.56				
27	1.254	29.3	0.673	-31.2	2.827	7.644	10.471	21.13	57.12	78.25				
28	1.265	30.4	0.665	-37.8	2.958	7.605	10.563	22.10	56.84	78.94				
29	1.276	31.4	0.658	-49.4	3.090	7.565	10.655	23.09	56.53	79.62				
29.87	1.290	32.6	0.655	-67.0	3.16	7.59	10.75	23.65	56.80	80.45				
30	1.295	33.0	0.653	-30.8	3.22	7.58	10.80	24.06	56.70	80.76				
32	1.317	34.9	0.640	-19.5	3.49	7.49	10.98	26.10	56.04	82.14				
34	1.340	36.8	0.630	+4.3	3.77	7.40	11.17	28.22	55.35	83.57				

*Wt of Type 1 (77% min) CaCl₂ = (wt of pure CaCl₂)/(0.77). Wt of Type 2 (94% min) CaCl₂ = (wt of pure CaCl₂)/(0.94).

TABLA 8

Brine Performance Comparisons

Brine	Conc. (by wt.), %	Freeze Point, F (°C)	Velocity, fps (m/s)	gpm/ton, (l/s · kW)	Pressure Drop, psi/100 ft, (kPa/100 m)	h _i ^a Btu/ft ² · h · °C (W/m ² · °C)
Propylene Glycol	39	-5.1 (-20.6)	3.36 (1.024)	2.59 (0.0464)	1.962 (44.351)	119 (676)
Ethylene Glycol	38	-6.9 (-21.6)	3.58 (1.091)	2.76 (0.0495)	1.753 (39.627)	213 (1210)
Methanol	26	-5.3 (-20.7)	3.42 (1.042)	2.64 (0.0473)	1.369 (30.946)	242 (1375)
Sodium Chloride	23	-5.1 (-20.6)	3.33 (1.015)	2.57 (0.0461)	1.456 (32.913)	276 (1568)
Calcium Chloride	22	-7.8 (-22.1)	3.62 (1.103)	2.79 (0.0500)	1.786 (40.373)	304 (1727)
Trichloroethylene	100	-123 (-86.1)	9.56 (2.914)	7.37 (0.1321)	8.025 (181.405)	543 (3084)
Methylene Chloride	100	-142 (-96.7)	8.28 (2.524)	6.38 (0.1144)	5.410 (122.293)	620 (3522)
R-11	100	-168 (-111.1)	9.87 (3.008)	7.61 (0.1364)	8.257 (186.649)	483 (2743)

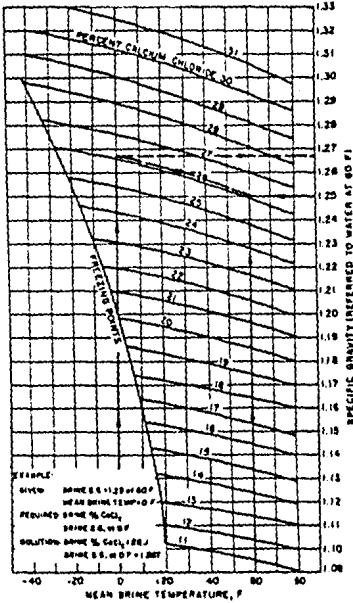
^aBased on a curve fit equation for D.Q. Kern's adaptation¹ of Sieder & Tate heat transfer equation² using a tube length of 4 ft (1.219 m) for L/D = 24.

TABLE 9 Properties of Pure Sodium Chloride* Brine

Pure NaCl % by wt	Specific gravity 59 F 39 F	Baume density 60 F	Specific heat 59 F Btu/(lb)(F)	Crystallization starts F	Weight per gallon*			Weight per (l) ³			Specific Gravity at Other Temperatures (Refers to water at 60 F)			
					NaCl lb/gal	Water lb/gal	Brine lb/gal	NaCl lb/ft ³	Water lb/ft ³	Brine lb/ft ³	14 F (-10°C)	32 F (-0°C)	50 F (10°C)	68 F (20°C)
0	1.000	0.0	1.000	32.0	0.000	8.34	8.34	0.000	62.40	62.4				
5	1.035	5.1	0.938	26.7	0.432	8.22	8.63	3.230	61.37	64.6	1.0382	1.0366	1.0341	
6	1.043	6.1	0.927	25.5	0.523	8.19	8.71	3.906	61.19	65.1	1.0459	1.0440	1.0413	
7	1.050	7.0	0.917	24.3	0.613	8.15	8.76	4.585	60.91	65.5	1.0536	1.0515	1.0486	
8	1.057	8.0	0.907	23.0	0.706	8.11	8.82	5.280	60.72	66.0	1.0613	1.0590	1.0559	
9	1.065	9.0	0.897	21.6	0.800	8.09	8.89	5.985	60.51	66.5	1.0691	1.0665	1.0633	
10	1.072	10.1	0.888	20.2	0.895	8.05	8.95	6.690	60.21	66.9	1.0769	1.0741	1.0707	
11	1.080	10.8	0.879	18.8	0.992	8.03	9.02	7.414	59.99	67.4	1.0849	1.0817	1.0782	
12	1.087	11.8	0.870	17.3	1.090	7.99	9.08	8.136	59.66	67.8	1.0925	1.0897	1.0857	
13	1.095	12.7	0.862	15.7	1.188	7.95	9.14	8.879	59.42	68.3	1.1004	1.0971	1.0933	
14	1.103	13.6	0.854	14.0	1.291	7.93	9.22	9.632	59.17	68.8	1.1083	1.1048	1.1009	
15	1.111	14.5	0.847	12.3	1.392	7.89	9.28	10.395	58.90	69.3	1.1195	1.1163	1.1126	1.1086
16	1.118	15.4	0.840	10.5	1.493	7.84	9.33	11.168	58.63	69.8	1.1277	1.1243	1.1205	1.1163
17	1.126	16.3	0.833	8.6	1.598	7.80	9.40	11.951	58.36	70.3	1.1359	1.1323	1.1284	1.1241
18	1.134	17.2	0.826	6.6	1.705	7.76	9.47	12.744	58.06	70.8	1.1442	1.1404	1.1363	1.1319
19	1.142	18.1	0.819	4.5	1.813	7.73	9.54	13.547	57.75	71.3	1.1535	1.1486	1.1444	1.1398
20	1.150	19.0	0.813	+ 2.3	1.920	7.68	9.60	14.360	57.44	71.8	1.1608	1.1568	1.1542	1.1478
21	1.158	19.9	0.807	- 0.0	2.031	7.64	9.67	15.183	57.12	72.3	1.1692	1.1651	1.1606	1.1559
22	1.166	20.8	0.802	- 2.3	2.143	7.60	9.74	16.016	56.78	72.8	1.1777	1.1734	1.1688	1.1640
23	1.175	21.7	0.796	- 5.1	2.256	7.55	9.81	16.854	56.45	73.3	1.1862	1.1818	1.1771	1.1721
24	1.183	22.5	0.791	+ 3.8	2.371	7.51	9.88	17.712	56.09	73.8	1.1948	1.1902	1.1854	1.1804
25	1.191	23.4	0.786	+16.1	2.488	7.46	9.95	18.575	55.72	74.3				
25.2	1.200			+32.0										

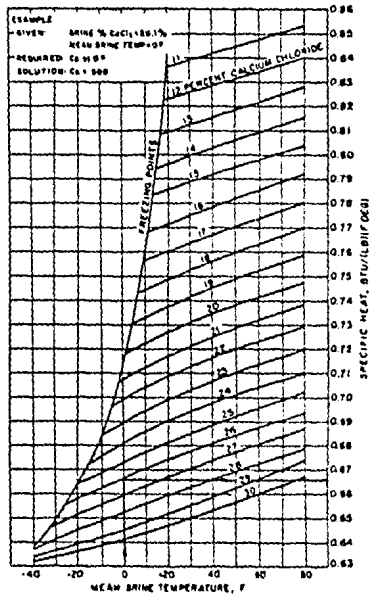
*Wt of commercial NaCl required = (wt of pure NaCl required)/(% purity).

FIGURA 5



Specific Gravity of Calcium Chloride Brine¹

FIGURA 6



Specific Heat of Calcium Chloride Brine¹

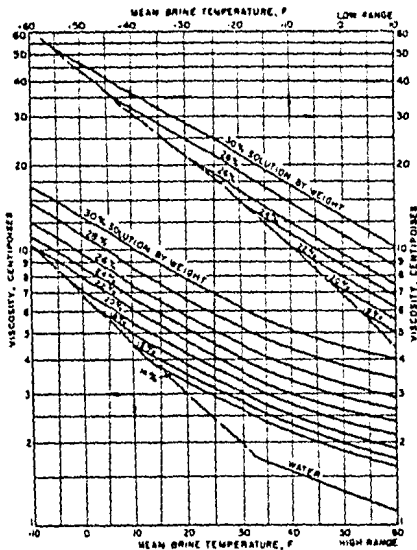


FIGURA 7 Viscosity of Calcium Chloride Brine¹

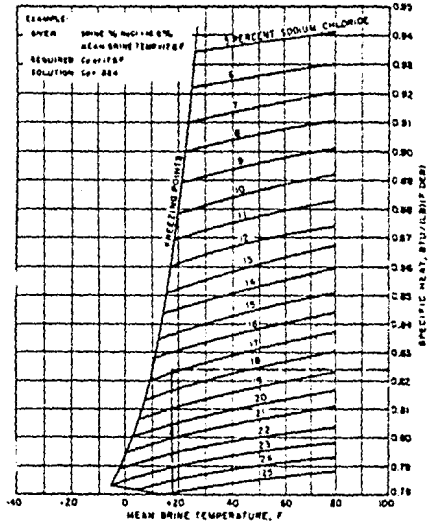
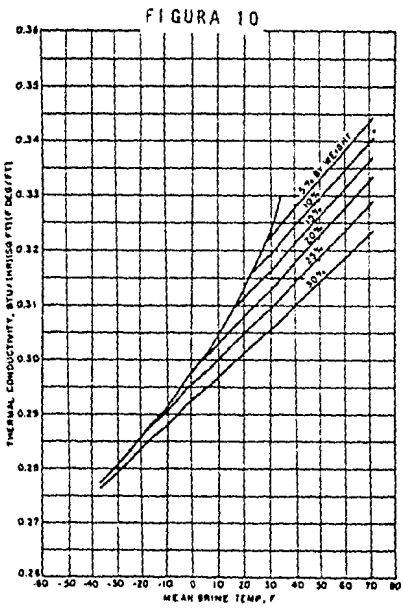
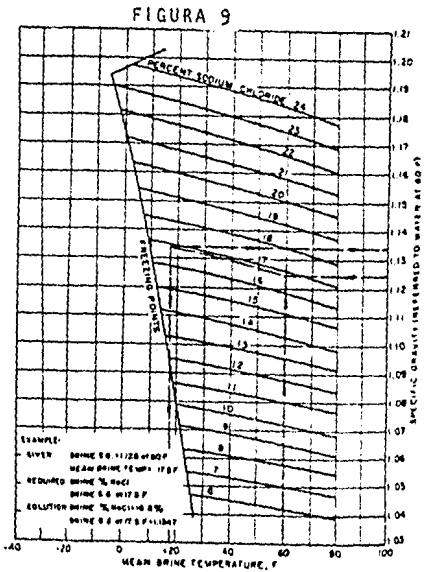


FIGURA 8 Specific Heat of Sodium Chloride Brine¹



Thermal Conductivity of Calcium Chloride Brine¹



Specific Gravity of Sodium Chloride Brine¹

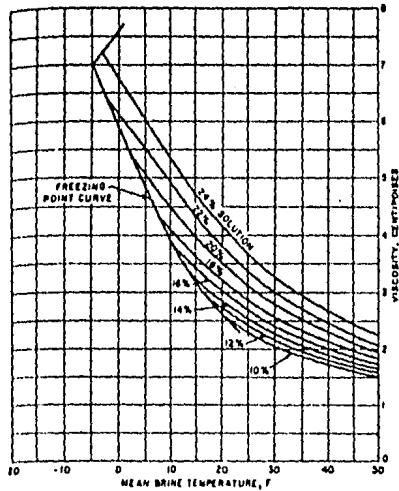
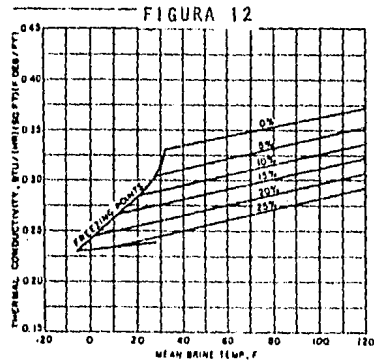


FIGURA 11 Viscosity of Sodium Chloride Brine¹



Thermal Conductivity of Sodium Chloride Brine¹

TABLA 10 Propiedades de la salmuera de cloruro de sodio puro

Na Cl pura % por peso	Gravedad especifica 59 F 39 F	Densidad Baumé ² 60 F	Calor especifico 59 F Btu/lb grado F	Incrso de la entalpia de fusión F	Peso por galón			Peso por pie cúbico		
					Na Cl lb/galón	Agua lb/galón	Salmuera lb/galón	Na Cl lb/pe cúbico	Agua lb/pe cúbico	Salmuera lb/pe cúbico
0	1.000	0.0	1.000	32.0	0.000	8.34	8.34	0.000	62.40	62.4
3	1.035	5.1	0.938	27.0	0.432	8.22	8.65	3.230	61.37	64.6
6	1.043	6.1	0.927	25.5	0.523	8.19	8.71	3.506	61.19	65.1
7	1.050	7.0	0.917	24.0	0.613	8.15	8.76	4.585	60.91	65.6
8	1.057	8.0	0.907	23.2	0.706	8.11	8.82	5.240	60.72	66.0
9	1.065	9.0	0.897	21.8	0.800	8.09	8.89	5.985	60.51	66.5
10	1.072	10.1	0.888	20.4	0.895	8.05	8.95	6.690	60.21	66.9
11	1.080	10.8	0.879	18.5	0.992	8.01	9.02	7.314	59.99	67.4
12	1.087	11.8	0.870	17.2	1.090	7.99	9.08	8.116	59.66	67.8
13	1.095	12.7	0.862	15.5	1.188	7.95	9.14	8.879	59.42	68.3
14	1.103	13.6	0.854	13.9	1.291	7.93	9.22	9.632	59.17	68.8
15	1.111	14.5	0.847	12.0	1.392	7.89	9.28	10.195	58.90	69.3
16	1.118	15.4	0.840	10.2	1.493	7.84	9.33	11.108	58.63	69.8
17	1.125	16.3	0.833	8.2	1.598	7.80	9.40	11.951	58.36	70.3
18	1.134	17.2	0.826	6.1	1.705	7.76	9.47	12.714	58.06	70.8
19	1.142	18.1	0.819	4.0	1.813	7.73	9.54	13.547	57.75	71.3
20	1.150	19.0	0.813	+ 1.8	1.920	7.68	9.60	14.360	57.44	71.8
21	1.158	19.9	0.807	- 0.8	2.031	7.64	9.67	15.153	57.12	72.3
22	1.166	20.8	0.802	- 3.0	2.143	7.60	9.74	16.010	56.78	72.8
23	1.175	21.7	0.796	- 6.0	2.256	7.55	9.81	16.851	56.45	73.3
24	1.183	22.5	0.791	+ 3.8	2.371	7.51	9.88	17.712	56.09	73.8
25	1.191	23.4	0.786	+ 16.1	2.488	7.46	9.95	18.575	55.72	74.3
25.2	1.200			+ 32.0						

De ASRE Data Book, Design Volume, Edición 1957-1958, con permiso de The American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers.

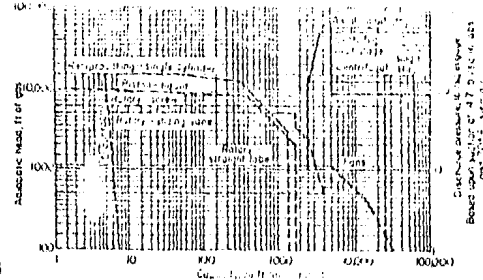
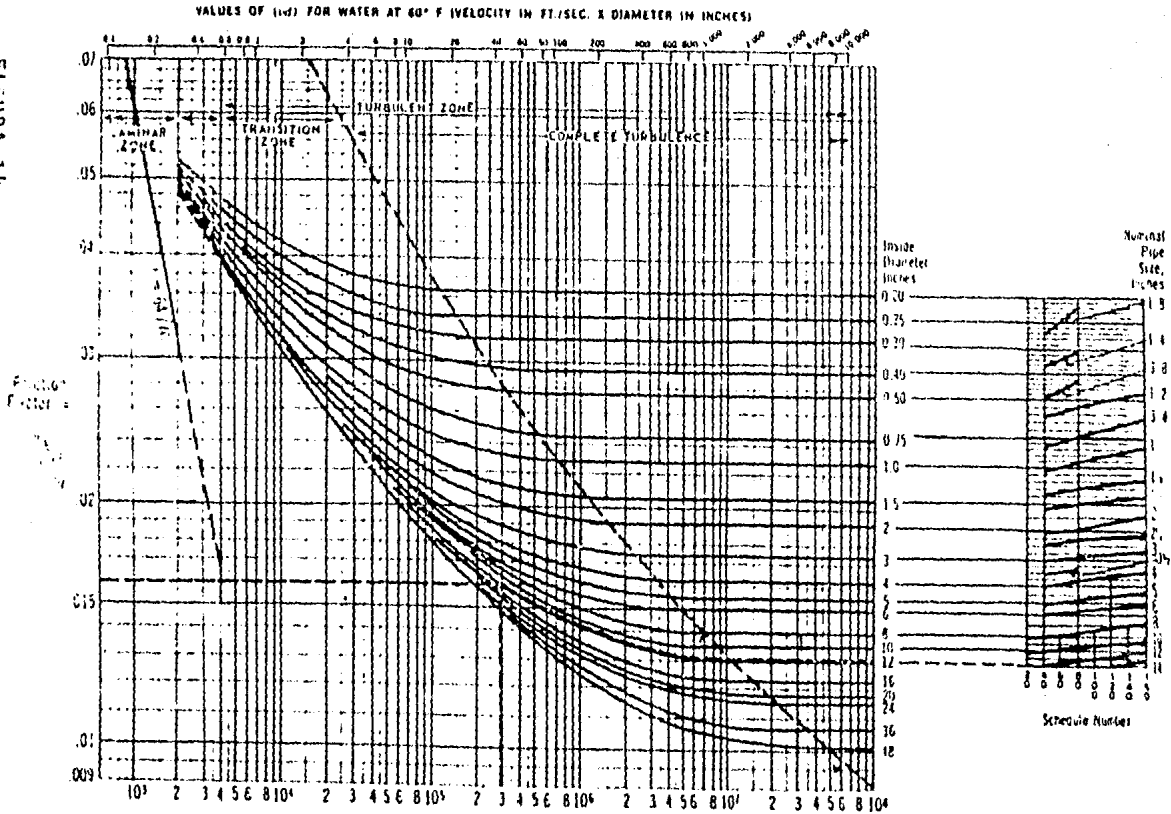


FIGURA 13

Comparison coverage that shows normal range of operation of the common refrigerant types shown. Solid lines are low-pressure, broken lines are high-pressure.

FIGURA 14



$R = \text{Reynolds Number} = \frac{Dv\rho}{\mu}$

For other forms of the R equation, see page 1-2.

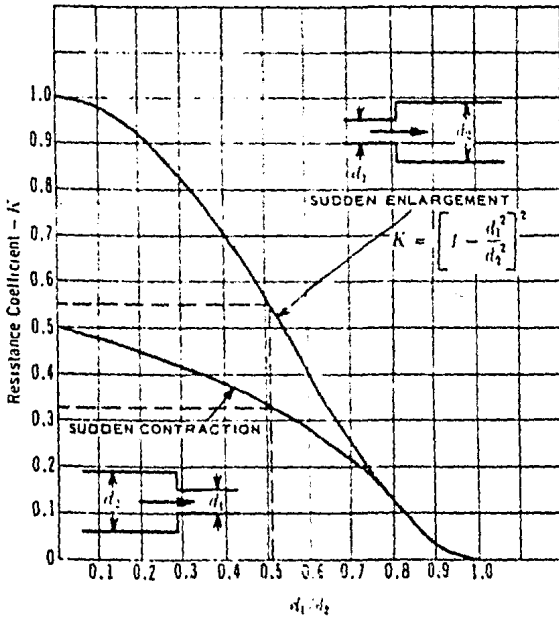
Problem: Determine the friction factor for 1/2-inch Schedule 40 pipe at a flow having a Reynolds number of 100,000.

Solution: The friction factor (f) equals 0.016.

Friction Factors for Clean Commercial Steel and Wrought Iron Pipes

Resistance in Pipe

Resistance Due to Sudden Enlargements and Contractions²⁰



Sudden enlargement: The resistance coefficient K for a sudden enlargement from 6-inch Schedule 40 pipe to 12-inch Schedule 40 pipe is 0.55, based on the 6-inch pipe size.

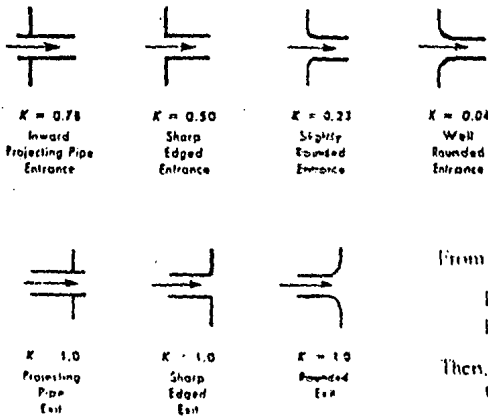
$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{6.065}{11.938} = 0.51$$

Sudden contraction: The resistance coefficient K for a sudden contraction from 12-inch Schedule 40 pipe to 6-inch Schedule 40 pipe is 0.33, based on the 6-inch pipe size.

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{6.065}{11.938} = 0.51$$

Note: The values for the resistance coefficient, K , are based on velocity in the small pipe. To determine K values in terms of the greater diameter, multiply the chart values by $(d_2/d_1)^4$.

Resistance Due to Pipe Entrance and Exit



Problem: Determine the total resistance coefficient for a pipe one diameter long having a sharp edged entrance and a sharp edged exit.

Solution: The resistance of pipe one diameter long is small and can be neglected ($K = fL/D$).

From the diagrams, note:

- Resistance for a sharp edged entrance = 0.5
- Resistance for a sharp edged exit = 1.0

Then, the total resistance, K , for the pipe = 1.5

FIGURE 15

TABLE 11 Schedule (Thickness) of Steel Pipe Used in Obtaining Resistance Of Valves and Fittings of Various Pressure Classes by Test*

Valve or Fitting ANSI Pressure Classification Steam Rating	(Cold Rating)	Schedule No. of Pipe Thickness
250-Pound and Lower	500 psig	Schedule 40
300-Pound to 600-Pound	1440 psig	Schedule 80
900-Pound	2160 psig	Schedule 120
1500-Pound	3600 psig	Schedule 160
1500-Pound	6000 psig	xx (Double Extra Strong)
8" and larger	3600 psig	Schedule 160

*These schedule numbers have been arbitrarily selected only for the purpose of identifying the various pressure classes of valves and fittings with specific pipe dimensions for the interpretation of flow test data, they should not be construed as a recommendation for installation purposes.

**Representative Equivalent Length¹ in Pipe Diameters (L/D)
Of Various Valves and Fittings**

Description of Product			Equivalent Length in Pipe Diameters (L/D)
Globe Valves	Stem Perpendicular to Run	With no obstruction in flat, bevel, or plug type seat	Fully open 340
		With wing or pin guided disc	Fully open 450
	Y-Pattern	(No obstruction in flat, bevel, or plug type seat)	
		With stem 40 degrees from run of pipe line	Fully open 175
		With stem 45 degrees from run of pipe line	Fully open 145
Angle Valves	With no obstruction in flat, bevel, or plug type seat	Fully open 145	
	With wing or pin guided disc	Fully open 200	
Gate Valves	Wedge Disc, Double Disc, or Plug Disc	Fully open	13
		Three-quarters open	35
	Pulp Stock	One-half open	160
		One-quarter open	900
Conduit Pipe Line Gate, Ball, and Plug Valves		Fully open	17
		Three-quarters open	50
		One-half open	260
		One-quarter open	1200
Check Valves	In-Line Ball	Fully open	3**
		0.51 Fully open	135
		0.51 Fully open	50
		2.01 Fully open	Same as Globe
		2.01 Fully open	Same as Angle
Foot Valves with Strainer	2.5 vertical and 0.25 horizontal	Fully open	150
		With poppet lift-type disc	0.11 Fully open 420
Butterfly Valves (8-inch and larger)		With leather-hinged disc	0.41 Fully open 75
		Fully open	40
Cocks	Straight-Through	Rectangular plug port area equal to 100% of pipe area	Fully open 18
		Three-Way	Rectangular plug port area equal to 80% of pipe area (fully open)	Flow straight through 44 Flow through branch 140
Fittings	90 Degree Standard Elbow		30
	45 Degree Standard Elbow		16
	90 Degree Long Radius Elbow		20
	90 Degree Street Elbow		50
	45 Degree Street Elbow		26
	Square Corner Elbow		57
	Standard Tee	With flow through run With flow through branch	20 60
Close Pattern Return Bend		50	
Pipe	90 Degree Pipe Bends		See Page A-27
	Miter Bends		See Page A-27
	Sudden Enlargements and Contractions		See Page A-26
	Entrance and Exit Losses		See Page A-26

**Exact equivalent length is equal to the length between flange faces or wing ends

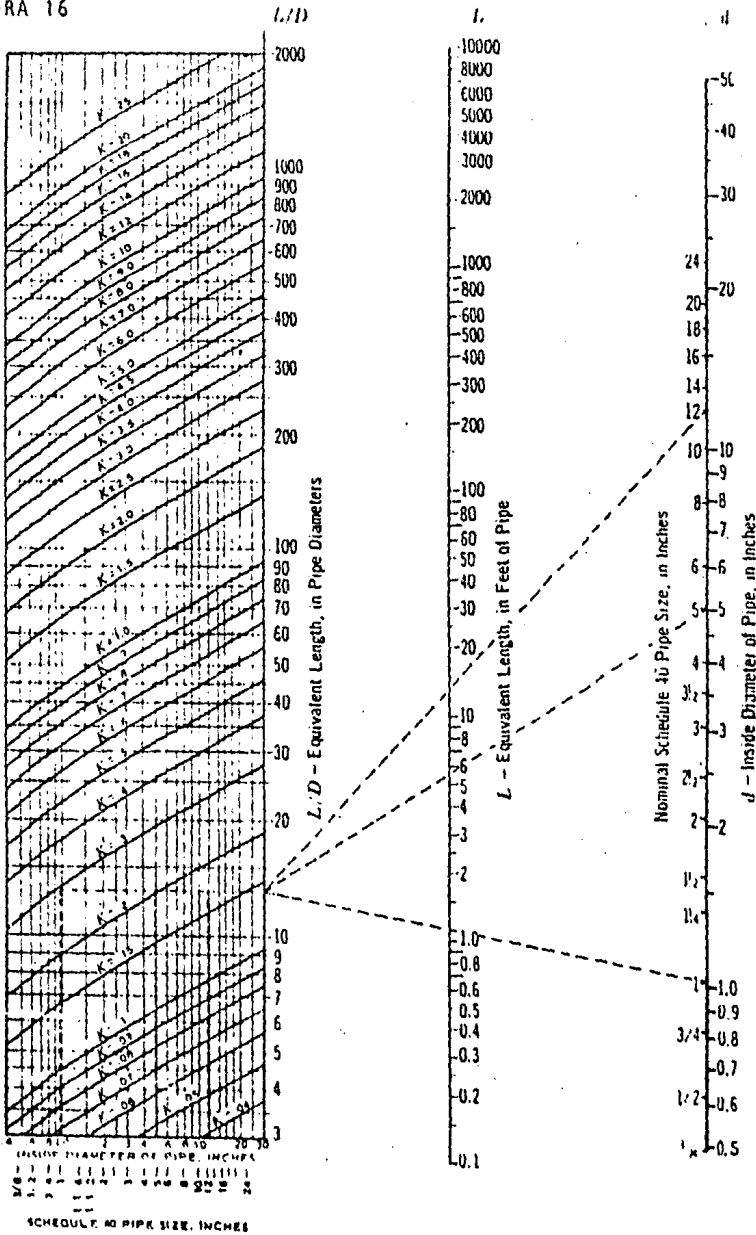
¹Minimum calculated pressure drop (psid) across valve to provide sufficient flow to lift disc fully

²Flow limitations see page 2-11. For effect of end connections see page 2-10

For resistance factor "K", equivalent length in feet of pipe, and equivalent flow coefficient "C", see pages A-31 and A-32

Equivalent Lengths L and L/D and Resistance Coefficient K

FIGURA 16



SCHEDULE 40 PIPE SIZE, INCHES

Problem: Find the equivalent length in pipe diameters and feet of Schedule 40 pipe and the resistance factor K for 1", 4" and 12-inch fully opened gate valves.

*For limitations, see page 3-11

Solution

Valve Size	1"	4"	12"	Refer to
Equivalent length, pipe diameters	1.1	1.1	1.1	Page A-10
Equivalent length, feet of Sched. 40 pipe	1.1	5.5	11	Dotted lines on chart
Resist. factor K , based on Sched. 40 pipe	0.30	0.20	0.17	

TABLE 12 Power Required for Pumping

Theoretical Horsepower Required to Raise Water (at 60 F)
To Different Heights

Gals. per Min.	5 feet	10 feet	15 feet	20 feet	25 feet	30 feet	35 feet	40 feet	45 feet	50 feet	60 feet	70 feet	80 feet	90 feet	100 feet
5	0.006	0.013	0.019	0.025	0.032	0.038	0.044	0.051	0.057	0.063	0.076	0.088	0.101	0.114	0.126
10	0.013	0.025	0.038	0.051	0.063	0.076	0.088	0.101	0.114	0.126	0.152	0.177	0.202	0.227	0.253
15	0.019	0.038	0.057	0.076	0.095	0.114	0.133	0.152	0.171	0.190	0.227	0.265	0.303	0.341	0.379
20	0.025	0.051	0.076	0.101	0.126	0.152	0.177	0.202	0.227	0.253	0.303	0.354	0.404	0.455	0.505
25	0.032	0.063	0.095	0.126	0.158	0.190	0.221	0.253	0.284	0.316	0.379	0.442	0.505	0.568	0.632
30	0.038	0.076	0.114	0.152	0.190	0.227	0.265	0.303	0.341	0.379	0.455	0.531	0.606	0.682	0.758
35	0.044	0.088	0.133	0.177	0.221	0.265	0.310	0.354	0.398	0.442	0.531	0.619	0.707	0.796	0.884
40	0.051	0.101	0.152	0.202	0.253	0.303	0.354	0.404	0.455	0.505	0.606	0.707	0.808	0.910	1.011
45	0.057	0.114	0.171	0.227	0.284	0.341	0.398	0.455	0.512	0.568	0.682	0.796	0.910	1.023	1.137
50	0.063	0.126	0.190	0.253	0.316	0.379	0.442	0.505	0.568	0.632	0.758	0.884	1.011	1.137	1.263
60	0.076	0.152	0.227	0.303	0.379	0.455	0.531	0.606	0.682	0.758	0.910	1.061	1.213	1.364	1.516
70	0.088	0.177	0.265	0.354	0.442	0.531	0.619	0.707	0.796	0.884	1.061	1.238	1.415	1.592	1.768
80	0.101	0.202	0.303	0.404	0.505	0.606	0.707	0.808	0.910	1.011	1.213	1.415	1.617	1.819	2.021
90	0.114	0.227	0.341	0.455	0.568	0.682	0.796	0.910	1.023	1.137	1.364	1.592	1.819	2.046	2.274
100	0.126	0.253	0.379	0.505	0.632	0.758	0.884	1.011	1.137	1.263	1.516	1.768	2.021	2.274	2.526
125	0.158	0.316	0.474	0.632	0.790	0.947	1.105	1.263	1.421	1.579	1.895	2.211	2.526	2.842	3.158
150	0.190	0.379	0.568	0.758	0.947	1.137	1.326	1.516	1.705	1.895	2.274	2.653	3.032	3.411	3.790
175	0.221	0.442	0.663	0.884	1.105	1.326	1.547	1.768	1.990	2.211	2.653	3.095	3.537	3.979	4.421
200	0.253	0.505	0.758	1.011	1.263	1.516	1.768	2.021	2.274	2.526	3.032	3.537	4.042	4.548	5.053
250	0.316	0.632	0.947	1.263	1.579	1.895	2.211	2.526	2.842	3.158	3.790	4.421	5.053	5.684	6.316
300	0.379	0.758	1.137	1.516	1.895	2.274	2.653	3.032	3.411	3.790	4.548	5.305	6.063	6.821	7.579
350	0.442	0.884	1.326	1.768	2.211	2.653	3.095	3.537	3.979	4.421	5.305	6.190	7.074	7.958	8.842
400	0.505	1.011	1.516	2.021	2.526	3.032	3.537	4.042	4.548	5.053	6.063	7.074	8.084	9.095	10.11
500	0.632	1.263	1.895	2.526	3.158	3.790	4.421	5.053	5.684	6.316	7.579	8.842	10.11	11.37	12.63

Gals. per Min.	125 feet	150 feet	175 feet	200 feet	250 feet	300 feet	350 feet	400 feet
5	0.158	0.190	0.221	0.253	0.316	0.379	0.442	0.505
10	0.316	0.379	0.442	0.505	0.632	0.758	0.884	1.011
15	0.474	0.568	0.663	0.758	0.947	1.137	1.326	1.516
20	0.632	0.758	0.884	1.011	1.263	1.516	1.768	2.021
25	0.790	0.947	1.105	1.263	1.579	1.895	2.211	2.526
30	0.947	1.137	1.326	1.516	1.895	2.274	2.653	3.032
35	1.105	1.326	1.547	1.768	2.211	2.653	3.095	3.537
40	1.263	1.516	1.768	2.021	2.526	3.032	3.537	4.042
45	1.421	1.705	1.990	2.274	2.842	3.411	3.979	4.548
50	1.579	1.895	2.211	2.526	3.158	3.790	4.421	5.053
60	1.895	2.274	2.653	3.032	3.790	4.548	5.305	6.063
70	2.211	2.653	3.095	3.537	4.421	5.305	6.190	7.074
80	2.526	3.032	3.537	4.042	5.053	6.063	7.074	8.084
90	2.842	3.411	3.979	4.548	5.684	6.821	7.958	9.095
100	3.158	3.790	4.421	5.053	6.316	7.579	8.842	10.11
125	3.948	4.737	5.527	6.316	7.895	9.474	11.05	12.63
150	4.737	5.684	6.631	7.579	9.474	11.37	13.26	15.16
175	5.527	6.632	7.717	8.842	11.05	13.26	15.17	17.68
200	6.316	7.579	8.842	10.11	12.63	15.16	17.68	20.21
250	7.895	9.474	11.05	12.63	15.79	18.95	22.11	25.26
300	9.474	11.37	13.26	15.16	18.95	22.74	26.53	30.32
350	11.05	13.26	15.47	17.68	22.11	26.53	30.95	35.37
400	12.63	15.16	17.68	20.21	25.26	30.32	35.37	40.42
500	15.79	18.95	22.11	25.26	31.58	37.90	44.21	50.53

$HORSEPOWER = \frac{Q \cdot H}{33000}$ ft-lb/min
 $= \frac{Q \cdot H}{330}$ ft-lb/sec
 $= \frac{Q \cdot H}{2544.48}$ Btu/hr
 $= \frac{Q \cdot H}{745.7}$ watts
 $(whp) = \frac{QH}{33000} = \frac{QP}{2544}$
 $(bhp) = (whp) \div e_p = \frac{QH}{2544 e_p}$
 $(e_p) = \frac{QH}{2544 (bhp)}$
 where whp = water horsepower
 H = pump head in feet
 bhp = brake horsepower
 e_p = pump efficiency
 Overall efficiency (e_o) takes into account all losses in the pump and driver

$e_o = e_p \cdot e_m \cdot e_v$
 e_o = overall efficiency
 e_m = transmission efficiency
 e_v = volumetric efficiency
 Q_p = actual pump displacement (ft³/min)
 Q = theoretical pump displacement (ft³/min)

Note: For fluids other than water, multiply table values by specific gravity. In pumping liquids with a viscosity considerably higher than that of water, the pump capacity and head are reduced. To calculate the horsepower for such fluids, pipe friction head must be added to the elevation head to obtain the total head; this value is inserted in the first horsepower equation given above.

Specific gravity of water... page A 6
 Specific gravity of liquids other than water... page A 7

TABLE 13

Flow of Water Through Schedule 40 Steel Pipe

Pressure Drop per 100 feet and Velocity in Schedule 40 Pipe for Water at 60 F.

Cathodic Protection	Discharge Gals Per Hour	Velocity		Press. Drop		Velocity		Press. Drop		Velocity		Press. Drop		Velocity		Press. Drop		
		Feet Per Second	Fps	Lbs Per Sq In	Lbs Per Sq In	Feet Per Second	Fps	Lbs Per Sq In	Lbs Per Sq In	Feet Per Second	Fps	Lbs Per Sq In	Lbs Per Sq In	Feet Per Second	Fps	Lbs Per Sq In	Lbs Per Sq In	
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"
1	0.000446	1.11	1.85	0.046	0.159													
3	0.000669	1.66	4.22	0.024	0.901	0.004	0.159	0.117	0.0611	3/4"								
6	0.000991	2.26	8.98	1.21	1.61	0.072	0.145	0.427	0.066									
9	0.00119	2.82	10.5	1.36	2.39	0.080	0.139	0.528	0.167	0.001								
12	0.00138	3.39	14.7	1.81	3.39	0.072	0.251	0.641	0.240	0.001								
15	0.00157	4.22	15.0	1.46	5.48	1.04	1.28	0.844	0.408	0.081	0.102							
18	0.00173	5.05	17.2	1.08	8.28	1.18	1.85	1.06	0.600	0.042	0.155	0.171	0.008					1 1/4"
21	0.00188	5.88	156.4	0.10	10.1	1.16	6.58	2.11	2.10	1.20	0.526	0.243	0.184	0.420	0.044			
24	0.00204	6.71		0.23	64.1	1.01	11.9	1.27	4.11	1.01	0.93	1.114	0.136	0.644	0.090	0.421		0.013
3	0.000991	2.26		12.13	111.2	0.72	23.9	4.21	7.42	2.41	1.83	1.55	0.505	0.898	0.150	0.610		0.071
6	0.001337	0.574	0.044	2 1/2"	10.08	31.9	6.33	15.8	1.01	3.84	2.22	1.17	1.29	0.109	0.940			0.148
9	0.001782	0.705	0.073		14.44	91.1	8.45	27.7	4.81	6.60	2.97	1.99	1.77	0.518	1.26			0.241
12	0.002128	0.936	0.104	3"	0.046		10.10	42.4	6.02	9.90	3.21	2.99	2.15	0.774	1.56			0.261
15	0.002331	1.41	0.224	0.1	0.094		9.03	21.6	5.17	6.36	3.12	3.63	2.52	1.83	2.17			0.753
18	0.004556	1.91	0.375	1.04	0.150	0.068	12.03	37.8	7.45	10.9	4.29	4.78	3.78	2.78	1.16			1.18
21	0.005370	2.19	0.561	1.08	0.214	0.083	0.812	0.094		1.24	16.7	1.17	4.22	1.04				1.93
30	0.006864	2.85	0.786	1.01	0.327	0.104	0.114	0.074	0.056	11.14	23.9	6.44	5.92	4.71	2.72			3.64
35	0.07398	1.15	1.05	1.15	0.438	0.11	0.151	0.11	0.082	0.041	12.00	31.2	7.51	7.90	5.11			5.64
40	0.09412	1.81	1.35	1.08	0.538	0.14	0.192	0.10	0.095	0.01	0.052	13.85	8.93	10.24	6.10			4.88
45	0.1093	1.40	1.67	1.02	0.668	0.15	0.239	0.10	0.117	1.13	0.064		0.67	12.00	7.01			5.85
50	0.1184	1.78	2.03	1.15	0.819	0.17	0.288	0.12	0.143	1.21	0.078		10.74	15.86	7.88			7.15
60	0.1317	2.74	2.82	1.02	1.19	0.20	0.406	0.15	0.205	1.11	0.107		11.80	21.1	11.42			10.31
70	0.1500	3.20	3.84	1.07	1.58	0.20	0.540	0.27	0.261	1.26	0.143	1.12	0.067		11.05			13.71
80	0.1741	3.65	4.97	1.16	2.01	0.21	0.697	0.40	0.334	2.02	0.190	1.28	0.082		12.62			17.59
90	0.2105	4.40	6.20	1.01	2.53	0.21	0.861	0.52	0.416	2.27	0.224	1.13	0.094		14.10			22.0
100	0.2118	5.16	7.59	1.70	3.09	0.33	1.05	1.25	0.509	2.12	0.272	1.00	0.094	1.11	0.016	15.78		26.9
125	0.2785	11.97	11.76	8.18	4.71	1.41	1.46	0.769	1.15	0.415	2.01	0.150	1.19	0.055	19.71			41.4
150	0.3342	14.16	16.70	10.01	6.99	1.51	2.24	0.87	1.08	0.500	2.41	0.190	1.07	0.077				
175	0.3890	16.25	13.11	19.58	8.87	2.60	3.00	1.08	1.44	0.41	0.274	2.61	0.153	1.94	0.101			
200	0.4438	19.14	28.0	14.12	11.68	2.68	3.87	1.15	1.85	0.64	0.985	3.21	0.313	2.22	0.130			
225	0.5013			15.09	14.63	0.27	4.83	2.10	2.32	0.77	1.23	1.61	0.401	2.50	0.162	1.41		0.043
250	0.557				16.81	0.12	2.94	6.10	1.42	4.05	1.36	1.61	0.485	2.78	0.185	1.90		0.751
275	0.6117				19.04	2.14	4.93	3.40	1.79	4.43	0.583	1.05	0.134	3.05	0.216	1.65		0.061
300	0.6664				21.00	8.16	6.24	4.02	2.56	2.11	0.80	0.687	1.13	0.275	1.92			0.071
325	0.7211				24.12	9.89	10.51	4.09	3.19	2.47	1.21	0.793	1.61	0.310	2.08			0.083
350	0.7768																	0.095
375	0.8335																	0.108
400	0.8912																	0.121
425	0.9499																	0.136
450	1.001																	0.151
475	1.059		0.054															0.166
500	1.114		0.059															0.182
550	1.215		0.071															0.218
600	1.317		0.081															0.258
650	1.448		0.092															0.301
700	1.540		0.111	0.01	0.087													0.343
750	1.671		0.127	0.15	0.085													0.393
800	1.821		0.143	2.09	0.061													0.443
850	1.894		0.160	2.44	0.061	2.01	0.612											0.497
900	2.065		0.179	2.58	0.075	2.12	0.947											0.548
950	2.117		0.196	2.72	0.083	2.25	0.652											0.613
1000	2.224		0.210	2.87	0.091	2.37	0.857											0.675
1100	2.451		0.260	3.11	0.110	2.61	0.688											0.807
1200	2.674		0.306	3.48	0.128	2.85	0.100	2.18	0.942									0.948
1300	2.896		0.352	3.77	0.150	3.08	0.091	2.16	0.948									1.11
1400	3.119		0.400	4.01	0.171	3.12	0.107	2.14	0.853									1.29
1500	3.342		0.446	4.10	0.193	3.26	0.122	2.72	0.961									1.46
1600	3.565		0.491	4.09	0.218	2.79	0.138	0.909	0.071									1.60
1700	3.788		0.538	5.10	0.246	2.27	0.172	2.27	0.088	2.18	0.050							1.78
2000	4.456		0.808	5.71	0.339	4.74	0.209	1.61	0.107	2.87	0.060							2.38
2500	5.570		1.34	7.12	0.515	4.93	0.323	4.14	0.153	1.99	0.090							3.94
3000	6.694		1.76	8.60	0.711	7.11	0.453	5.45	0.232	4.10	0.124	1.46	0.078					5.40
3500	7.798		2.18	10.01	0.942	8.00	0.60	6.10	0.312	5.02	0.173	1.01	0.101					7.36
4000	8.812		2.60	11.47	1.27	9.67	0.789	7.15	0.401	6.24	0.232	1.62	0.129	1.19	0.081	2.15		9.40
4500	10.03		3.07	12.98	1.60	10.67	0.990	8.17	0.503	6.45	0.260	1.62	0.149	1.59	0.083	2.87		12.2
5000	11.14		3.71	14.11	1.95	11.11	1.21	1.08	0.617	7.17	0.340	1.77	0.199	1.99	0.079			
6000	13.17		6.24	15.20	2.77	14.71	1.71	10.89	0.877	8.81	0.481	2.29	0.111					
7000	15.40		9.11	16.01	3.78	16.40	2.31	12.21	1.18	10.73	0.652	2.80	0.126	1.97				
8000	17.47		12.55	16.81	4.88	18.96	2.90	13.57	1.51	11.47	0.839	3.31	0.140	1.68				
9000	19.05		16.55	17.61	6.09	21.44	3.76	16.11	1.90	12.91	1.05	10.19	0.155	1.48				
10000	21.24		19.65	2.46	21.71	4.												

TABLA 14 DATOS DE TUBOS PARA CONDENSADORES
E INTERCAMBIADORES DE CALOR

Tubo DE, plg.	BWG	Espesor de la pared,	DI, plg	Area de flujo por tubo, plg ²	Superficie por pie lin. pies ²		Peso por pie lineal, lb. de acero		
					Exterior	Interior			
1/2	12	0.109	0.982	0.0025	0.1309	0.0748	0.493		
	14	0.083	0.544	0.0870		0.0871	0.363		
	16	0.065	0.379	0.1076		0.0900	0.329		
	18	0.049	0.302	0.127		0.1052	0.258		
20	0.035	0.330	0.145	0.145	0.195				
3/4	10	0.134	0.482	0.182	0.1903	0.1203	0.505		
	11	0.120	0.510	0.201		0.1355	0.584		
	12	0.109	0.532	0.223		0.1393	0.517		
	13	0.095	0.560	0.247		0.1466	0.727		
	14	0.083	0.581	0.268		0.1629	0.617		
	15	0.072	0.606	0.289		0.1587	0.571		
	16	0.065	0.629	0.302		0.1623	0.520		
	17	0.048	0.631	0.314		0.1660	0.469		
18	0.049	0.652	0.334	0.1707	0.401				
1	8	0.165	0.070	0.355	0.2018	0.1754	1.01		
	9	0.148	0.701	0.389		0.1843	1.47		
	10	0.134	0.732	0.421		0.1916	1.30		
	11	0.120	0.759	0.455		0.1990	1.23		
	12	0.109	0.782	0.479		0.2048	1.14		
	13	0.095	0.810	0.516		0.2121	1.00		
	14	0.083	0.831	0.546		0.2189	0.890		
	15	0.072	0.856	0.576		0.2244	0.781		
	16	0.065	0.870	0.591		0.2277	0.710		
	17	0.058	0.881	0.613		0.2314	0.639		
	18	0.049	0.902	0.639		0.2361	0.645		
	1 1/2	8	0.185	0.920		0.605	0.3271	0.2409	2.09
		9	0.148	0.951		0.711		0.2498	1.91
		10	0.134	0.982		0.757		0.2572	1.75
11		0.120	1.01	0.800	0.2644	1.58			
12		0.109	1.03	0.840	0.2701	1.45			
13		0.095	1.00	0.881	0.2775	1.28			
14		0.083	1.08	0.923	0.2800	1.13			
15		0.072	1.11	0.963	0.2806	0.981			
16	0.065	1.12	0.985	0.2932	0.900				
17	0.058	1.13	1.01	0.2969	0.808				
18	0.049	1.15	1.01	0.3016	0.688				
1 3/4	8	0.095	1.17	1.075	0.3926	0.3063	2.57		
	9	0.118	1.20	1.14		0.3152	2.31		
	10	0.134	1.23	1.19		0.3235	2.14		
	11	0.120	1.26	1.25		0.3299	1.98		
	12	0.109	1.28	1.29		0.3356	1.77		
	13	0.095	1.31	1.35		0.3400	1.55		
	14	0.083	1.33	1.40		0.3432	1.27		
	15	0.072	1.26	1.41		0.3555	1.20		
	16	0.065	1.37	1.47		0.3587	1.00		
	17	0.058	1.38	1.50		0.3653	0.978		
	18	0.049	1.40	1.51		0.3670	0.831		

TABLA 15 DIMENSIONES DE TUBERIA DE ACERO (IPS)

Tamaño nominal del tubo, IPS plg.	DE, plg	Cédula No.	DI, plg	Arca de flujo por tubo, plg ²	Superficie por pie lineal, pies ² /pie		Peso por pie lineal, lb de acero
					Exterior	Interior	
1/2	0.405	40*	0.280	0.058	0.100	0.070	0.25
			0.215	0.030	0.050	0.032	0.32
3/4	0.540	40*	0.361	0.101	0.141	0.095	0.43
			0.302	0.072	0.079	0.079	0.54
1	0.675	40*	0.403	0.102	0.177	0.120	0.57
			0.323	0.141	0.111	0.111	0.71
1 1/2	0.840	40*	0.422	0.304	0.220	0.103	0.85
			0.510	0.235	0.193	0.193	1.09
2	1.05	40*	0.824	0.534	0.276	0.216	1.13
			0.742	0.432	0.194	0.194	1.48
3	1.32	40*	1.010	0.804	0.344	0.274	1.68
			0.957	0.718	0.250	0.250	2.17
1 1/2	1.06	40*	1.380	1.50	0.435	0.302	2.28
			1.278	1.28	0.335	0.335	3.00
1 3/4	1.00	40*	1.010	2.04	0.408	0.422	2.72
			1.500	1.70	0.303	0.303	3.61
2	2.38	40*	2.097	3.35	0.622	0.542	3.60
			1.030	2.05	0.508	0.508	5.03
2 1/2	2.88	40*	2.469	4.70	0.753	0.617	5.80
			2.323	4.23	0.609	0.609	7.67
3	3.50	40*	3.008	7.38	0.917	0.804	7.58
			2.900	6.01	0.760	0.760	10.3
4	4.50	40*	4.026	12.7	1.178	1.055	10.8
			3.820	11.5	1.002	1.002	15.0
6	0.025	40*	0.005	28.0	1.734	1.800	19.0
			6.701	20.1	1.610	1.610	28.0
8	8.025	40*	7.081	50.0	2.258	2.090	28.6
			7.025	45.7	2.000	2.000	43.4
10	10.75	40*	10.02	78.8	2.814	2.02	40.5
			9.75	74.0	2.65	2.65	64.8
12	12.75	30	12.00	115	3.398	3.17	43.8
			11.0	108	3.005	3.47	51.0
16	16.0	30	15.25	183	4.189	4.00	62.0
			18.0	201	4.712	4.52	72.7
20	20.0	20	19.25	201	5.230	5.05	78.0
			22.0	201	6.747	5.50	84.0
24	24.0	20	23.25	425	8.283	8.00	94.7

* Condimento conocido como estándar.

† Condimento conocido como extragrueso.

‡ Aproximadamente.

TABLA 16

Commercial Wrought Steel Pipe Data

Schedule Wall Thickness--Per ASA B36.10-1950

Nominal Pipe Size	Outside Diameter	Thickness	Inside Diameter		Inside Diameter Functions (In Inches)				Transverse Internal Area		
			<i>d</i>	<i>D</i>	<i>d</i> ²	<i>d</i> ⁴	<i>d</i> ⁶	<i>d</i> ⁸	<i>A</i>	<i>A</i>	
			Inches	Feet	Sq. In.	Sq. Ft.	Sq. In.	Sq. Ft.			
Schedule 10	14	0.250	13.5	1.125	182.25	246.4	33215.	448409.	143.14	0.994	
	16	0.250	15.5	1.291	240.25	3723.9	57720.	894660.	188.69	1.310	
	18	0.250	17.5	1.458	306.25	5159.4	91789.	1641309.	240.53	1.670	
	20	0.250	19.5	1.625	380.25	7414.9	144590.	2819500.	298.65	2.074	
	24	0.250	23.5	1.958	552.25	12977.	304960.	7167030.	433.74	3.012	
	30	0.312	29.376	2.448	862.95	25350.	744288.	21664218.	677.76	4.707	
Schedule 20	8	0.625	8.125	0.6771	66.02	536.38	4359.3	35409.	51.85	0.3601	
	10	0.250	10.25	0.8542	105.06	1076.9	11038.	113141.	82.52	0.5731	
	12	0.250	12.25	1.021	150.06	1838.3	22518.	175855.	117.86	0.8185	
	14	0.312	13.376	1.111	178.92	2393.2	32012.	438185.	140.52	0.9758	
	16	0.312	15.376	1.281	236.42	3635.2	55894.	859442.	185.69	1.290	
	18	0.312	17.376	1.448	301.92	5246.3	91156.	1581978.	237.13	1.647	
Schedule 30	8	0.277	8.071	0.6226	65.14	525.75	4243.2	34248.	51.16	0.3553	
	10	0.107	10.136	0.8442	102.74	1041.4	10555.	106997.	80.69	0.5603	
	12	0.110	12.09	1.0075	146.17	1767.2	21366.	258104.	114.80	0.7972	
	14	0.125	13.25	1.1042	175.56	2326.2	30821.	403394.	137.88	0.9575	
	16	0.125	15.25	1.2708	232.56	3546.6	54084.	834801.	182.65	1.268	
	18	0.148	17.124	1.4270	293.23	5021.3	85984.	1472397.	230.30	1.599	
Schedule 40	8	0.500	19.000	1.5833	361.00	6859.0	130321.	2476099.	383.53	1.969	
	10	0.562	22.876	1.9963	523.31	11971.	273853.	6264703.	411.00	2.854	
	12	0.625	28.75	2.3958	826.56	23764.	683201.	19642160.	649.18	4.308	
	14	0.675	0.091	0.493	0.0411	0.2430	0.1198	0.05905	0.02912	0.191	0.00133
	16	0.840	0.109	0.622	0.0518	0.3869	0.2406	0.1497	0.09310	0.304	0.00211
	18	1.050	0.113	0.824	0.0682	0.629	0.5595	0.4610	0.3799	0.533	0.00371
Schedule 60	1	1.315	0.133	1.049	0.0874	1.100	1.154	1.210	1.270	0.864	0.00600
	1 1/4	1.660	0.140	1.380	0.1150	1.904	2.628	3.625	5.005	1.495	0.01040
	1 1/2	1.900	0.145	1.610	0.1342	2.592	4.173	6.718	10.82	2.036	0.01474
	2	2.375	0.154	2.067	0.1722	4.272	8.831	18.250	37.72	3.355	0.02330
	2 1/2	2.875	0.201	2.469	0.2057	6.096	15.051	37.161	91.75	4.788	0.0332
	3	3.500	0.216	3.068	0.2557	9.413	28.878	88.605	271.8	7.393	0.05130
Schedule 80	3 1/2	4.000	0.226	3.548	0.2957	12.59	44.663	158.51	562.2	9.886	0.06870
	4	4.500	0.237	4.026	0.3355	16.21	65.256	262.76	1058.	12.730	0.08840
	5	5.563	0.258	5.047	0.4206	22.47	128.56	648.72	3375.	20.006	0.1390
	6	6.625	0.280	6.065	0.5054	36.78	223.10	1357.8	8706.	28.891	0.2006
	8	8.625	0.322	7.981	0.6651	61.70	508.36	4057.7	32380.	50.027	0.3474
	10	10.75	0.365	10.02	0.8350	100.4	1006.0	10080.	101000.	78.955	0.5475
Schedule 100	12	12.75	0.406	11.938	0.9965	142.5	1701.3	20306.	242470.	111.93	0.7773
	14	14.0	0.438	13.124	1.0937	172.24	2260.5	29666.	389340.	135.28	0.9394
	16	16.0	0.500	15.000	1.250	225.0	3375.0	50625.	759175.	176.72	1.2272
	18	18.0	0.562	16.876	1.4063	284.8	4806.3	81111.	1168870.	223.68	1.5513
	20	0.593	18.814	1.5678	354.0	6859.5	125120.	2357344.	278.00	1.9305	
	24	0.687	22.626	1.8855	511.9	11583.	26340.	5929784.	402.07	2.7921	
Schedule 120	8	8.625	0.306	7.813	0.6511	61.04	476.93	3725.9	2913.	47.94	0.3129
	10	10.75	0.300	9.750	0.8125	95.06	926.86	9036.4	88110.	71.66	0.5185
	12	12.75	0.362	11.676	0.9688	135.16	1571.1	18206.	212399.	106.16	0.7372
	14	14.0	0.393	12.814	1.0678	164.20	2104.0	26962.	345480.	128.96	0.8956
	16	16.0	0.450	14.688	1.2203	215.74	3168.8	46544.	681618.	169.44	1.1266
	18	18.0	0.450	16.500	1.3750	272.25	4492.1	74120.	1232082.	213.83	1.4849
Schedule 150	20	0.412	18.376	1.5111	337.64	6205.2	114078.	3095342.	265.21	1.8417	
	24	0.468	21.064	1.8387	486.87	10741.	236094.	5220036.	382.35	2.6552	
	1 1/8	0.305	0.095	0.215	0.0179	0.0462	0.00994	0.002134	0.000459	0.038	0.00025
	1 1/4	0.310	0.119	0.302	0.0252	0.0912	0.0275	0.008117	0.002513	0.072	0.00050
	1 1/2	0.325	0.136	0.423	0.0353	0.1789	0.0757	0.01200	0.01354	0.141	0.00098
	1 3/4	0.340	0.147	0.546	0.0455	0.2981	0.1628	0.02886	0.04852	0.234	0.00163
Schedule 200	2 1/4	0.354	0.154	0.742	0.0618	0.5506	0.4085	0.1032	0.2249	0.433	0.00300
	2 3/4	0.379	0.179	0.957	0.0797	0.9158	0.8765	0.3187	0.8027	0.719	0.00499
	3	0.400	0.191	1.228	0.1065	1.633	2.087	2.0657	3.409	1.283	0.00893

TABLA 17 Tabla para selección de válvula de expansión termostática

Tipo Número	TEMPERATURA EN EL EVAPORADOR °F																			
	10°						20°						30°							
	DIFERENCIA DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LA VÁLVULA LB./PULG. ²																			
	10	20	30	40	50	60	75	100	125	150	175	20	30	40	50	60	75	100	125	150
TONELADAS DE REFRIGERACIÓN																				
T12R/12	21	50	21	21	22	21	21	20	22	21	21	17	20	22	21	21	17	20	22	21
T12R/12	10	40	10	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
T12R/12	1.3	2.2	1.5	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.6	1.5	1.7	1.6	1.7	1.6	1.5	1.7	1.6	1.7
T12R/12	1.5	2.2	1.5	2.0	1.9	1.9	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0	1.8	2.0	1.9	2.0	1.9	1.8	2.0	1.9	2.0
T12R/12	1.8	2.2	1.8	2.3	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	1.9	2.2	2.1	2.2	2.1	1.9	2.2	2.1	2.2
T12R/12	1.9	2.2	1.9	2.4	2.2	2.3	2.2	2.3	2.2	2.3	2.2	2.0	2.3	2.2	2.3	2.2	2.0	2.3	2.2	2.3
T12R/12	2.0	2.2	2.0	2.5	2.3	2.4	2.3	2.4	2.3	2.4	2.3	2.1	2.4	2.3	2.4	2.3	2.1	2.4	2.3	2.4
T12R/12	2.1	2.2	2.1	2.6	2.4	2.5	2.4	2.5	2.4	2.5	2.4	2.2	2.5	2.4	2.5	2.4	2.2	2.5	2.4	2.5
T12R/12	2.2	2.2	2.2	2.7	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.5	2.3	2.6	2.5	2.6	2.5	2.3	2.6	2.5	2.6
T12R/12	2.3	2.2	2.3	2.8	2.6	2.7	2.6	2.7	2.6	2.7	2.6	2.4	2.7	2.6	2.7	2.6	2.4	2.7	2.6	2.7
T12R/12	2.4	2.2	2.4	2.9	2.7	2.8	2.7	2.8	2.7	2.8	2.7	2.5	2.8	2.7	2.8	2.7	2.5	2.8	2.7	2.8
T12R/12	2.5	2.2	2.5	3.0	2.8	2.9	2.8	2.9	2.8	2.9	2.8	2.6	2.9	2.8	2.9	2.8	2.6	2.9	2.8	2.9
T12R/12	2.6	2.2	2.6	3.1	2.9	3.0	2.9	3.0	2.9	3.0	2.9	2.7	3.0	2.9	3.0	2.9	2.7	3.0	2.9	3.0
T12R/12	2.7	2.2	2.7	3.2	3.0	3.1	3.0	3.1	3.0	3.1	3.0	2.8	3.1	3.0	3.1	3.0	2.8	3.1	3.0	3.1
T12R/12	2.8	2.2	2.8	3.3	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1	2.9	3.2	3.1	3.2	3.1	2.9	3.2	3.1	3.2
T12R/12	2.9	2.2	2.9	3.4	3.2	3.3	3.2	3.3	3.2	3.3	3.2	3.0	3.3	3.2	3.3	3.2	3.0	3.3	3.2	3.3
T12R/12	3.0	2.2	3.0	3.5	3.3	3.4	3.3	3.4	3.3	3.4	3.3	3.1	3.4	3.3	3.4	3.3	3.1	3.4	3.3	3.4
T12R/12	3.1	2.2	3.1	3.6	3.4	3.5	3.4	3.5	3.4	3.5	3.4	3.2	3.5	3.4	3.5	3.4	3.2	3.5	3.4	3.5
T12R/12	3.2	2.2	3.2	3.7	3.5	3.6	3.5	3.6	3.5	3.6	3.5	3.3	3.6	3.5	3.6	3.5	3.3	3.6	3.5	3.6
T12R/12	3.3	2.2	3.3	3.8	3.6	3.7	3.6	3.7	3.6	3.7	3.6	3.4	3.7	3.6	3.7	3.6	3.4	3.7	3.6	3.7
T12R/12	3.4	2.2	3.4	3.9	3.7	3.8	3.7	3.8	3.7	3.8	3.7	3.5	3.8	3.7	3.8	3.7	3.5	3.8	3.7	3.8
T12R/12	3.5	2.2	3.5	4.0	3.8	3.9	3.8	3.9	3.8	3.9	3.8	3.6	3.9	3.8	3.9	3.8	3.6	3.9	3.8	3.9
T12R/12	3.6	2.2	3.6	4.1	3.9	4.0	3.9	4.0	3.9	4.0	3.9	3.7	4.0	3.9	4.0	3.9	3.7	4.0	3.9	4.0
T12R/12	3.7	2.2	3.7	4.2	4.0	4.1	4.0	4.1	4.0	4.1	4.0	3.8	4.1	4.0	4.1	4.0	3.8	4.1	4.0	4.1
T12R/12	3.8	2.2	3.8	4.3	4.1	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2	4.1	3.9	4.2	4.1	4.2	4.1	3.9	4.2	4.1	4.2
T12R/12	3.9	2.2	3.9	4.4	4.2	4.3	4.2	4.3	4.2	4.3	4.2	4.0	4.3	4.2	4.3	4.2	4.0	4.3	4.2	4.3
T12R/12	4.0	2.2	4.0	4.5	4.3	4.4	4.3	4.4	4.3	4.4	4.3	4.1	4.4	4.3	4.4	4.3	4.1	4.4	4.3	4.4
T12R/12	4.1	2.2	4.1	4.6	4.4	4.5	4.4	4.5	4.4	4.5	4.4	4.2	4.5	4.4	4.5	4.4	4.2	4.5	4.4	4.5
T12R/12	4.2	2.2	4.2	4.7	4.5	4.6	4.5	4.6	4.5	4.6	4.5	4.3	4.6	4.5	4.6	4.5	4.3	4.6	4.5	4.6
T12R/12	4.3	2.2	4.3	4.8	4.6	4.7	4.6	4.7	4.6	4.7	4.6	4.4	4.7	4.6	4.7	4.6	4.4	4.7	4.6	4.7
T12R/12	4.4	2.2	4.4	4.9	4.7	4.8	4.7	4.8	4.7	4.8	4.7	4.5	4.8	4.7	4.8	4.7	4.5	4.8	4.7	4.8
T12R/12	4.5	2.2	4.5	5.0	4.8	4.9	4.8	4.9	4.8	4.9	4.8	4.6	4.9	4.8	4.9	4.8	4.6	4.9	4.8	4.9
T12R/12	4.6	2.2	4.6	5.1	4.9	5.0	4.9	5.0	4.9	5.0	4.9	4.7	5.0	4.9	5.0	4.9	4.7	5.0	4.9	5.0
T12R/12	4.7	2.2	4.7	5.2	5.0	5.1	5.0	5.1	5.0	5.1	5.0	4.8	5.1	5.0	5.1	5.0	4.8	5.1	5.0	5.1
T12R/12	4.8	2.2	4.8	5.3	5.1	5.2	5.1	5.2	5.1	5.2	5.1	4.9	5.2	5.1	5.2	5.1	4.9	5.2	5.1	5.2
T12R/12	4.9	2.2	4.9	5.4	5.2	5.3	5.2	5.3	5.2	5.3	5.2	5.0	5.3	5.2	5.3	5.2	5.0	5.3	5.2	5.3
T12R/12	5.0	2.2	5.0	5.5	5.3	5.4	5.3	5.4	5.3	5.4	5.3	5.1	5.4	5.3	5.4	5.3	5.1	5.4	5.3	5.4
T12R/12	5.1	2.2	5.1	5.6	5.4	5.5	5.4	5.5	5.4	5.5	5.4	5.2	5.5	5.4	5.5	5.4	5.2	5.5	5.4	5.5
T12R/12	5.2	2.2	5.2	5.7	5.5	5.6	5.5	5.6	5.5	5.6	5.5	5.3	5.6	5.5	5.6	5.5	5.3	5.6	5.5	5.6
T12R/12	5.3	2.2	5.3	5.8	5.6	5.7	5.6	5.7	5.6	5.7	5.6	5.4	5.7	5.6	5.7	5.6	5.4	5.7	5.6	5.7
T12R/12	5.4	2.2	5.4	5.9	5.7	5.8	5.7	5.8	5.7	5.8	5.7	5.5	5.8	5.7	5.8	5.7	5.5	5.8	5.7	5.8
T12R/12	5.5	2.2	5.5	6.0	5.8	5.9	5.8	5.9	5.8	5.9	5.8	5.6	5.9	5.8	5.9	5.8	5.6	5.9	5.8	5.9
T12R/12	5.6	2.2	5.6	6.1	5.9	6.0	5.9	6.0	5.9	6.0	5.9	5.7	6.0	5.9	6.0	5.9	5.7	6.0	5.9	6.0
T12R/12	5.7	2.2	5.7	6.2	6.0	6.1	6.0	6.1	6.0	6.1	6.0	5.8	6.1	6.0	6.1	6.0	5.8	6.1	6.0	6.1
T12R/12	5.8	2.2	5.8	6.3	6.1	6.2	6.1	6.2	6.1	6.2	6.1	5.9	6.2	6.1	6.2	6.1	5.9	6.2	6.1	6.2
T12R/12	5.9	2.2	5.9	6.4	6.2	6.3	6.2	6.3	6.2	6.3	6.2	6.0	6.3	6.2	6.3	6.2	6.0	6.3	6.2	6.3
T12R/12	6.0	2.2	6.0	6.5	6.3	6.4	6.3	6.4	6.3	6.4	6.3	6.1	6.4	6.3	6.4	6.3	6.1	6.4	6.3	6.4
T12R/12	6.1	2.2	6.1	6.6	6.4	6.5	6.4	6.5	6.4	6.5	6.4	6.2	6.5	6.4	6.5	6.4	6.2	6.5	6.4	6.5
T12R/12	6.2	2.2	6.2	6.7	6.5	6.6	6.5	6.6	6.5	6.6	6.5	6.3	6.6	6.5	6.6	6.5	6.3	6.6	6.5	6.6
T12R/12	6.3	2.2	6.3	6.8	6.6	6.7	6.6	6.7	6.6	6.7	6.6	6.4	6.7	6.6	6.7	6.6	6.4	6.7	6.6	6.7
T12R/12	6.4	2.2	6.4	6.9	6.7	6.8	6.7	6.8	6.7	6.8	6.7	6.5	6.8	6.7	6.8	6.7	6.5	6.8	6.7	6.8
T12R/12	6.5	2.2	6.5	7.0	6.8	6.9	6.8	6.9	6.8	6.9	6.8	6.6	6.9	6.8	6.9	6.8	6.6	6.9	6.8	6.9
T12R/12	6.6	2.2	6.6	7.1	6.9	7.0	6.9	7.0	6.9	7.0	6.9	6.7	7.0	6.9	7.0	6.9	6.7	7.0	6.9	7.0
T12R/12	6.7	2.2	6.7	7.2	7.0	7.1	7.0	7.1	7.0	7.1	7.0	6.8	7.1	7.0	7.1	7.0	6.8	7.1	7.0	7.1
T12R/12	6.8	2.2	6.8	7.3	7.1	7.2	7.1	7.2	7.1	7.2	7.1	6.9	7.2	7.1	7.2	7.1	6.9	7.2	7.1	7.2
T12R/12	6.9	2.2	6.9	7.4	7.2	7.3	7.2	7.3	7.2	7.3	7.2	7.0	7.3	7.2	7.3	7.2	7.0	7.3	7.2	7.3
T12R/12	7.0	2.2	7.0	7.5	7.3	7.4	7.3	7.4	7.3	7.4	7.3	7.1	7.4	7.3	7.4	7.3	7.1	7.4	7.3	7.4
T12R/12	7.1	2.2	7.1	7.6	7.4	7.5	7.4	7.5	7.4	7.5	7.4	7.2	7.5	7.4	7.5	7.4	7.2	7.5	7.4	7.5
T12R/12	7.2	2.2	7.2	7.7	7.5	7.6	7.5	7.6	7.5	7.6	7.5	7.3	7.6	7.5	7.6	7.5	7.3	7.6	7.5	7.6
T12R/12	7.3	2.2	7.3	7.8	7.6	7.7	7.6	7.7	7.6	7.7	7.6	7.4	7.7	7.6	7.7	7.6	7.4	7.7	7.6	7.7
T12R/12	7.4	2.2	7.4	7.9	7.7	7.8	7.7	7.8	7.7	7.8	7.7	7.5	7.8	7.7	7.8	7.7	7.5	7.8	7.7	7.8
T12R/12	7.5	2.2	7.5	8.0	7.8	7.9	7.8	7.9	7.8	7.9	7.8	7.6	7.9	7.8	7.9	7.8	7.6	7.9	7.8	7.9
T12R/12	7.6	2.2	7.6	8.1	7.9	8.0	7.9	8.0	7.9	8.0	7.9	7.7	8.0	7.9	8.0	7.9	7.7	8.0	7.9	8.0
T12R/12	7.7	2.2	7.7	8.2	8.0	8.1	8.0	8.1	8.0	8.1	8.0	7.8	8.1	8.0	8.1	8.0	7.8	8.1	8.0	8.1
T12R/12	7.8	2.2	7.8	8.3	8.1	8.2	8.1	8.2	8.1	8.2	8.1	7.9	8.2	8.1	8.2	8.1	7.9	8.2	8.1	8.2
T12R/12	7.9	2.2	7.9	8.4	8.2	8.3	8.2	8.3	8.2	8.3	8.2	8.0	8.3	8.2	8.3	8.2	8.0	8.3	8.2	8.3
T12R/12	8.0	2.2	8.0	8.5	8.3	8.4	8.3	8.4	8.3	8.4	8.3	8.1	8.4							

CAPACIDADES*

TABLA 18

REFRIGERANTE	MODELO	DISEÑO DEL PISTÓN Y CARRERA (mm)	Nº DE REEMPLAZOS -1/H	TONELADAS DE REFRIGERACIÓN												POTENCIA AL FRENO (BHP)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
				TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN 35°C																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
				TEMPERATURA DE SUCCIÓN 1°C																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
				30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445	450	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560	565	570	575	580	585	590	595	600	605	610	615	620	625	630	635	640	645	650	655	660	665	670	675	680	685	690	695	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770	775	780	785	790	795	800	805	810	815	820	825	830	835	840	845	850	855	860	865	870	875	880	885	890	895	900	905	910	915	920	925	930	935	940	945	950	955	960	965	970	975	980	985	990	995	1000	1005	1010	1015	1020	1025	1030	1035	1040	1045	1050	1055	1060	1065	1070	1075	1080	1085	1090	1095	1100	1105	1110	1115	1120	1125	1130	1135	1140	1145	1150	1155	1160	1165	1170	1175	1180	1185	1190	1195	1200	1205	1210	1215	1220	1225	1230	1235	1240	1245	1250	1255	1260	1265	1270	1275	1280	1285	1290	1295	1300	1305	1310	1315	1320	1325	1330	1335	1340	1345	1350	1355	1360	1365	1370	1375	1380	1385	1390	1395	1400	1405	1410	1415	1420	1425	1430	1435	1440	1445	1450	1455	1460	1465	1470	1475	1480	1485	1490	1495	1500	1505	1510	1515	1520	1525	1530	1535	1540	1545	1550	1555	1560	1565	1570	1575	1580	1585	1590	1595	1600	1605	1610	1615	1620	1625	1630	1635	1640	1645	1650	1655	1660	1665	1670	1675	1680	1685	1690	1695	1700	1705	1710	1715	1720	1725	1730	1735	1740	1745	1750	1755	1760	1765	1770	1775	1780	1785	1790	1795	1800	1805	1810	1815	1820	1825	1830	1835	1840	1845	1850	1855	1860	1865	1870	1875	1880	1885	1890	1895	1900	1905	1910	1915	1920	1925	1930	1935	1940	1945	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060	2065	2070	2075	2080	2085	2090	2095	2100	2105	2110	2115	2120	2125	2130	2135	2140	2145	2150	2155	2160	2165	2170	2175	2180	2185	2190	2195	2200	2205	2210	2215	2220	2225	2230	2235	2240	2245	2250	2255	2260	2265	2270	2275	2280	2285	2290	2295	2300	2305	2310	2315	2320	2325	2330	2335	2340	2345	2350	2355	2360	2365	2370	2375	2380	2385	2390	2395	2400	2405	2410	2415	2420	2425	2430	2435	2440	2445	2450	2455	2460	2465	2470	2475	2480	2485	2490	2495	2500	2505	2510	2515	2520	2525	2530	2535	2540	2545	2550	2555	2560	2565	2570	2575	2580	2585	2590	2595	2600	2605	2610	2615	2620	2625	2630	2635	2640	2645	2650	2655	2660	2665	2670	2675	2680	2685	2690	2695	2700	2705	2710	2715	2720	2725	2730	2735	2740	2745	2750	2755	2760	2765	2770	2775	2780	2785	2790	2795	2800	2805	2810	2815	2820	2825	2830	2835	2840	2845	2850	2855	2860	2865	2870	2875	2880	2885	2890	2895	2900	2905	2910	2915	2920	2925	2930	2935	2940	2945	2950	2955	2960	2965	2970	2975	2980	2985	2990	2995	3000	3005	3010	3015	3020	3025	3030	3035	3040	3045	3050	3055	3060	3065	3070	3075	3080	3085	3090	3095	3100	3105	3110	3115	3120	3125	3130	3135	3140	3145	3150	3155	3160	3165	3170	3175	3180	3185	3190	3195	3200	3205	3210	3215	3220	3225	3230	3235	3240	3245	3250	3255	3260	3265	3270	3275	3280	3285	3290	3295	3300	3305	3310	3315	3320	3325	3330	3335	3340	3345	3350	3355	3360	3365	3370	3375	3380	3385	3390	3395	3400	3405	3410	3415	3420	3425	3430	3435	3440	3445	3450	3455	3460	3465	3470	3475	3480	3485	3490	3495	3500	3505	3510	3515	3520	3525	3530	3535	3540	3545	3550	3555	3560	3565	3570	3575	3580	3585	3590	3595	3600	3605	3610	3615	3620	3625	3630	3635	3640	3645	3650	3655	3660	3665	3670	3675	3680	3685	3690	3695	3700	3705	3710	3715	3720	3725	3730	3735	3740	3745	3750	3755	3760	3765	3770	3775	3780	3785	3790	3795	3800	3805	3810	3815	3820	3825	3830	3835	3840	3845	3850	3855	3860	3865	3870	3875	3880	3885	3890	3895	3900	3905	3910	3915	3920	3925	3930	3935	3940	3945	3950	3955	3960	3965	3970	3975	3980	3985	3990	3995	4000	4005	4010	4015	4020	4025	4030	4035	4040	4045	4050	4055	4060	4065	4070	4075	4080	4085	4090	4095	4100	4105	4110	4115	4120	4125	4130	4135	4140	4145	4150	4155	4160	4165	4170	4175	4180	4185	4190	4195	4200	4205	4210	4215	4220	4225	4230	4235	4240	4245	4250	4255	4260	4265	4270	4275	4280	4285	4290	4295	4300	4305	4310	4315	4320	4325	4330	4335	4340	4345	4350	4355	4360	4365	4370	4375	4380	4385	4390	4395	4400	4405	4410	4415	4420	4425	4430	4435	4440	4445	4450	4455	4460	4465	4470	4475	4480	4485	4490	4495	4500	4505	4510	4515	4520	4525	4530	4535	4540	4545	4550	4555	4560	4565	4570	4575	4580	4585	4590	4595	4600	4605	4610	4615	4620	4625	4630	4635	4640	4645	4650	4655	4660	4665	4670	4675	4680	4685	4690	4695	4700	4705	4710	4715	4720	4725	4730	4735	4740	4745	4750	4755	4760	4765	4770	4775	4780	4785	4790	4795	4800	4805	4810	4815	4820	4825	4830	4835	4840	4845	4850	4855	4860	4865	4870	4875	4880	4885	4890	4895	4900	4905	4910	4915	4920	4925	4930	4935	4940	4945	4950	4955	4960	4965	4970	4975	4980	4985	4990	4995	5000	5005	5010	5015	5020	5025	5030	5035	5040	5045	5050	5055	5060	5065	5070	5075	5080	5085	5090	5095	5100	5105	5110	5115	5120	5125	5130	5135	5140	5145	5150	5155	5160	5165	5170	5175	5180	5185	5190	5195	5200	5205	5210	5215	5220	5225	5230	5235	5240	5245	5250	5255	5260	5265	5270	5275	5280	5285	5290	5295	5300	5305	5310	5315	5320	5325	5330	5335	5340	5345	5350	5355	5360	5365	5370	5375	5380	5385	5390	5395	5400	5405	5410	5415	5420	5425	5430	5435	5440	5445	5450	5455	5460	5465	5470	5475	5480	5485	5490	5495	5500	5505	5510	5515	5520	5525	5530	5535	5540	5545	5550	5555	5560	5565	5570	5575	5580	5585	5590	5595	5600	5605	5610	5615	5620	5625	5630	5635	5640	5645	5650	5655	5660	5665	5670	5675	5680	5685	5690	5695	5700	5705	5710	5715	5720	5725	5730	5735	5740	5745	5750	5755	5760	5765	5770	5775	5780	5785	5790	5795	5800	5805	5810	5815	5820	5825	5830	5835	5840	5845	5850	5855	5860	5865	5870	5875	5880	5885	5890	5895	5900	5905	5910	5915	5920	5925	5930	5935	5940	5945	5950	5955	5960	5965	5970	5975	5980	5985	5990	5995	6000	6005	6010	6015	6020	6025	6030	6035	6040	6045	6050	6055	6060	6065	6070	6075	6080	6085	6090	6095	6100	6105	6110	6115	6120	6125	6130	6135	6140	6145	6150	6155	6160	6165	6170	6175	6180	6185	6190	6195	6200	6205	6210	6215	6220	6225	6230	6235	6240	6245	6250	6255	6260	6265	6270	6275	6280	6285	6290	6295	6300	6305	6310	6315	6320	6325	6330	6335	6340	6345	6350	6355	6360	6365	6370	6375	6380	6385	6390	6395	6400	6405	6410	6415	6420	6425	6430	6435	6440	6445	6450	6455	6460	6465	6470	6475	6480	6485	6490	6495	6500	6505	6510	6515	6520	6525	6530	6535	6540	6545	6550	6555	6560	6565	6570	6575	6580	6585	6590	6595	6600	6605	6610	6615	6620	6625	6630	6635	6640	6645	6650	6655	6660	6665	6670	6675	6680	6685	6690	6695	6700	6705	6710	6715	6720	6725	6730	6735	6740	6745	6750	6755	6760	6765	6770	6775	6780	6785	6790	6795	6800	6805	6810	6815	6820	6825	6830	6835	6840

POLEAS Y BANDAS PARA COMPRESORES MYCOM

TABLA 19

Velocidad R.P.M.	COMPRESOR 2-A		COMPRESOR 4-A; 6-A; 8-A				COMPRESOR 4-B; 6-B; 8-B			
	Polea D.P.	Bandas	Polea D.P.	Bandas			Polea D.P.	Bandas		
800	6.16	4B 85	7.02	4C 108	6C 108	7C 128	7.93	8C 144	10C 144	12C 144
825	6.36	4B 85	7.24	4C 108	6C 108	7C 128	8.17	8C 144	10C 144	12C 144
850	6.55	4B 85	7.46	4C 108	6C 108	7C 128	8.42	8C 144	10C 144	12C 144
875	6.74	4B 85	7.68	4C 108	6C 108	7C 128	8.67	8C 144	10C 144	12C 144
900	6.93	4B 85	7.90	4C 112	6C 112	7C 128	8.92	8C 144	10C 144	12C 144
925	7.13	4B 85	8.11	4C 112	6C 112	7C 128	9.17	8C 144	10C 144	12C 144
950	7.32	4B 87	8.33	4C 112	6C 112	7C 128	9.41	8C 144	10C 144	12C 144
975	7.51	4B 87	8.55	4C 112	6C 112	7C 128	9.66	8C 144	10C 144	12C 144
1000	7.71	4B 87	8.77	4C 112	6C 112	7C 128	9.91	8C 144	10C 144	12C 144
1025	7.90	4B 87	8.99	4C 112	6C 112	7C 128	10.16	8C 144	10C 144	12C 144
1050	8.09	4B 87	9.21	4C 112	6C 112	7C 128	10.41	8C 144	10C 144	12C 144
1075	8.28	4B 87	9.43	4C 112	6C 112	7C 136	10.65	8C 144	10C 144	12C 144
1100	8.48	4B 87	9.65	4C 112	6C 112	7C 136	10.90	8C 144	10C 144	12C 144
1125	8.67	LOS VALORES ANTERIORES ESTAN CALCULADOS CUANDO SE USEN MOTORES DE 4 POLOS 1.760 R.P.M.								
1150	8.86									
1175	9.05									
1200	9.25									

Para encontrar los diámetros exteriores. Súmense los siguientes valores a los diámetros primitivos mencionados en la tabla:

Para bandas tipo "B" 0.250 pulgs.

Para bandas tipo "C" 0.400 pulgs.

Diámetro de paso mínimo de poleas para bandas tipo V.

B 4.4 pulgs.

C 6.5 pulgs.

TODAS LAS MEDIDAS DE LAS POLEAS Y BANDAS QUE APARECEN EN ESTA TABLA DEBEN CONSIDERARSE EN PULGADAS

DATOS Y CONSEJOS PRACTICOS EN PLANTAS DE REFRIGERACION

Temperatura más apropiada en tanques para hacer hielo.

La temperatura más apropiada para trabajar la salmuera en los tanques de hielo, debe ser de 10°C bajo cero, más elevada se aumenta mucho el tiempo de congelación de las barras, disminuyendo la capacidad de la planta y mas baja existe el peligro de que cuando se saquen las barras de hielo del molde se estrellen y salgan en pedazos.

Salmuera

En las salmueras de cloruro de sodio, la lectura del salómetro con escala de 0 a 25, deberá ser de 20 a 22 1/2 °Bm y con escala de 0 a 100, deberá ser de 80 a 86.

Clarificación de la salmuera

Para la clarificación de la salmuera es muy recomendable usar el Silicato de Sodio es insoluble en la salmuera y cuando se añade en condiciones propias, forma un precipitado gelatinoso.

Este precipitado se va asentando poco a poco arrastrando hacia abajo, al fondo del tanque, todas las materias en suspensión, notando que después de unas pocas semanas la salmuera esta clara.

Deberá de agregarse 40 Kg de Silicato de Sodio por cada 30 metros cúbicos de salmuera, procediendo de la siguiente manera:

Se mezclan un litro de Silicato, con 9 litros de agua, se calienta la mezcla a 90°C y mediante un tubo de 1 1/8", se mezcla con la salmuera delante de los agitadores.

Moldes para hielo

Medida del Molde en Pulgadas	Temperatura de la Salmuera		Numero de Moldes necesarios por Tonelada Métrica de hielo producida cada 24 Horas	Tiempo de Congelacion en Horas	Peso de la Barra en Kilogramos
	°F	°C			
11 x 22 x 51	14	-10	13	46	150
11 x 22 x 51	16	- 9	14	51	150
11 x 22 x 51	18	- 8	17	59	150
8 x 16 x 34	14	-10	59	24	50
8 x 16 x 34	16	- 9	23	27	50
8 x 16 x 34	18	- 8	26	31	50

Presiones convenientes de trabajo en las plantas de refrigeración.

En las plantas de hielo, la presión de succión, deberá ser entre 20 y 22 1/2 lbs. manométricas y la descarga de 175 a 195 lbs. manométricas para un trabajo eficiente del equipo.

La presión intermedia más recomendable es de 25 psig aproximadamente y la baja presión, más conveniente en las plantas de congelación varian con las temperaturas deseadas. La alta presión varia de 175 a 195 psig

Causas que elevan la presión de descarga en las plantas de refrigeración.

Únicamente son cuatro las causas que pueden motivar alta presión en las plantas y son:

- 1.- Falta de eficiencia de la bomba de enfriamiento, menos cantidad de agua circulada.
- 2.- Exceso de amoníaco en el sistema.
- 3.- Tubería del condensador con incrustaciones, debido a la dureza del agua.
- 4.- Gases no condensables producidos por el aceite y amoníaco, pero sobre todo aire introducido en el sistema.

Subtítulos			
Lana, mineral	9.4	80	0.0225
Lava			0.49
Lino		86	0.05
Ladrillos			
Alúmina (92-99% Al_2O_3 por peso) fundida		801	1.8
Alúmina (64-65% Al_2O_3 por peso) (Véase también Ladrillos, arcilla re- fractaria)	115	2 399	2.7
Ladrillo para construcción	115	1 472	0.62
Ladrillo al cromo (32% Cr_2O_3 por peso)	115	2 012	0.63
		68	0.4
	200	392	0.67
	200	1 202	0.85
	200	2 399	1.0
Tierra diatomácea, natural, perpen- dicular al estrato	27.7	399	0.051
	27.7	1 600	0.077
Diatomácea, natural, paralelo al es- trato	27.7	399	0.081
	27.7	1 600	0.100
Tierra diatomácea, moldeado y calcel- cinado	38	399	0.14
	38	1 600	0.18
Tierra diatomácea y arcilla, moldeado y calcinado	42.3	399	0.14
	42.3	1 600	0.19
Tierra diatomácea, alto quemado, poroso	37	392	0.13
	37	1 832	0.34
Arcilla refractaria, Missouri		392	0.58
		1 112	0.85
		1 832	0.95
		2 552	1.02
Ladrillo aislante, caulln	27	932	0.15
	27	2 102	0.26
Ladrillo refractario aislante, caulln	19	392	0.050
	19	1 400	0.113
Magnesita (86.8% MgO , 6.3% Fe_2O_3 , 3% CaO , 2.6% SiO_2 por peso)	158	399	2.2
	158	1 202	1.6
	158	2 102	1.1

Subtítulos			
Ladrillo de carburo de silicio, recria- talizado	129	1 112	10.7
	129	1 472	9.2
	129	1 832	8.0
	129	2 102	7.0
	129	2 552	6.3
Magnesita, pulverizada	49.7	117	0.35
Magnesita, carbonato ligero	19	70	0.04
Magnesita, óxido, comprimido	49.9	68	0.32
Madera, fibra cruzada			
Balsa	7.8	86	0.025-0.03
Olmo	51.5	59	0.12
Maple	44.7	122	0.11
Pino, blanco	34.0	59	0.087
Teca	40.0	59	0.10
Abeto	28.1	140	0.062
Madera, paralelo a la fibra			
Pino	34.4	70	0.20
Mármol			1.2-1.7
Mica, perpendicular a los planos		122	0.25
Negro de humo	10	104	0.038
Nieve	34.7	32	0.27
Piedra pómez		70-151	0.14
Pizarra		201	0.86
Papel			0.075
Papel tapiz, tipo aislante	14.8	70	0.028
Papel tapiz, cartoncillo	43	86	0.04
Parafina		32	0.14
Plásticos piroxilina			0.075
Porcelana		392	0.88
Seda	6.3		0.026
Barnizada		100	0.096
Vidrio			0.2-0.73
Tipo boro-silicato	139	86-167	0.63
Vidrio a la soda			0.3-0.44
Vidrio de ventana			0.3-0.61
Viruta de madera	8.8	86	0.034
Yeso, moldeado y seco	78	68	0.25

TABLA 23 CONDUCTIVIDADES TERMICAS DE GASES Y VAPORES *

$$k = \text{Btu}/(\text{h})(\text{pie}^2)(^{\circ}\text{F}/\text{pie})$$

Los valores extremos de la temperatura constituyen el rango experimental. Para extrapolación a otras temperaturas, se sugiere que los datos consignados se grafiquen como log de k vs. log de T o que se haga uso de la suposición de que la razón c_{μ}/k es prácticamente independiente de la temperatura (o de la presión, dentro de límites moderados).

Sustancia	°F	k	Sustancia	°F	k
Acetato de etilo	115	0.0072	Diclorodifluorometano	32	0.0046
	212	0.0090		122	0.0064
	363	0.0141		212	0.0080
Alcohol	68	0.0089	302	0.0097	
	212	0.0124	-94	0.0068	
Cloruro	32	0.0052	-29	0.0058	
	212	0.0095	32	0.0106	
	363	0.0135	212	0.0175	
Eter	413	0.0152	Etileno	-96	0.0064
	32	0.0077		32	0.0101
	115	0.0099		122	0.0131
	212	0.0141		212	0.0182
	363	0.0189		392	0.0212
Acetona	413	0.0200	Hexano (n-)	212	0.0103
	32	0.0057		32	0.0072
	115	0.0074		68	0.0080
Acetileno	212	0.0099	Hexano	32	0.0061
	363	0.0147		212	0.0109
	-103	0.0068		-148	0.0065
Aire	32	0.0106	Hidrógeno	-58	0.0063
	122	0.0140		32	0.100
	212	0.0172		122	0.115
	-148	0.0095		212	0.129
	32	0.0140		572	0.178
Alcohol metílico	212	0.0133	Hidrógeno y dióxido de carbono, 0% H ₂	32	0.0083
	392	0.0228		20%	0.0155
	572	0.0255		40%	0.0270
	32	0.0083		60%	0.0410
	212	0.0128		80%	0.0620
Acetato	32	0.0059	100%	0.10	
	68	0.0063		32	0.0133
	-76	0.0055		122	0.0212
Amoniaco	32	0.0128	Hidrógeno y nitrógeno, 0% H ₂	32	0.0133
	122	0.0157		20%	0.0311
	212	0.0185		40%	0.0438
	32	0.0052		60%	0.0635
	115	0.0073		80%	0.0002
Benceno	212	0.0103	Hidrógeno y óxido nítrico, 0% H ₂	32	0.0070
	363	0.0152		20%	0.0170
	413	0.0176		40%	0.0270
	32	0.0050		60%	0.0410
	212	0.0093		80%	0.0650
Dióxido de azufre	-78	0.0043	Mercurio	392	0.0197
	32	0.0085		-148	0.0100
	212	0.0133		-58	0.0145
	392	0.0181		32	0.0175
	572	0.0228		122	0.0215
Bisulfuro	32	0.0040	Nitrógeno	122	0.0095
	45	0.0042		-148	0.0140
	-312	0.0041		32	0.0100
Monóxido	-294	0.0046	Óxido nítrico	122	0.0160
	32	0.0135		212	0.0160
	115	0.0041		-94	0.0101
	212	0.0052		32	0.0139
	363	0.0065		-98	0.0067
Butano (n-)	32	0.0078	Óxido nítrico	32	0.0087
	212	0.0135		32	0.0087
	32	0.0080		212	0.0128
Butano (iso-)	212	0.0139	Óxigeno	-148	0.0035
	32	0.0043		-58	0.0119
	212	0.0053		32	0.0142
Ciclohexano	32	0.0043	Pentano (n-)	122	0.0164
	212	0.0038		212	0.0185
	115	0.0046		32	0.0074
Cloro	212	0.0058	(iso-)	68	0.0083
	363	0.0077		32	0.0072
	413	0.0093		212	0.0157
	32	0.0053		32	0.0077
	212	0.0063		212	0.0151
Cloruro de metileno	212	0.0063	Sulfuro de hidrógeno	32	0.0076
	32	0.0039		115	0.0129
	115	0.0049		212	0.0137
	212	0.0072		392	0.0167
	212	0.0094		572	0.0215
Cloruro de metilo	263	0.0100	Vapor de agua	772	0.0315
	413	0.0148		932	0.0444

CONVECTION COEFFICIENTS

Case 1 Gases Heated or Cooled inside Horizontal or Vertical Tubes, Turbulent Flow.—The film coefficient can be determined by the equation

$$h = h_b \times F_1 \times F_2$$

where h = the film coefficient, Btu./(sq. ft.)(hr.)(°F.),

h_b = the base value of the film coefficient, from Fig. 24.

F_1 = the temperature-correction factor, from Table 3.

F_2 = the diameter-correction factor, from Table 15.

— TEMPERATURE-CORRECTION FACTOR FOR CASE 3

Gas	Avg. temp. of gas					
	100°	200°	300°	400°	500°	600°
Acetylene	0.72	0.62	1.00	1.15	1.22	1.33
Air	0.90	0.90	1.00	1.01	1.02	1.03
Ammonia	0.78	0.51	1.00	1.07	1.14	1.22
Benzene	0.83	0.51	1.00	1.20	1.27	1.34
Carbon dioxide	0.83	0.52	1.00	1.09	1.17	1.22
Carbon monoxide	0.73	0.51	1.00	1.09	1.16	1.22
Chlorine	0.63	0.39	1.00	1.03	1.09	1.14
Chloroform	0.73	0.57	1.00	1.11	1.17	1.22
Hydrogen	0.90	0.90	1.00	1.18	1.23	1.28
Hydrogen sulfide	0.83	0.52	1.00	1.01	1.08	1.15
Methane	0.78	0.51	1.00	1.11	1.18	1.24
Methyl chloride	0.73	0.57	1.00	1.11	1.17	1.22
Nitrogen	0.90	0.90	1.00	1.11	1.17	1.22
Nitrogen dioxide	0.73	0.57	1.00	1.11	1.17	1.22
Nitrogen oxide	0.73	0.57	1.00	1.11	1.17	1.22
Oxygen	0.90	0.90	1.00	1.07	1.14	1.20
Steam	0.90	0.90	1.00	1.07	1.14	1.20
Sulfur dioxide	0.73	0.57	1.00	1.11	1.17	1.22

* Values in tables are based on extrapolated values of the physical properties of the fluids.

DIAMETER-CORRECTION

Factor for Case 3

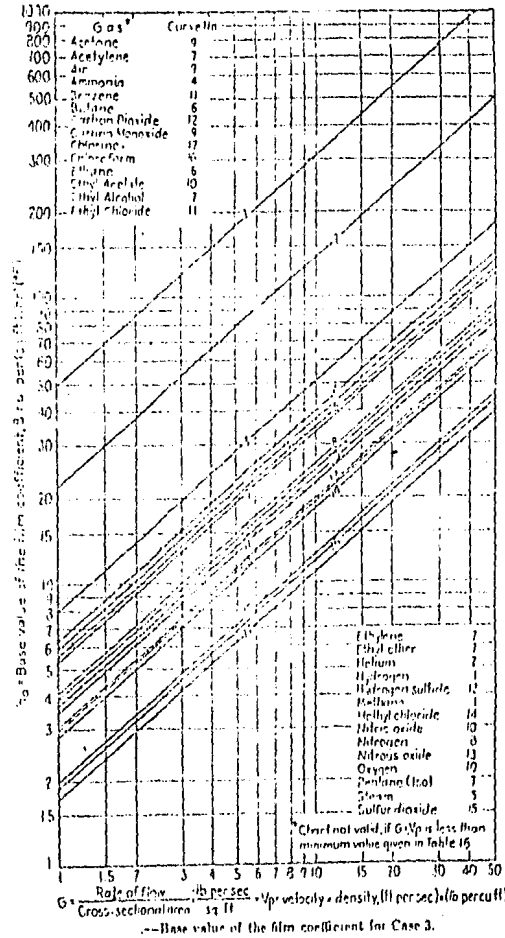
Dia., in.	F_2
0.25	1.18
0.50	1.27
0.75	1.30
1.00	1.33
1.25	1.34
1.50	1.35
2.00	1.37
2.50	1.38
3.00	1.39
3.50	1.40
4.00	1.41
4.50	1.42
5.00	1.43
6.00	1.44
7.00	1.45
8.00	1.46
9.00	1.47
10.00	1.48
12.00	1.49
15.00	1.50

MIXTURE PERMISSIBLE

Values of G & V_p for Case 3

G = rate of flow, lb. per sec.	V_p = velocity, ft. per sec.
0.25	1.18
0.50	1.27
0.75	1.30
1.00	1.33
1.25	1.34
1.50	1.35
2.00	1.37
2.50	1.38
3.00	1.39
3.50	1.40
4.00	1.41
4.50	1.42
5.00	1.43
6.00	1.44
7.00	1.45
8.00	1.46
9.00	1.47
10.00	1.48
12.00	1.49
15.00	1.50

P = pressure, lb. per sq. ft. Gauge G and V_p in ft./min.



G = Rate of flow, lb. per sec. / Cross-sectional area, sq. ft. V_p = velocity x density, (ft. per sec.)(lb. per cu. ft.)

— Base value of the film coefficient for Case 3.

INDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR EN MEXICO Y ESTADOS UNIDOS 1/

Base 1978 = 100

TABLA 24

M E S E S	INDICES				VARIACIONES 1982											
	1980		1981		1982		Y respecto al mes anterior		Media mensual desde enero		Y respecto a diciembre 1981		Tasa Media anual*		Anual con respecto al mismo mes de 1981	
	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.
Enero	113.8	119.3	111.0	113.3	223.7	144.6	5.0	0.4	5.0	0.4	5.0	0.4	79.6	4.9	30.8	8.5
Febrero	116.7	121.0	115.2	114.7	232.5	145.0	3.9	0.3	4.4	0.4	9.1	0.7	68.6	4.9	32.7	7.6
Marzo	119.7	122.7	116.9	115.7	241.0	144.9	3.7	-0.1	4.2	0.2	13.1	0.6	63.5	2.4	14.7	6.8
Abril	142.1	124.1	162.9	116.5	254.1	145.5	5.4	0.4	4.5	0.3	19.2	1.0	69.4	3.7	38.9	6.6
Mayo	144.4	125.3	165.7	117.6	268.4	146.9	5.6	1.0	4.7	0.4	25.9	2.0	71.8	4.9	44.5	6.8
Junio	147.3	126.7	168.1	118.8	281.3	148.7	4.8	1.2	4.7	0.5	32.0	3.3	74.2	6.2	49.4	7.1
Julio	151.4	126.8	191.6	140.4	295.0	149.6	5.2	0.6	4.8	0.5	38.0	3.9	75.4	6.2	54.4	6.6
Agosto	154.6	127.6	195.6	141.5	329.0	149.9	11.2	0.2	5.6	0.5	54.3	4.1	91.8	6.2	68.2	6.0
Septiembre	156.3	128.8	199.2	142.9	346.5	150.2	5.3	0.2	5.5	0.5	62.6	4.1	91.2	6.2	73.9	5.1
Octubre	158.6	129.9	200.1	143.2	364.5	150.5	5.2	0.2	5.5	0.4	71.0	4.5	90.4	4.9	79.0	5.1
Noviembre	163.4	131.1	207.1	143.6	382.9	150.2	5.1	-0.2	5.5	0.4	79.7	4.3	89.5	4.9	84.5	4.6
Diciembre	165.6	132.2	213.1	144.0	423.8	n.d.	10.7	n.d.	5.9	n.d.	90.8	n.d.	98.8	n.d.	98.8	n.d.
Anual	149.3	126.3	191.1	119.4	301.6											

1/ Base 1967 = 100. Reconvertido a Base 1978 corresponde al "All Urban Consumers" sin corrección estacional.

* Estimación del incremento anual del índice, bajo el supuesto de que la tasa mensual promedio desde enero, se convierte durante el resto del año.

1/ Preliminar

2/ Cifra revisada

n.d. No disponible

Fuente: Monthly Labor Review, U.S. Department of Labor.

INDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR EN MEXICO Y ESTADOS UNIDOS
Base 1978 = 100

TABLA 25

Meses	INDICES						VARIACIONES 1979										
	1977		1978		1979		% respecto al mes anterior		Media mensual desde enero		% respecto a diciembre 1978		Tasa media anual *		Anual con respecto al mismo mes de 1978		
	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	Méx.	E.U.	
Enero	78.2	89.7	93.5	95.0	110.0	104.7	3.5	0.9.	3.5	0.9	3.5	0.9	51.1	11.4	17.7	9.3	
Febrero	80.0	90.6	94.9	96.4	111.6	106.0	1.4	1.2	2.5	1.1	5.0	2.1	34.5	14.0	17.7	10.0	
Marzo	81.4	91.2	95.0	97.1	113.1	107.0	1.3	0.9	2.1	1.0	6.4	3.1	28.3	12.7	18.0	10.2	
Abril	82.6	91.9	96.9	98.0	114.2	108.2	0.9	1.1	1.8	1.0	7.4	4.2	23.9	12.7	17.0	10.4	
Mayo	83.3	92.4	97.9	98.9	115.7	109.6	1.3	1.3	1.7	1.1	8.8	5.6	22.4	14.0	18.2	10.8	
Junio	84.3	93.0	99.2	99.9	116.9	110.7 ^{p/}	1.1	1.0	1.6	1.1	10.0	6.6	21.0	14.0	17.9	10.8	
Julio	85.3	93.4	100.9	100.7	118.4	111.8 ^{p/}	1.2	1.0	1.5	1.1	11.4	7.7	19.6	14.0	17.3	11.0	
Agosto	87.0	93.8	101.9	101.2	120.1	112.9 ^{p/}	1.5	1.0	1.5	1.1	13.0	8.8	19.6	14.0	17.9	11.6	
Septiembre	88.6	94.2	103.1	102.0	121.6	114.0 ^{p/}	1.2	1.0	1.5	1.0	14.4	9.8	14.6	18.7	18.0	11.0	
Octubre	89.3	94.4	104.3	102.8	123.7	115.0 ^{p/}	1.7	0.9	1.5	1.0	16.4	10.8	19.6	12.7	18.6	11.9	
Noviembre	90.2	94.9	105.4	103.4	125.3	116.2 ^{p/}	1.3	1.0	1.5	1.0	17.9	12.0	19.6	12.7	18.9	12.0	
Diciembre	91.5	95.2	106.3	103.8	127.8	n.d.	1.8	n.d.	1.5	n.d.	20.0	n.d.	19.6	n.d.	20.0	n.d.	
Annual	85.2	92.9	100.0	100.0													

1/ base 1967 = 100. Reconvertido a Base 1978, corresponde a: "All Urban Consumers", sin corrección estacional.

2/ Equivalente anual de la tasa media mensual desde enero.

p/ Preliminar

n.d. No disponible

FUENTE: Monthly Labor Review, U.S. Department of Labor

TASAS DE INTERES DE DEPOSITOS A PLAZO FIJO^{1/}

Comparación semanal

PROMEDIOS DE COTIZACIONES DIARIAS EXPRESADAS EN PORCENTAJES ANUALES

(TABLA 26)

Países	1954		1955		1956	1957		1958		1959		1960		
	Jan. 1	31 Dic.	Jan. 1	31 Dic.		Jan. 1	31 Dic.	Jan. 1	31 Dic.	Jan. 1	31 Dic.	Jan. 1	31 Dic.	
Argentina	14.35	15.00	15.00	20.14	21.05	-	20.00	20.57	21.33	19.26	21.55	17.03	22.25	18.50
Brazo	11.11	12.50	13.51	14.50	14.11	-	12.55	13.11	12.14	12.46	12.44	12.30	12.13	12.00
Chile	20.00	16.47	15.70	12.04	11.15	-	15.15	17.05	17.05	17.15	16.00	15.00	15.02	15.15
Colombia	19.51	18.01	20.21	18.15	22.71	-	25.00	26.65	19.51	20.85	19.44	22.70	21.14	20.75
Costa Rica	19.00	15.57	19.00	15.50	22.50	-	25.10	25.03	26.70	15.77	20.00	15.71	22.75	18.10
Cuba	10.50	10.50	10.50	10.50	21.00	-	24.75	27.25	15.17	15.60	15.85	15.03	15.00	16.47
Ecuador	10.24	10.24	14.84	10.66	21.00	-	24.25	24.15	20.15	17.84	19.19	17.04	14.10	16.21
El Salvador	10.25	10.25	19.20	19.00	21.00	-	25.45	20.97	20.47	16.50	18.87	12.17	12.17	17.00
Guatemala	10.15	10.15	14.20	10.60	21.00	-	26.50	19.50	20.51	18.77	11.66	15.20	11.81	11.60
Haití	10.50	10.50	10.50	21.00	21.00	-	26.44	16.05	22.62	17.03	11.60	14.07	10.15	10.50
Honduras	17.00	15.21	15.71	15.13	21.51	-	25.00	15.61	22.51	16.35	16.06	14.21	16.77	16.16
Nicaragua	17.77	12.51	17.99	10.74	20.74	-	25.72	11.04	11.20	11.16	11.16	11.16	16.77	16.77
Panamá	16.54	17.31	17.69	12.61	20.84	-	25.20	12.54	11.62	11.27	11.82	11.97	16.77	16.44
Paraguay	17.54	14.25	16.29	11.50	21.29	-	26.44	11.74	11.44	14.32	8.74	11.11	15.26	15.17
Perú	15.01	15.11	15.76	15.28	22.56	-	18.11	15.50	16.81	15.79	15.81	15.29	15.77	17.03
Puerto Rico	17.76	14.34	14.51	14.03	21.31	-	16.66	14.80	11.60	14.91	15.00	14.00	15.68	15.81
Uruguay	19.44	14.24	20.14	13.07	22.29	14.00	24.00	15.11	15.84	15.11	11.64	11.11	17.26	14.96
Venezuela	21.82	18.20	18.11	14.61	27.61	18.00	30.25	18.51	10.56	11.56	11.56	11.56	14.74	11.95
América Latina	17.60	15.64	17.20	14.64	19.13	18.75	18.83	18.30	14.05	15.77	14.63	15.19	15.81	15.09
Asia	16.25	12.37	13.72	11.30	10.50	11.81	12.00	11.60	14.20	14.20	11.83	11.83	15.00	14.74
Europa	20.25	20.25	21.47	10.87	15.89	10.50	10.50	10.70	11.20	11.20	11.20	12.15	12.15	12.00
Estados Unidos	5.00	10.50	10.25	9.54	9.54	9.54	11.17	11.17	11.17	11.17	11.17	11.17	11.17	11.17
Europa Occidental	12.25	13.00	17.10	11.00	22.50	11.00	14.10	11.00	16.00	11.20	11.20	11.20	12.13	12.00
Francia	11.00	10.76	11.50	10.69	26.00	10.00	11.00	10.98	11.10	11.10	11.00	11.00	12.01	11.00
Alemania Occidental	10.50	9.06	9.06	25.50	9.96	11.00	9.97	11.10	10.11	11.10	11.00	11.00	10.86	11.00
Países Bajos	10.50	9.61	11.00	9.61	25.50	9.61	11.00	9.60	11.10	9.70	11.10	11.10	10.81	11.00
Reino Unido	10.50	9.51	11.00	9.66	25.50	9.66	11.00	9.50	11.10	9.20	11.10	11.10	10.56	11.00
América del Norte	10.50	9.50	11.00	9.81	25.50	9.81	11.00	9.80	11.10	9.80	11.10	11.10	10.16	11.00
Canada	10.50	9.60	11.00	9.50	25.50	9.50	11.00	9.55	11.60	9.55	11.60	11.60	10.19	10.96
Estados Unidos	10.50	9.69	11.00	9.69	25.50	9.70	11.00	9.69	11.60	9.69	11.60	11.13	10.19	10.96
América del Sur	10.50	9.68	11.00	9.91	25.50	9.91	11.00	9.91	11.60	9.91	11.60	11.13	10.19	10.96
Brasil	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
América Central	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
América del Este	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa Oriental	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Norte	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Sur	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Oeste	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Este	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Sur	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Norte	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Oeste	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Este	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Sur	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Norte	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Oeste	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Este	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Sur	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Norte	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Oeste	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Este	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Sur	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Norte	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Oeste	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Este	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Sur	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Norte	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Oeste	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Este	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Sur	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Norte	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Oeste	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Este	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Sur	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Norte	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Oeste	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Este	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Sur	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Norte	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Oeste	10.50	9.97	11.00	9.01	25.50	9.01	11.00	9.01	11.60	9.01	11.60	11.13	10.19	10.96
Europa del Este	10.50	9.97												

BIBLIOGRAFIA

- Aerstin and Street. Applied Chemical Process Design. 1a. edición. Plenum Press. New York. 1978
- Ander, Paul and Sonessa, A.J. Principios de Química. 1a. edición. Editorial Limusa. México. 1975
- ASHRAE, Inc. New York. 1977 Fundamentals
1978 Equipment
1980 Systems.
- Buffa, Elwood S. Administración y dirección técnica de la - Producción. 4a. edición. Editorial Limusa. México. 1982
- Castellan, Gilbert W. Fisicoquímica. 2a. edición. Fondo de Cultura Interamericano, S.A. México. 1976
- Crane Co. Engineering and Research División. Flow of - - - Fluids Through Valves, Fitting and Pipe. Chicago. 1965
- Domínguez Mota E., et al. Compilación Tributaria. Dofiscal editores. México. 1983
- Dossat, Roy J. Principios de Refrigeración. 1a. edición. -- Cía. Editorial Continental, S.A. México. 1981
- Foust, A.S., et al. Principios de Operaciones Unitarias. -- 1a. edición. 11a. impresión. CECSA. México. 1978
- Gunther, Raymond C. Refrigeration, Air Conditioning and - - Cold Storage. 2a. edición. Chilton Book Co. Radnor, Penn. 1969
- Himmelblau, David M. Principios y Cálculos Básicos en la -- Ingeniería Química. 2a. edición. CECSA. México. 1977
- Indicadores de Moneda y Banca. Banco de México, Diciembre - de 1980, y Diciembre de 1982.
- Índices de Precios. Banco de México. México. De 1979 a 1982
- Industrial Ventilation. Committee on Industrial Ventila---- tion. 13a. edición. Edwards Brothers Inc. Washington. 1974
- Informe Anual del Banco de México. México. De 1979 a 1982
- Kern, Donald Q. Procesos de Transferencia de Calor. 1a. e-- edición. 16a. impresión. CECSA. México. 1982
- Langley, Billy C. Air Conditionning and Refrigeration Trou-- bleshooting Handbook. Reston Publishing Co. Reston, Virg. 1980

Loyal, Clarke, and Davidson. Process Engineering Calculations. 2a. edición. Mc Graw Hill Co. New York. 1975

Lyman, F. Scheel. Gas and Air Compression Machinery. Mc Graw Hill Co. New York. 1961

Manual de Servicio para compresores de Refrigeración y Aire Acondicionado. Mayekawa de México, S.A. México. 1980

McCabe and Smith. Unit Operations of Chemical Engineering. 3a. edición. Mc Graw Hill Co. New York. 1976

Perry, Robert H. Chemical Engineering Handbook. 5a. edición Mc Graw Hill Co. New York. 1973

Ranzjević Kuzman. Handbook of Thermodynamic Tables and Charts. Hemisphere Publishing Corporation. Washington. 1975

Sparks and Dillio. Mechanical Refrigeration. 2a. edición. Mc Graw Hill Co. New York. 1959

Stoever, Herman J. Applied Heat Transmission. 1a. edición. Mc Graw Hill Co. New York and London. 1941

Viejo, Zubicaray M. Bombas. 2a. edición. Editorial Limusa. México. 1983

Welty, James R. Engineering Heat Transfer. 1a. edición. John Wiley and sons. New York. 1978