

21
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón
FACULTAD DE INGENIERIA

ANTEPROYECTO PARA LA UTILIZACION DE
ENERGIA SOLAR EN UN SISTEMA DE
REFRIGERACION EN PEQUEÑA ESCALA.

T E S I S

Para obtener el Titulo de

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

p r e s e n t a

RAMON VILLANUEVA PEREZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SAN JUAN DE ARAGON MEX.

1 9 9 1



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



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 GENERAL

CAPITULO I : INTRODUCCION

| | Pagina |
|---|--------|
| I.1 Recursos naturales y su problemática..... | 1 |
| I.2 Antecedentes históricos y económicos..... | 2 |
| I.3 Recursos usados actualmente..... | 3 |
| I.4 Antecedentes del aprovechamiento de energía solar..... | 4 |
| I.5 El sol..... | 5 |
| I.6 Insolación en la República Mexicana..... | 6 |
| I.7 Radiación solar en la República Mexicana..... | 7 |

CAPITULO II : OBJETIVO

| | |
|--|----|
| II.1 Planteamiento del objetivo..... | 11 |
| II.2 Costos de energía eléctrica..... | 12 |
| II.3 Descripción de la cámara frigorífica..... | 13 |

CAPITULO III : MARCO TEORICO DEL PROBLEMA

| | |
|--|----|
| III.1 Generalidades de un sistema de refrigeración..... | 20 |
| III.2 Procesos básicos de un sistema de refrigeración..... | 21 |
| III.2.a Evaporación..... | 22 |
| III.2.b Compresión..... | 22 |
| III.2.c Condensación..... | 23 |
| III.2.d Control..... | 24 |
| III.3 Refrigerantes..... | 25 |
| III.4 Cargas térmicas..... | 26 |
| III.4.a Transmisión de calor a través de barreras..... | 27 |
| III.4.b Ganancia de calor debido a efectos solares..... | 28 |
| III.4.c Cargas de calor por infiltración de aire..... | 29 |
| III.4.d Cargas debida al producto..... | 30 |
| III.4.e Cargas suplementaria..... | 31 |

CAPITULO IV : DESARROLLO DEL ANTEPROYECTO

| | Página |
|--|--------|
| IV.1 Consideraciones para las temperaturas de trabajo..... | 50 |
| IV.2 Selección de equipo de refrigeración..... | 51 |
| IV.2.a Selección de evaporador..... | 51 |
| IV.2.b Selección del dispositivo de control..... | 56 |
| IV.2.c Compresor..... | 60 |
| IV.2.d Condensador..... | 64 |
| IV.3 Sistema complejo..... | 64 |
| IV.4 Tecnología para el aprovechamiento de la energía solar..... | 74 |
| IV.5 Celda solar (fotocelda)..... | 78 |
| IV.6 Fundamentos físicos de la conversión de energía solar a eléctrica..... | 81 |
| IV.7 Bandas de energía..... | 84 |
| IV.8 Celda de silicio..... | 87 |
| IV.9 Respuesta espectral..... | 90 |
| IV.10 Interconexión de celdas solares..... | 97 |
| IV.11 Energía requerida por el sistema..... | 101 |
| IV.12 Módulos solares fotovoltaicos utilizados..... | 104 |
| IV.13 Estado tecnológico actual y actividades de Investigación y Desarrollo..... | 109 |
| IV.14 Sistema de almacenamiento y recuperación de energía..... | 112 |
| IV.15 Estudio económico..... | 117 |

CAPITULO V : PROPUESTA PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA

| | |
|--------------------------------------|-----|
| V.1 Instalación de los sistemas..... | 117 |
|--------------------------------------|-----|

CAPITULO VI : RESULTADOS y CONCLUSIONES

| | |
|------------------------|-----|
| VI.1 Conclusiones..... | 121 |
|------------------------|-----|

| | Página |
|-------------------------|--------|
| A P E N D I C E 1 | 114 |
| A P E N D I C E 2 | 129 |
| Indice de figuras | 145 |
| Indice de tablas | 149 |
| Bibliografía..... | 152 |

CAPITULO I

INTRODUCCION

- I.1 Recursos naturales y su problemática
- I.2 Antecedentes históricos y económicos
- I.3 Recursos usados actualmente
- I.4 Antecedentes del aprovechamiento de energía solar
- I.5 El sol
- I.6 Insolación en la República Mexicana
- I.7 Radiación solar en la República Mexicana

CAPITULO I

INTRODUCCION

I.1 RECURSOS NATURALES Y SU PROBLEMATICA

Desde hace algún tiempo, la crisis energética ha estado ocupando los titulares de los periódicos, por ejemplo, el embargo del petróleo en 1973, el déficit de gas natural en el invierno de --- 1976-1977, la escasez de carbón entre 1977-1978; estas situaciones constituyen augurios de verdaderas crisis. Esto podría implicar la formulación de una nueva política, unificada en materia de energía. Sin embargo, no se ha tomado una decisión al respecto, - una causa posible de esta falta de acción es que muchos dudan que exista siquiera una crisis energética. Aunque hay excepciones, y - algunos países han decidido modificar sus necesidades y conservar energía, otros decidieron abandonar el uso de combustibles tradicionales y recurrir a otras fuentes, pero la mayoría ha decidido seguir igual que antes.

No obstante, existe realmente un problema de energéticos y, - se debe aceptar que :

- Una sociedad que depende del uso de energía, consume enormes -- cantidades de ella.
- Las necesidades futuras exceden en mucho a las proyecciones de energía disponible.
- Los costos de energía disponible siguen una espiral ascendente y pueden convertirse para muchos en un problema financiero.
- El consumo de energía se debe planear ahora, para evitar una -- escasez y lograr un uso más racional de estas fuentes energéticas.

I.2 ANTECEDENTES HISTORICOS Y ECONOMICOS

La energía no se puede ver ni saborear, no produce ruido ni sensación, no lastima al olfato. No es una sustancia material. -- Sin embargo, sin ella la vida dejaría de existir.

Hay muchas formas de energía y muchas maneras de producirla. La energía se puede producir quemando combustibles, tales como -- petróleo, gas, carbón o leña. También se puede producir mediante electricidad, reacciones químicas o la fisión nuclear, igualmente la pueden producir los rayos del sol.

Si bien no es posible tenerla en la mano, la energía sí se -- puede medir. En materia de refrigeración la unidad básica de medida es la British thermal unit o BTU . En la figura I.1 se indica el valor energético de cierta clase de combustibles. Aunque estas cantidades no son gran cosa, considerando algunas necesidades típicas como las que se indican en la figura I.2 .

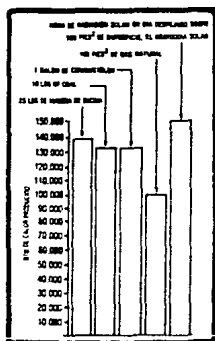


Figura I.1 Valor energético de ciertas clases de combustibles. (Referencia 12)

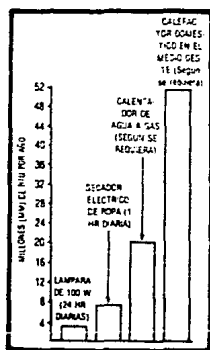


Figura I.2 Requerimientos de energía típicos. (Referencia 13)

I.3 RECURSOS USADOS ACTUALMENTE

En nuestros días la demanda de energía excede a los suministros que de ella se tienen, las fuentes tradicionales que son el petróleo, el gas, el carbón y la fuerza eléctrica, tenderán a -- ser cada vez más insuficientes por la creciente demanda que hay de ellas.

El PETRÓLEO seguido del GAS son importantes componentes de suministro de energía y, éstos han sufrido grandes limitaciones para seguir siendo como hasta ahora lo fueron, una fuente económica de energía, ya que como todos sabemos, son recursos no renovables y por el gran consumo que ha habido de ellos, esto principalmente en los últimos 10 años, han sufrido grandes elevaciones de precio, lo que ha incitado a las naciones a encontrar un sustituto de estas fuentes de energía.

El CARBÓN es una de las fuentes de energía más abundante, -- podría ser el sustituto del petróleo, pero el uso de carbón presenta varios inconvenientes y el principal de ellos es la contaminación en el proceso de combustión, además de los grandes riesgos para extraerlo de las minas; también el carbón necesita ser ---- transportado, cargado y procesado antes de cualquier uso, por lo que resultaría caro.

LA ENERGÍA NUCLEAR, podría esperarse que fuera también el -- sustituto, pero aquí se presentan algunos problemas y, el más -- importante de ellos es la falta de ingeniería de seguridad ---- nuclear, la cual es hasta la fecha insuficiente y tendrá un prolongado período para su correcto uso.

LA ENERGÍA ELÉCTRICA, en lo que a ésta se refiere, es barata antes de su distribución, pero se encarece al tenerse que distribuir a través de grandes distancias entre numerosos pequeños consumidores, anexando a esto también el que la demanda excede a su generación y que cada vez cuesta más producirla, por lo que a

últimos años se ha incrementado su costo.

ENERGIA SOLAR, esta fuente de energía es altamente atractiva y es basada en una fuente renovable, la cual no está sujeta a ninguna acción política ni económica y, no requiere de transportación ni distribución y presenta las condiciones de seguridad para ser trabajada. La energía solar puede ser colectada, convertida y almacenada con presentes tecnologías, que todavía están en etapa de desarrollo.

Futuros avances en este campo podrían reducir el costo del equipo de energía solar. El único problema que puede afectar el rango de energía es que ésta solo puede ser colectada durante las horas en que está presente el sol, por lo tanto, la mayor eficiencia se tendrá durante los días claros y soleados. Por tanto se deben hacer provisiones para almacenar, y así solventar las demandas nocturnas.

Ante tales condiciones la energía solar presenta varios atributos para ser el sustituto de la energía común usada, basada en el consumo de los recursos no renovables.

I.4 ANTECEDENTES DEL APROVECHAMIENTO DE ENERGIA SOLAR

La energía en todas sus formas (petrúlera, eléctrica, hidráulica, geotérmica, atómica, etc.) y sus medios de aprovechamiento y buen uso, establecen el estilo de vida, el equilibrio ecológico, el desarrollo o el subdesarrollo, el avance tecnológico, industrial y productivo. De aquí el interés en la búsqueda de fuentes de energía a lo largo de la historia de la humanidad. En esta búsqueda surgen como primeras fuentes energéticas: el sol, el viento y la energía hidráulica.

El sol, fuente generadora de vientos y lluvias, ha propiciado también la formación de los energéticos fósiles no renovables (petróleo, gas combustible y carbón). De ahí que, debemos pensar en su escasez y poner en práctica nuevas fuentes de energía a fin de no depender de las no renovables y así darles usos mejores, más productivos y prolongar las reservas energéticas no renovables.

bles, para el mejor desarrollo de nuestro país.

En México existen poblaciones con clima caluroso y lluvias escasas, situadas en lugares apartados y de complicado acceso, de tal forma que el transporte de combustible y la ramificación de líneas eléctricas son de difícil realización, por lo que, si se aspira al mejoramiento de las condiciones de vida en esos lugares, debemos utilizar una fuente de energía más accesible, autónoma y disponible como lo es la energía solar.

Una de las necesidades que puede ser satisfecha en estas zonas, utilizando la energía solar, es la conservación de alimentos como carnes y productos lácteos, entre otros que requieren de refrigeración para su almacenamiento y conservación.

Esto traería como consecuencia el mejor aprovechamiento de los recursos alimenticios, dado que las condiciones climáticas de esas zonas no permite disponer de alimentos, que sin refrigeración, serían de consumo inmediato por temor a perderlos por descomposición.

1.5 EL SOL

El sol es una masa con una atmósfera de gases calientes. El estudio directo no puede penetrar más allá de la doble atmósfera (la corona y la cromósfera) porque solamente la energía de estas zonas llega a la tierra después de un viaje de 150 millones de kilómetros en forma de luz visible. Adn así se ha calculado la densidad, temperatura y composición de estos gases.

La energía total emitida por el sol puede estimarse por la cantidad de energía que llega a nuestro planeta, siendo ésta, resultado de una atenuación producida principalmente por los gases constituyentes de la atmósfera terrestre, los cuales dan lugar a fenómenos de reflexión, dispersión y absorción. Así cada metro cuadrado de superficie terrestre recibe una cantidad promedio de energía equivalente a 1 kilowatt.

No toda la radiación recibida del sol tiene la misma longitud de onda, como lo muestra la figura 1.3 . El espectro solar -

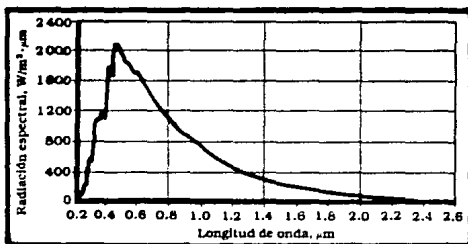


Figura 1.3 Distribución espectral de la radiación solar. (REFERENCIA 14)

Comprende la región ultravioleta (0.115 a 0.475 μm) con 9.294% de energía, la región visible (0.475 a 0.74 μm) con 41.476% de energía, y la región infrarroja (0.74 a 2.4 μm) con 49.231% de la energía. La máxima intensidad de energía solar ocurre en la región visible del espectro. Las características del aspecto solar son importantes para seleccionar algunos de los materiales empleados en el aprovechamiento de esta fuente.

El CALOR y la LUZ formas de manifestación de la radiación solar que recibe la superficie terrestre presenta variaciones debido a factores climáticos, situación geográfica, altitud, además de los niveles de insolación que varían en función de las fluctuaciones diarias y estacionales de humedad y calor atmosférico de cada zona en particular.

1.6 INSOLACIÓN EN LA REPUBLICA MEXICANA

Nuestro país se encuentra dentro del cinturón de insolación máxima anual media, comprendida entre los 37 latitud norte del globo terrestre, lo que lo sitúa en una posición geográfica privilegiada.

leciada de insolación, con un gran potencial energético aprovechable.

Las zonas áridas y semi-áridas que ocupan casi el 67% del país, tienen una espléndida insolación durante todo el año, por lo que la energía solar se puede aprovechar como fuente energética.

El tiempo de insolación en una zona, depende de la cantidad de nubosidad que se presente en la misma. Hay que hacer énfasis en que el máximo de insolación es de 360 horas mensualmente, ya que serían 12 horas de sol por día, esto en caso de no interferir las nubes entre la superficie y el sol.

La figura I.4 muestra en forma gráfica las horas de sol promedio mensual en la República Mexicana; esto quiere decir, que es la suma de las mediciones de todos los meses dividido entre 12, que es el número de éstos al año. Observamos hacia el noroeste la mayor cantidad, descendiendo hacia la costa del Golfo de México y, elevándose nuevamente hacia la Península de Yucatán.

I.7 RADIACION SOLAR EN LA REPUBLICA MEXICANA

Cuando la radiación del sol entra a la atmósfera de la tierra, parte de ella es absorbida y solo un 46% del total llega a la superficie terrestre. De esta radiación un 9% de la energía pertenece a la región ultravioleta (onda pequeña), un 41% a la región visible y el restante 50% a la región infrarroja (onda larga).

La medición de la radiación solar que llega a la tierra durante un cierto periodo es realizada con delicados instrumentos, que exigen una calibración rigurosa, llamados PIRHELIMETROS.

La radiación global, es la suma de la radiación solar directa, con la radiación solar difusa. La primera es la energía que llega a la superficie de la tierra, de toda la que es recibida en los límites de la atmósfera pues gran parte se refleja al espacio exterior, y la difusa es la dispersada hacia abajo, principalmente por las nubes y la atmósfera.

La situación geográfica de México permite que la recepción -

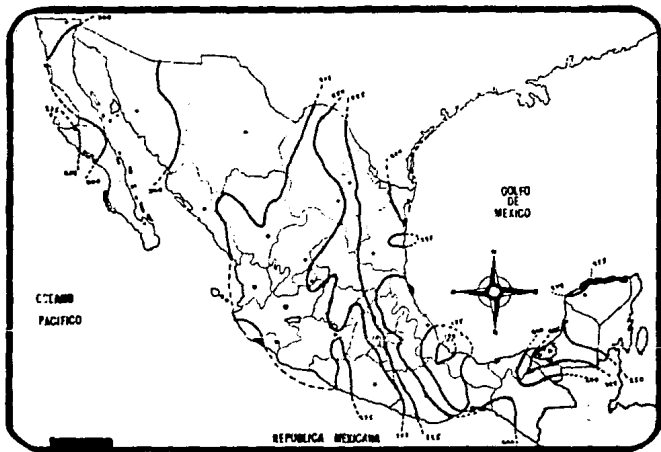


Figura I.4 Horas de sol promedio mensual en la República Mexicana. (Referencia 16)

de la radiación sea ventajosa, como se puede observar en las figuras I.5a, I.5b, I.5c, I.5d, I.5e, I.5f, I.5g, I.5h, I.5i, I.5j, I.5k, I.5l, I.5m, que nos muestran la radiación global diaria promedio para cada mes del año, así como la radiación global diaria promedio en el año. Pues la mitad de la República Mexicana atraviesa el paralelo 23°27' de latitud norte, o sea, el Trópico de -- Cáncer.

Estas son las amplias perspectivas de explotación que ofrecen las características de insolación en nuestro país, en el campo de la conversión térmica y fotovoltaica de la radiación, que vendrían a complementar los energéticos convencionales que cada día son más escasos y costosos.

INSOLACION EN EL LUGAR EN QUE SE REALIZA EL TRABAJO

La tabla I.1, nos muestra las horas promedio, por mes de horas de sol de los últimos años para la zona norte de la Ciudad de México, dada por la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

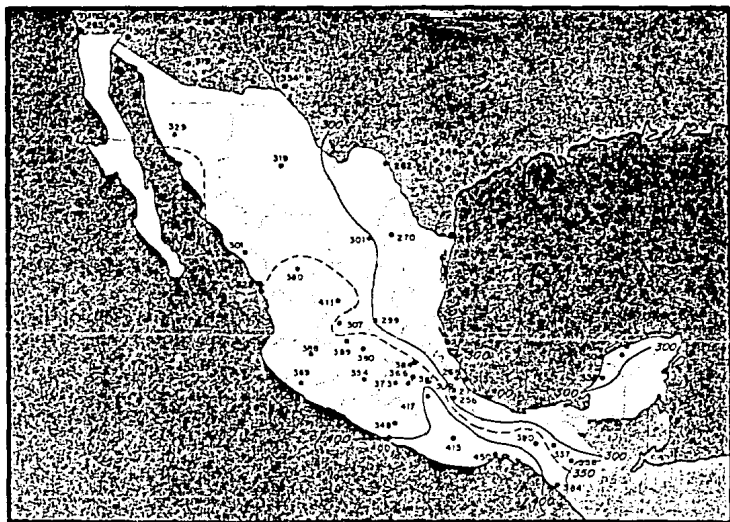


Figura 1.5a Radiación global diaria promedio en el mes de enero (cal/cm²/día) (Guerrero)

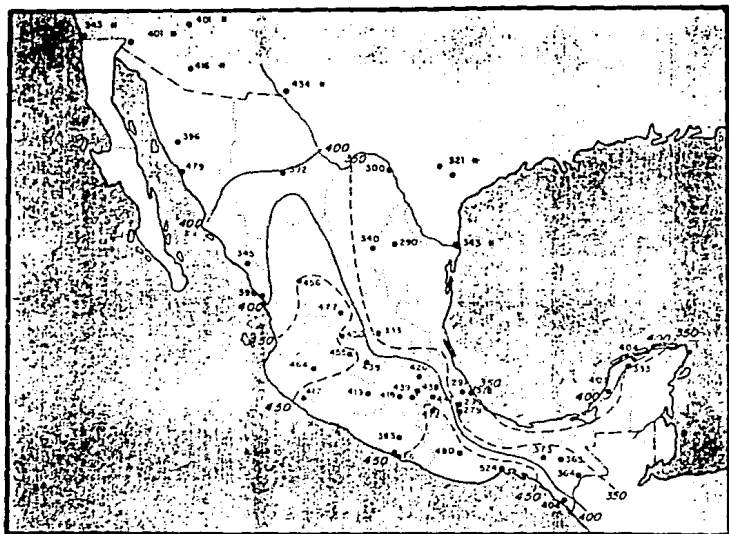


Figura 1.5b Radiación global diaria promedio
 en el mes de febrero (cal/cm² día) (REVILLA-GÓMEZ 19)

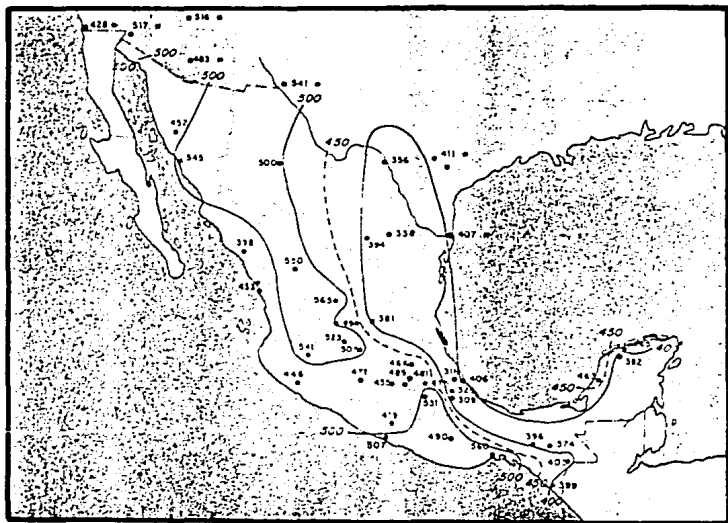


Figura 1.5c Radiación global diaria promedio
 en el mes de marzo (cal/cm²/día) (Ribeiro et al. 1981)

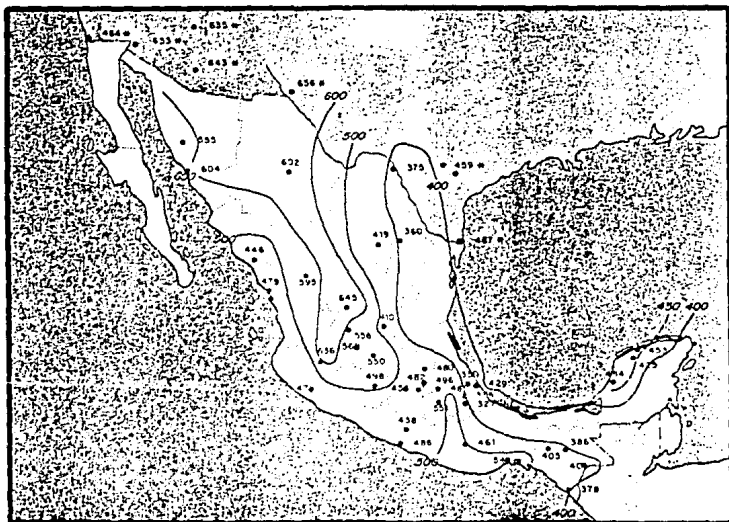


Figura I.54 Radiación global diaria promedio
 en el mes de abril (cal/cm²/día) (Castañeda 1961)

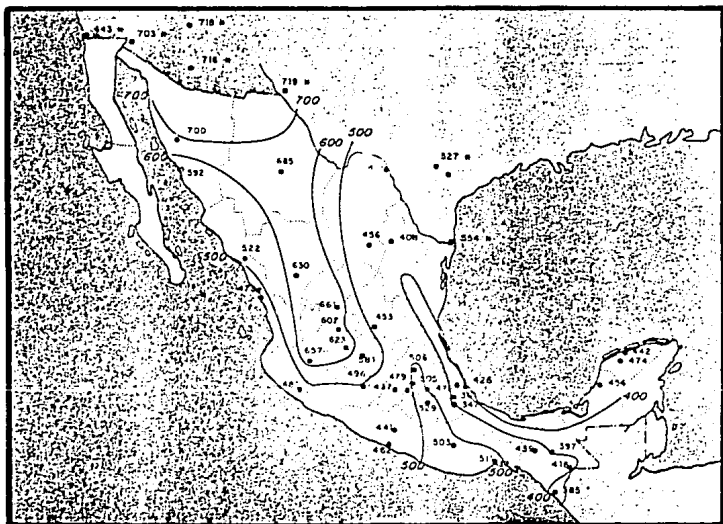


Figura 1.5e Radiación global diaria promedio
 en el mes de mayo (cal/cm² día) (RUIZCANA 14)

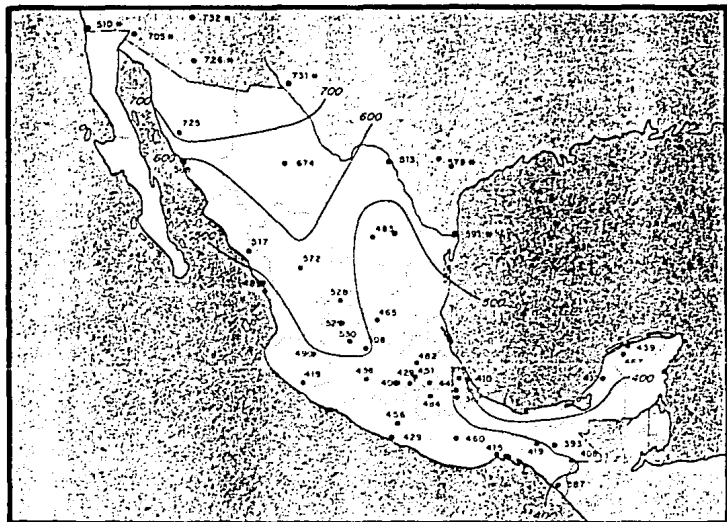


Figura 1.56 Radiación global diaria promedio en el mes de junio. (cal/cm²/día) (WATSON, 1961)

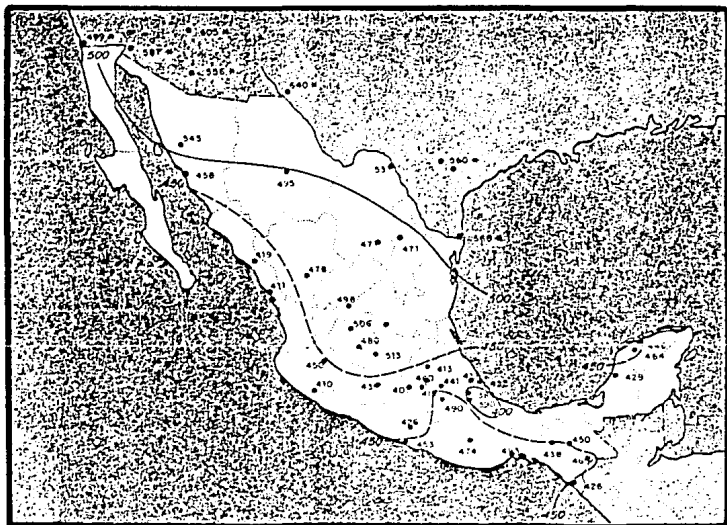


Figura 1.5h Radiación global diaria promedio en el mes de agosto (cal/cm²/día) (Guerrero)

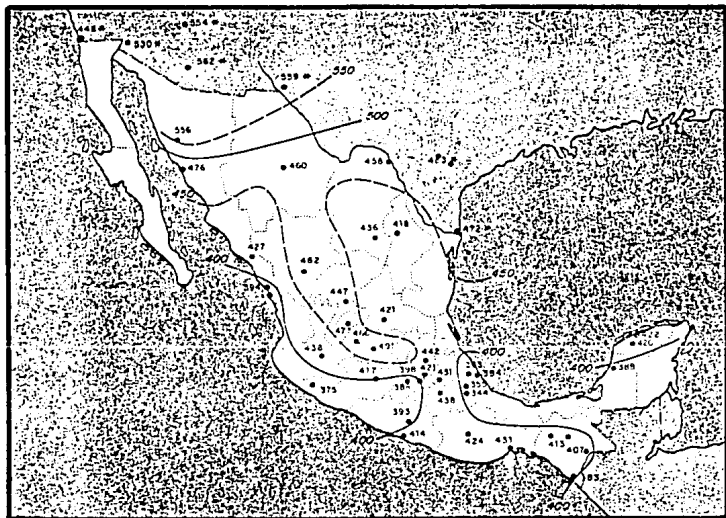


Figura I.5j Radiación global diaria promedio en el mes de septiembre (cal/cm² día) (Bastarache et al.)

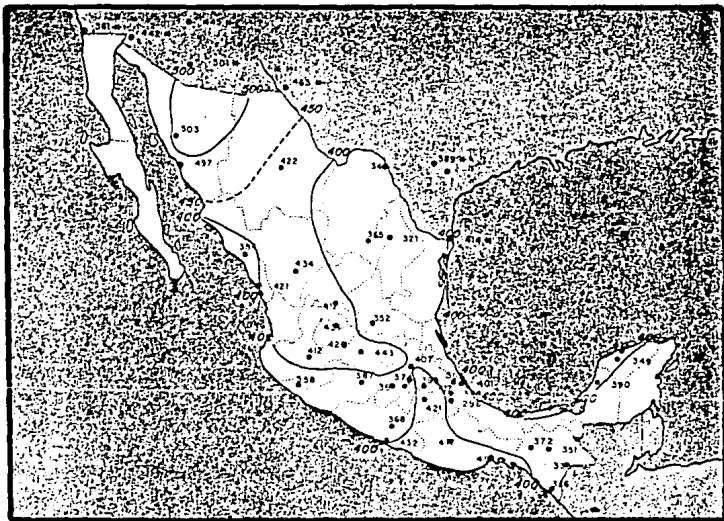


Figura 1.54 Radiación global diaria promedio en el mes de octubre (cal/cm²/día) (Guerrero)

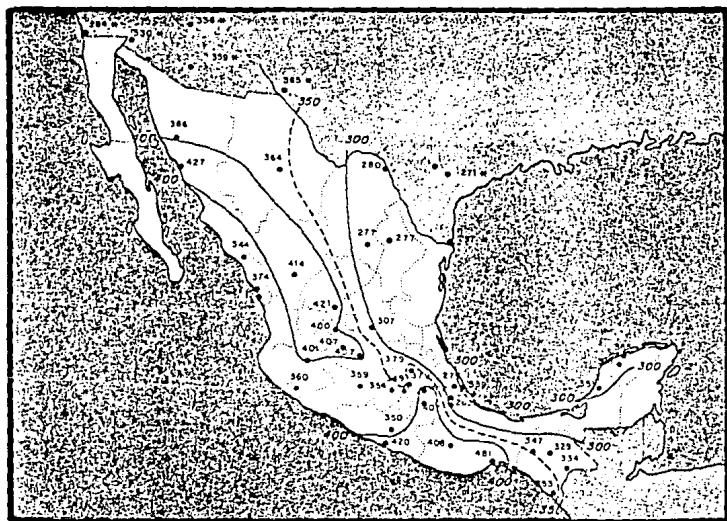


Figura 1.5k Radiación global diaria promedio
 en el mes de noviembre (cal 'cálida') (RIVERO '84)

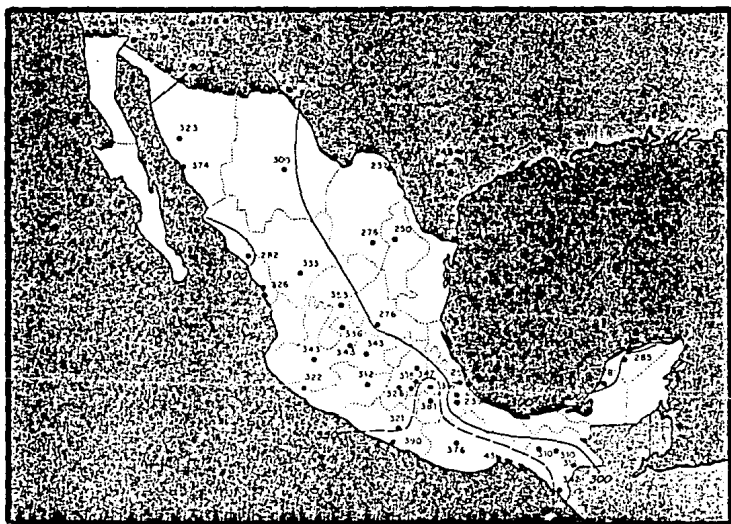


Figura I.51 Radiación global diaria promedio en el mes de diciembre (cal/cm²/día) (datos INEGI)

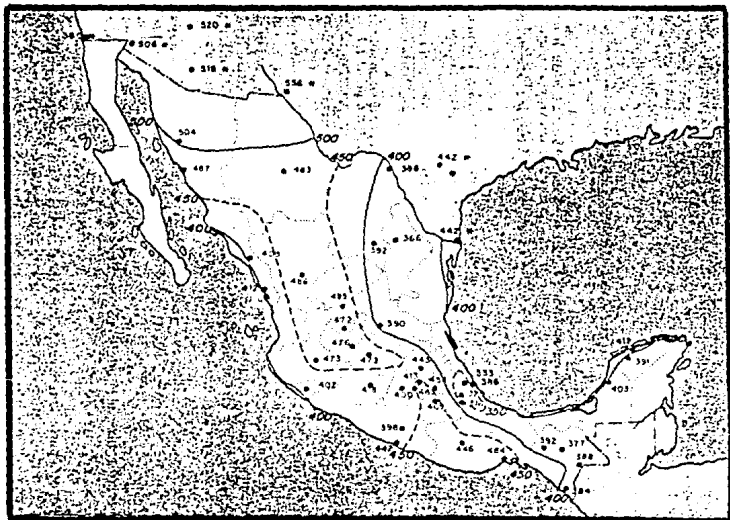


Figura 1.5m Radiación global diaria promedio
 en el año (cal/cm² día) (Referencia 14)

DIRECCION GENERAL DEL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL
 NOMBRE DE LA ESTACION : AEROPUERTO INTERNACIONAL DE
 LA CIUDAD DE MEXICO

LATITUD : 19°26" LONGITUD : 99°05"

ELEMENTO METEOROLOGICO : INSOLACION

TARJETA DE RESUMEN MENSUAL Y ANUAL

UNIDADES : HORAS-MINUTOS

TABLA I.1 (REFERENCIA 12)

| AÑO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AUG | SEPT | OCT | NOV | DIC |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1981 | 182.33 | 212.21 | 232.26 | 248.81 | 261.13 | 256.16 | 271.51 | 281.81 | 281.51 | 258.28 | 231.88 | 216.28 |
| 1982 | 201.85 | 231.51 | 248.26 | 253.21 | 258.11 | 251.51 | 258.18 | 241.15 | 226.82 | 208.21 | 188.16 | 168.11 |
| 1983 | 187.26 | 222.26 | 231.15 | 241.12 | 247.21 | 252.26 | 258.11 | 261.21 | 251.21 | 231.21 | 211.21 | 191.21 |
| 1984 | 206.16 | 231.12 | 241.21 | 247.12 | 252.21 | 257.21 | 261.21 | 261.21 | 251.21 | 231.21 | 211.21 | 191.21 |
| 1985 | 211.21 | 231.21 | 241.21 | 247.12 | 252.21 | 257.21 | 261.21 | 261.21 | 251.21 | 231.21 | 211.21 | 191.21 |
| 1986 | 206.16 | 231.12 | 241.21 | 247.12 | 252.21 | 257.21 | 261.21 | 261.21 | 251.21 | 231.21 | 211.21 | 191.21 |
| 1987 | 211.21 | 231.21 | 241.21 | 247.12 | 252.21 | 257.21 | 261.21 | 261.21 | 251.21 | 231.21 | 211.21 | 191.21 |
| 1988 | 206.16 | 231.12 | 241.21 | 247.12 | 252.21 | 257.21 | 261.21 | 261.21 | 251.21 | 231.21 | 211.21 | 191.21 |
| 1989 | 211.21 | 231.21 | 241.21 | 247.12 | 252.21 | 257.21 | 261.21 | 261.21 | 251.21 | 231.21 | 211.21 | 191.21 |
| 1989 | 206.16 | 231.12 | 241.21 | 247.12 | 252.21 | 257.21 | 261.21 | 261.21 | 251.21 | 231.21 | 211.21 | 191.21 |

El promedio de horas de sol al mes en el año de 1989 es de 235.33 horas-minutos .

El promedio de horas de sol por día en el año de 1989 es de 7.84 horas-minutos .

CAPITULO II

OBJETIVO

- II.1 Planteamiento del objetivo
- II.2 Costos de energía eléctrica
- II.3 Descripción de la cámara frigorífica

CAPITULO II

OBJETIVO

II.1 PLANTAMIENTO DEL OBJETIVO

El mundo se enfrenta a un déficit de energía, el cual muchos prefieren ignorar; pero estudios realizados, nos demuestran que - los costos de energía (recursos no renovables), subirán más rápidamente que el resto de la economía. No importa los datos que se usen, los mayores costos son inevitables y, si a caso, lo único que está sujeto a discusión, es la tasa de incremento.

Ante tal situación, el presente trabajo pretende estudiar la posibilidad de aprovechar la energía solar en los procesos de refrigeración en pequeña escala, con el objeto de usar una fuente energética diferente a la convencional (energía eléctrica).

Haciendo la aclaración de las limitaciones del presente trabajo :

- Técnicas
 - Ubicación geográfica del marco de trabajo. El proyecto se realiza para el Estado de México, ubicado en los 19 latitud --- norte.
 - Insolación en la zona de trabajo.
- Económicamente el presente trabajo se limita por :
 - Costos de elementos de refrigeración.
 - Costo de la transformación de la energía solar.
- Para el sistema se utilizará la temperatura de diseño para verano (como temperatura exterior), correspondiente al Estado de México, que es de 32°C (90°F).

II.2 COSTOS DE ENERGIA ELECTRICA

Los costos y, por consiguiente los precios de energía eléctrica dependen de varios factores entre los que se encuentran, - en primer término la mezcla de tecnologías que se empleen para su generación y en segundo, factores como :

- Economías de escala
- Patrones de consumo de los usuarios
- Distancias de transmisión etc.

En relación con los precios de energía eléctrica en México, las tarifas se identifican mediante la siguiente lista :

| MUPERC | TARIFA |
|------------|---|
| 1 | Servicio residencial |
| 1A, 1B, 1C | Servicio residencial para localidades con clima - muy calido |
| 2 | Servicio general hasta 25 kilowatts de demanda |
| 3 | Servicio general para más de 25 KW de demanda |
| 4 | Servicio para molinos de nixtamal y tortillerías |
| 5 | Servicio de alumbrado público |
| 6 | Servicio para bombeo de aguas potables o negras - de servicio público |
| 7 | Servicio temporal |
| 8 | Servicio general de alta tensión |
| 9 | Servicio para bombeo de aguas de riego agrícola |
| 10 | Servicio de alta tensión para reventa |
| 11 | Servicio de alta tensión para explotación y beneficio de minerales |
| 12 | Servicio general para tensiones de 66 KV ó superiores |

SECTOR COMERCIAL

Las ventas de energía eléctrica al sector comercial en México se considerarán dentro de las tarifas 2, 3 y 4 .

SECTOR INDUSTRIAL

Los precios de las ventas de energía eléctrica al sector industrial se considerarán dentro de las tarifas 8 y 12 .

ALUMBRADO PUBLICO

En México este servicio corresponde a la tarifa 5 .

SECTOR RESIDENCIAL

Los precios de venta de energía eléctrica al sector residencial en México corresponden a las tarifas 1, 1A, 1B, y 1C .

BOMBEO AGRICOLA

La energía eléctrica utilizada para el bombeo de aguas para riego agrícola, corresponde a la tarifa 9 .

** El consumo de energía eléctrica del sistema de refrigeración corresponde al sector comercial, por lo que solo se darán los precios de las tarifas de éste sector.

TARIFA No. 2

Servicio general hasta 25 KU de demanda.

1 - Cuotas aplicables mensualmente

1.1 Cargo fijo

\$ 3 215.43 (tres mil doscientos quince pesos cuarenta y tres centavos)

1.2 - Cargos adicionales por la energía consumida

- ‡ 242.29 (doscientos cuarentaidos pesos veintinueve cen tavos) por cada uno de los primeros cincuenta (cincuenta) Kilowatt-Hora .
- ‡ 303.02 (trecientos tres pesos os centavos) por cada uno de los siguientes 50 (cincuenta) ----- Kilowatt-Hora .
- ‡ 330.75 (trecientos treintaiocho pesos setentaicinco - centavos) por cada Kilowatt-Hora adicional - a los anteriores.

TARIFA 3

Servicio general para más de 25 Kilowatts de demanda

1 - Cuotas aplicables mensualmente

1.1 - Cargo por demanda máxima

- ‡ 33 513.98 (treintaitrés mil quinientos trece pesos - noventaiocho centavos) por cada ----- Kilowatt- de demanda máxima medida

1.2 - Cargos adicionales por energía consumida

- ‡ 155.65 (ciento sesentaseis pesos sesentaicinco centavos) por cada Kilowatt-Hora

II.3 DESCRIPCION DE LA CAMARA FRIGORIFICA

El diseño será realizado en el Estado de México. El proyecto será para un cuarto refrigerado (obrador), en el cual se almacena un promedio de 5000 kilogramos de carne de res fresca, la cual no llega del rastro a una temperatura de 25°C, esta carne es transportada por camionetas. La carne es depositada en el cuarto por dos trabajadores en aproximadamente una hora. La duración de la carne en la bodega es de aproximadamente un día. La carne es retirada en pequeños periodos de tiempo, los cuales suman aproximadamente 2 horas.

Las dimensiones de la bodega son :

- 6.10 metros de largo (20 ft)
- 6.10 metros de ancho (20 ft)
- 3.05 metros de alto (10 ft)

Las paredes y techo están forradas en su parte interior por 4 pulgadas de fibra de vidrio; las paredes tienen un acabado exterior de aplacado de cemento, pintadas de color blanco.

El piso es de hormigón de 6 pulgadas recubierto con mosaico.

La puerta de la bodega es de 4 pulgadas de madera de pino blanco, con 2 pulgadas de fibra de vidrio como recubrimiento. Las dimensiones de la puerta son :

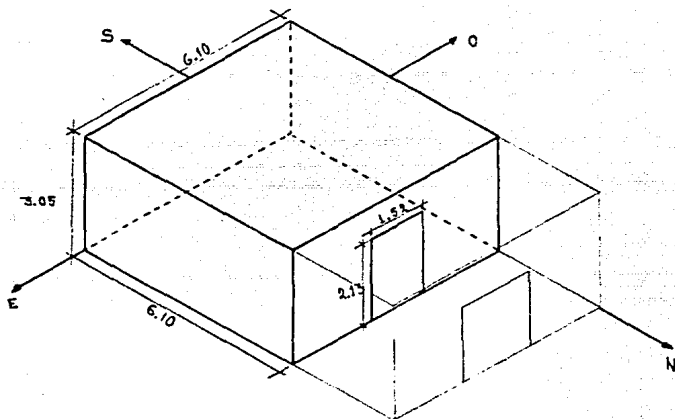
- 2.13 metros de alto (7 ft)
- 1.52 metros de ancho (5 ft)

En el interior del cuarto existen dos lámparas de 40 Watts cada una (solo se encienden al abrir la puerta) .

La temperatura en el interior de la bodega es de 1.6°C (35° Fahrenheit).

ORIENTACION DE LA BODEGA

La figura II.1 nos muestra la orientación de la cámara frigorífica.



- Acotaciones en metros "m"

Figura II.1 Orientación de la cámara.

CAPITULO III

PARTE TEORICA DEL PROBLEMA

- III.1 Generalidades de un sistema de refrigeración
- III.2 Procesos básicos de un sistema de refrigeración
 - III.2.a Evaporación
 - III.2.b Compresión
 - III.2.c Condensación
 - III.2.d Control
- III.3 Refrigerantes
- III.4 Carga térmica
 - III.4.a Transmisión de calor a través de barreras
 - III.4.b Ganancia de calor debido a efectos solares
 - III.4.c Carga de calor por infiltración de aire
 - III.4.d Carga debida al producto
 - III.4.e Carga suplementaria

CAPITULO III

PARTE TERRICO DEL PROBLEMA

III.1 GENERALIDADES DE UN SISTEMA DE REFRIGERACION

REFRIGERACION

La refrigeración es el proceso de reducir la temperatura de un cuerpo o espacio por medio de la eliminación de calor, y mantener esta temperatura más baja que la del medio ambiente inmediato.

La principal razón para emplear la refrigeración, es la conservación de alimentos como carnes, frutas y verduras que se estropean y pudren rápidamente. La putrefacción de alimentos se debe al desarrollo de microorganismos que solo pueden propagarse y multiplicarse a temperaturas cálidas. Los microorganismos no pueden desarrollarse con temperaturas inferiores a 4 o 7 grados centígrados.

EL CALOR

El calor es una forma de energía, que nos llega principalmente del sol, cualquier objeto sobre la tierra contiene energía calorífica.

UNIDADES DE MEDICION

El BTU (CALORIA), es la unidad fundamental del calor, el BTU British Thermal Unit (Caloría), es igual a la cantidad de calor que es necesario añadir o tomar de una libra (Kilo) de agua para cambiar su temperatura 1°F (1°C). El BTU (Caloría) es usado para medir el calor total de los objetos. A mayor cantidad de calor más BTU (Caloría) y viceversa.

TEMPERATURA

Aunque el contenido total de calor de un objeto depende del número de BTU (Calorías), éste no determina la temperatura. La temperatura depende de la concentración de BTU (Calorías); por ejemplo, un objeto pequeño y ligero y un objeto grande y pesado, ambos tienen 5000 BTU (12600 Kcal) de calor, el objeto pequeño tendrá una temperatura más alta debido a la mayor concentración de BTU (Calorías). En otras palabras a mayor concentración de BTU (Calorías) temperaturas más altas.

ESCALAS DE TEMPERATURA

La temperatura de un objeto es medida por medio de la escala Fahrenheit ó Centígrada. Las cuales se basan en el efecto del calor sobre el agua en estas escalas 32°F (0°C) indica la temperatura a la cual el agua se congela y 212°F (100°C) la temperatura a la cual hierve.

TONELADA DE REFRIGERACION

Equivale al enfriamiento que da una tonelada de hielo derriendiéndose en 24 horas. Una tonelada de refrigeración absorberá 288 000 BTU en un periodo de 24 horas, ya que una libra de hielo a 32°F cuando se derrite absorbe 144 BTU, esto lleva a 12 000 BTU eliminadas por hora ó 200 BTU por minuto.

CALOR SENSIBLE

Es la energía que resulta de un cambio de temperatura de una sustancia, puede sentirse o notarse este cambio de temperatura.

CALOR LATENTE

Se refiere a la cantidad de energía calorífica necesaria para cambiar el estado físico de una sustancia, de sólido a líquido.

do ó de líquido a vapor, sin cambiar la temperatura de la misma, -- o sea que esta energía calorífica no puede sentirse o notarse.

TRANSMISIÓN DE CALOR

El calor pasará naturalmente desde los puntos de mayor temperatura hacia los puntos de menor temperatura, transmitiéndose a través de 3 métodos llamados: CONDUCCIÓN, CONVECCIÓN y RADIACIÓN

CONDUCCIÓN

Se refiere al paso del calor a través de las moléculas de los cuerpos sólidos en contacto directo, del de mayor temperatura al de menor temperatura.

CONVECCIÓN

Es la forma de flujo de calor que se presenta en los fluidos donde las moléculas están libres para moverse. Cuando el calor -- fluye por este método lo hace debido al movimiento de las moléculas.

RADIACIÓN

Es una forma de movimiento de calor que no depende de las moléculas. En este caso el calor viaja de la misma forma que la luz proveniente de una lámpara. El calor del sol viaja de esta forma.

III.2 PROCESOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

En el diagrama de la figura III.1 se muestran los cuatro componentes básicos necesarios en cualquier sistema de refrigeración. De hecho sólo una pequeña parte de este sistema es usado para lograr el enfriamiento. El resto del sistema es equipo necesario para la recuperación del refrigerante, o sea, sirve como medio para convertir el refrigerante de gas a líquido de modo que se pueda --

volver a usar.

El funcionamiento del sistema se comprende fácilmente si se divide su operación en cuatro fases las cuales constituyen el llamado ciclo de refrigeración. Estas fases son : Evaporación, - Compresión, Condensación y Control.

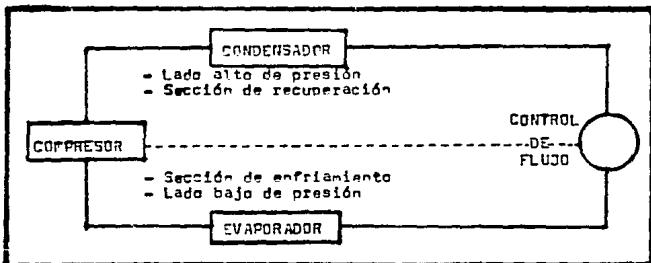


Figura III.1 Componentes básicos de un sistema de refrigeración (Referencia 9)

III.2.a EVAPORACION

En la etapa de evaporación el refrigerante absorbe el calor del espacio que lo rodea, enfriándolo por consiguiente. Esta etapa tiene lugar en un componente llamado evaporador, el cual es llamado así, debido a que al absorber calor el refrigerante, cambia de líquido a gas, o sea, se evapora.

III.2.b COMPRESION

Después de evaporarse el refrigerante es conducido a un compresor donde se aumenta la presión. Este aumento de presión es necesario para que el gas refrigerante cambie fácilmente a líquido.

III.2.c CONDENSACION

La fase de condensación del ciclo se efectúa en una unidad - llamada condensador. Aquí el gas refrigerante a alta presión cede calor al aire ó agua, cambiándolo de gas a líquido.

III.2.d CONTROL

La fase de control del ciclo de refrigeración es desarrollada por un mecanismo de control de flujo. Este mecanismo regula el flujo del refrigerante dentro del evaporador y también actúa como trampa de presión. Después de que el refrigerante deja el control de flujo se dirige al evaporador y comienza de nuevo el ciclo.

III.3 REFRIGERANTES

Un refrigerante es cualquier compuesto químico utilizado para absorber, transmitir y ceder calor en el proceso de refrigeración. También pueden emplearse como refrigerantes el aire o el agua, pero no son tan eficientes como cualquier refrigerante químico, los cuales absorben el calor fácilmente por evaporación y lo ceden con la misma facilidad por condensación.

Un buen refrigerante debe poseer el mayor número posible de las propiedades que se indican a continuación :

- Calor latente de evaporación elevado, lo que quiere decir que debe tener una elevada capacidad para absorber calor.
- Un punto de ebullición bajo a la presión atmosférica, lo que significa que debe evaporarse con facilidad, absorbiendo calor de esa forma.
- Presión y temperatura de condensación bajas, lo que significa que debe condensarse fácilmente, cediendo su calor.
- No perjudicar la salud, sobre todo a pulmones y ojos, esto en caso de fuga.
- No ser inflamable y explosivo.
- No corroer los metales.

- No perjudicar a los aceites lubricantes.
- No atacar al producto almacenado.
- Debe tener una composición química estable.
- Debe ser fácil descubrir las fugas del refrigerante.
- Un costo bajo.

REFRIGERANTES MAS COMUNES

Los refrigerantes más comunes son :

- Amoníaco
- Anhídrido carbónico
- Anhídrido sulfuroso
- Cloruro de metilo
- Freon 12

De los cuales se mencionan las propiedades y sus efectos sobre los metales, alimentos y cuerpo humano en el apéndice 1.

Otros refrigerantes que se pueden usar son el Freon 11, 22, 113, 114 y 502, así como el Eter, Bromuro de metilo, Cloruro de etilo, Etileno, Etano, Propano, Isobutano, Bromuro de etilo y agua.

Sin embargo, estos refrigerantes son de muy poco uso. Estos en estado líquido son incoloros, ciertas impurezas que pueden no ser perjudiciales, dan lugar a coloraciones.

Sin embargo, el punto de ebullición no es constante, va que el agua hierve a 100°C en altitudes normales, pero en regiones de mayor altitud, donde la presión atmosférica es menor, hierve a temperaturas más bajas. En vacío el agua empieza a hervir a temperaturas tan bajas como 5°C.

Así pues, la ebullición de un líquido depende de la presión que existe, y se puede hacer hervir un líquido, tal como el amoníaco a varias temperaturas si se mantiene la presión apropiada correspondiente a esa temperatura.

La correspondencia entre presión y temperatura es diferente para las diversas sustancias, en la tabla III.1 se dan las ----

presiones por encima de la atmosférica que corresponden a los puntos de ebullición -15°C y 30°C para los primeros 5 refrigerantes mencionados.

Tabla III.1 (REFERENCIA 3)

| Temperatura de evaporación | Presiones correspondientes en atmósferas | | | | |
|----------------------------|--|---------------------|---------------------|-------------------|----------|
| | Amoníaco | Anhidrido carbónico | Anhidrido sulfuroso | Cloruro de metilo | Freon 12 |
| -15°C | 1.41 | 22.34 | 15cmHgVac | 0.42 | 0.26 |
| 30°C | 10.00 | 72.34 | 3.71 | 5.66 | 6.59 |

La tabla III.2 nos muestra la diferencia entre varios refrigerantes en estado líquido y de vapor, respecto a las propiedades del punto de ebullición.

Tabla III.2 (REFERENCIA 3)

| VOLUMEN Y EFECTO REFRIGERANTE DE VARIOS REFRIGERANTES | | | | | |
|---|----------|----------|----------|-----------|----------|
| A 25°C en litros de líquido por Kg | Amoníaco | A. carb. | A. sulf. | C. metilo | Freon 12 |
| | 1'66 | 1'42 | 0'73 | 1'10 | 0'76 |
| A 30°C en litros de vapor por Kg | | | | | |
| | 110'70 | 3'00 | 70'00 | 67'50 | 21'30 |
| A -15°C en litros de vapor por Kg | | | | | |
| | 500'70 | 15'60 | 175'00 | 279'00 | 92'70 |
| Efecto refrigerante en Kcal por Kg. de líquido a 25°C - hasta vapor a -15°C | | | | | |
| | 260'10 | 30'00 | 21'20 | 45'60 | 29'60 |

La tabla III.3 nos muestra la temperatura a la que se encuentran los refrigerantes citados a la presión atmosférica. Todos - se encontrarían en estado líquido a la presión atmosférica y a la temperatura mostrada, excepto el Anhidrido carbónico, que habría solidificado para formar hielo seco.

Tabla III.3 (REFERENCIA 3)

| TEMPERATURAS CORRESPONDIENTES A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA | | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Amoníaco | A. carbónico | A. sulfuroso | C. de metilo | Freon 12 |
| -33.4°C | -78.5°C | -10.0°C | -23.0°C | -29.8°C |

- El refrigerante usado para nuestro sistema de refrigeración será el freon 12, ya que cumple con el mayor número de propiedades con que debe contar un buen refrigerante.

El fluorocarbónico 12 (freon 12) es el refrigerante más usado en la actualidad, y es el refrigerante estándar para refrigeradores y congeladores de uso doméstico y también es ampliamente usado en sistemas de refrigeración comercial e industrial.

La presión de vapor del freon 12 es adecuada para una gran variedad de aplicaciones, con freon 12 los sistemas trabajan con presiones de vapor moderadas y positivas, a los diferentes niveles de temperatura que se requieren más frecuentemente.

III.4 CARGA TERMICA

La carga total de refrigeración en el sistema es expresada en BTU/Hr, esta carga proviene de varias fuentes de calor. Las principales fuentes son :

- TRANSMISION DE CALOR A TRAVES DE BARRERAS
 - Paredes
 - Puertas
 - Piso
 - Techo
- GANANCIA DE CALOR DEBIDO A EFECTO SOLAR
- GANANCIA DE CALOR DEBIDO A INFILTRACION DE AIRE
- GANANCIA DE CALOR DEBIDO A LOS PRODUCTOS
 - Calor sensible del producto por arriba del punto de congelación
 - Calor de respiración del producto
- CARGAS SUPLEMENTARIAS
 - Motores
 - Personas
 - Iluminación

III.4.a TRANSMISION DE CALOR A TRAVES DE BARRERAS

Esta ganancia de calor variará de acuerdo al tipo de construcción, material y área expuesta a una diferencia de temperatura, el tipo y grosor del aislante y la diferencia de temperatura entre el espacio refrigerado y el medio ambiente.

La cantidad de calor transferido a través de una sustancia o material, es calculado por la siguiente fórmula :

$$Q = U \times A \times T \quad \text{Donde:}$$

Q = Calor transferido en BTU/Hr

U = Coeficiente de transferencia de calor en BTU/(ft²F)Hr

T = Diferencia de temperatura que hay entre el espacio refrigerado y el medio ambiente en F .

Techo y paredes están foradas con 4 pulgadas de fibra de vidrio como aislante, cuyo coeficiente de transferencia de calor es de 1.5 BTU/(ft²F)Dia, dado por la tabla III.4 .

El piso es de 6 pulgadas de hormigón con terrazo (mosaico) - sobre éste, cuyo coeficiente de transferencia de calor es de ---- 0.56 BTU/(ft²F)Hr, dado por la tabla III.5 .

- Coeficientes de transferencia de calor

U = 1.5 BTU/(ft²F)Dia ----- fibra de vidrio de 4 pulgadas

U = 0.56 BTU/(ft²F)Hr = 13.44 BTU/(ft²F)Dia ---- hormigón de 6 pulgadas

- Incremento de temperatura

T = (temperatura exterior - temperatura del espacio refrigerado)

T = (90 - 35) °F = 55°F

Tabla III.4 (Referencia 6)

| FACTORES DE CALCULO RAPIDO para la TRANSMISION DE CALOR A TRAVES DE PAREDES AISLADAS BTU por °F D.T. por pie cuadrado por 24 horas | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| AISLANTE | Espesor de pared (pies) | | | | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Poluretano expandido Factor k = 0.17 | 7.04 | 1.00 | 1.02 | 0.15 | | | | | | | |
| Fibra de vidrio, lancha, placa y relleno de lana mineral y poliestireno expandido Factor k = 0.25 | 3.0 | 2.0 | 1.5 | 1.2 | 1.0 | .97 | .75 | .67 | .60 | .55 | .50 |
| Aterro Factor k = 0.45 | 5.40 | 3.6 | 2.7 | 2.16 | 1.80 | 1.54 | 1.25 | 1.20 | 1.08 | .98 | .90 |

- Area expuesta

$$\text{Area de paredes} = 20 \times 10 \times 3 - ((20 \times 10) - (5 \times 7)) = 765 \text{ ft}^2$$

$$\text{Area del techo} = 20 \times 20 = 400 \text{ ft}^2$$

$$\text{Area total} = 765 + 400 = 1,165 \text{ ft}^2$$

CALOR ABSORBIDO POR PAREDES Y TECHO

$$Q = U \times A \times T$$

$$Q = 1.5 \frac{\text{BTU}}{\text{ft}^2 \text{F} \text{Dfa}} \times 1,165 \text{ ft}^2 \times 55 \text{ F} = 96,112.5 \text{ BTU/Dfa}$$

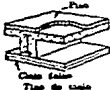
CALOR ABSORBIDO POR EL PISO

$$Q = U \times A \times T$$

$$Q = 13.44 \frac{\text{BTU}}{\text{ft}^2 \text{F} \text{Dfa}} \times 400 \text{ ft}^2 \times 55 \text{ F} = 295,680 \text{ BTU/Dfa}$$

Tabla III.5 (REPARACION B)

TABLA DE COEFICIENTES DE TRANSMISION (U) PARA PISOS Y TECHOS CONSTRUIDOS DE HORMIGON

|  Tipo de piso | Espesor del hormigón** (in.) | Tipo de piso | | | | | Número |
|---|------------------------------|------------------------------------|---|---|---|--------------------------------|--------|
| | | Sin piso (hormigón sólo de arriba) | Piso de ladrillo o terrazo sobre hormigón | Capo de azulejo de 1/2" sobre el hormigón | Entablado de madera: 1" sobre el hormigón | Piso de madera sobre entablado | |
| | | A | B | C | D | E | |
| Sin otro piso | 2 | 0.66 | 0.65 | 0.66 | 0.65 | 0.23 | 1 |
| | 10 | 0.30 | 0.48 | 0.58 | 0.38 | 0.22 | 2 |
| Piso de 1/2 pulg. espesor por abajo del hormigón | 2 | 0.62 | 0.58 | 0.68 | 0.62 | 0.26 | 4 |
| | 10 | 0.26 | 0.44 | 0.53 | 0.34 | 0.23 | 5 |
| Piso en una superficie suspendida o cubierta | 2 | 0.26 | 0.27 | 0.27 | 0.26 | 0.19 | 7 |
| | 10 | 0.15 | 0.21 | 0.22 | 0.20 | 0.16 | 8 |
| Cemento de yeso (1/2 pulg.) y entablado suspendido o cubierta | 2 | 0.48 | 0.28 | 0.25 | 0.28 | 0.19 | 10 |
| | 10 | 0.25 | 0.20 | 0.20 | 0.22 | 0.18 | 11 |
| Piso de placa de aislamiento (1/2 pulg.) y entablado suspendido o cubierta | 2 | 0.25 | 0.24 | 0.25 | 0.21 | 0.15 | 12 |
| | 10 | 0.22 | 0.21 | 0.22 | 0.19 | 0.14 | 14 |

CALCULO DE LA PUERTA

- Coeficientes de transferencia de calor

$U = 1/R$ Donde R = Resistencia al flujo de calor

$R = 3.12 \text{ (ft}^2\text{F)Hr/BTU}$ --- Placa de fibra de vidrio por pulgada

$R = 1.38 \text{ (ft}^2\text{F)Hr/BTU}$ --- Paredera de pino blanco por pulgada

• Resistencias de la tabla III.5

$R_p = 3.12 (2) + 1.38 (4) = 11.79 \text{ (ft}^2\text{F)Hr/BTU}$

$U = 1/R = 1/11.79 = 0.0849 \text{ BTU/(ft}^2\text{F)Hr}$

$U = 2.0352 \text{ BTU/(ft}^2\text{F)Hr}$

RESISTENCIAS

Tabla 111.5 (Continúa C)

| MATERIAL | DENSIDAD lb/pie ³ | TEMP. MEDIA °F | CONDUCTIVIDAD $\frac{\text{BTU}}{\text{hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$ | RESISTENCIA Total Por Pareda (11.7) hr/ft ² |
|--------------------------|---------------------------------|-------------------|--|---|
| AI SLANTES | | | | |
| Placa de lana mineral | 0.5 | 75 | 0.17 | 7.17 |
| Placa de fibra de vidrio | 0.5 | 75 | 0.33 | 3.12 |
| Corcho | 5.0-0.0 | 0 | 0.25 | 4.0 |
| Perlita | 5.0-0.0 | 0 | 0.33 | 3.12 |
| VIDRIO | | | | |
| Vidrio plano sencillo | | | | 1.37 |
| Vidrio aislante doble | | | | 2.74 |
| MADEIRAS | | | | |
| Roble | 45 | 75 | 1.10 | 1.30 |
| Arce | 45 | 75 | 1.17 | 1.30 |
| Pino blanco | 32 | 75 | 0.80 | 1.30 |

- Incremento de temperatura

$$T = (90 - 35) ^\circ\text{F}$$

$$T = 55 ^\circ\text{F}$$

- Area expuesta

- Largo de la puerta 7 ft

- Ancho de la puerta 5 ft

$$\text{Area de la puerta} = 7 \times 5 = 35 \text{ ft}^2$$

CALOR ABSORBIDO POR LA PUERTA

$$Q = U \times A \times T$$

$$Q = 2.0352 \frac{\text{BTU}}{\text{ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ dia}} \times 35 \text{ ft}^2 \times 55 ^\circ\text{F} = 3917.76 \text{ BTU/dia}$$

$$\begin{aligned} \text{CALOR TOTAL} &= Q_4 = Q \text{ paredes y techo} + Q \text{ piso} + Q \text{ puerta} \\ Q_4 &= 96\ 112.5 + 295\ 600 + 3\ 917.76 \\ Q_4 &= 395\ 710.26 \text{ STU/Día} \end{aligned}$$

III.4.b GANANCIA DE CALOR DEBIDO A EFECTOS SOLARES

La ganancia de calor procedente de los rayos del sol constituye el factor principal de radiación en la carga de refrigeración. En caso de que las paredes del espacio refrigerado estén expuestas al sol.

Considerando la ganancia debida a efectos solares, se usará la fórmula siguiente:

$$Q = U \times A \times ((\text{temperatura exterior} - \text{temperatura del espacio refrigerado} + K))$$

Donde : K es el incremento en °F, debido al efecto solar, tomando en cuenta la orientación, color y material de construcción de la pared. Los valores de K se obtienen de la tabla --- III.7 .

Tabla III.7 (REFERENCIA 6)

| CORRECCION DE TEMPERATURA POR EL EFECTO SOLAR | | | | |
|--|------------|-----------|-------------|--------------------|
| Grados Fahrenheit que han de añadirse a la diferencia de temperatura normal en los cálculos de transmisión de calor para compensar el efecto solar | | | | |
| Tipo de Superficie | Pared Este | Pared Sur | Pared Oeste | Techo Plano y Piso |
| Superficies de color oscuro tales como: Techo de color negro Techo de chapopala Pintura negra | 8 | 5 | 8 | 20 |
| Superficies de color medio tales como: Madera sin pintar Ladrillo Losa roja Cemento oscuro Pintura roja o azul verde | 6 | 4 | 6 | 15 |
| Superficies de color claro tales como: Pared blanca Cemento de color claro Pintura blanca | 4 | 2 | 4 | 9 |

CORRIGIENDO POR EFECTO SOLAR

$$Q_{\text{piso}} = (20 \times 20) \times 13.44 \times (55 + 9) = 344\,064 \text{ BTU/Día}$$

$$Q_{\text{techo}} = (20 \times 20) \times 1.5 \times (55 + 9) = 38\,400 \text{ BTU/Día}$$

$$Q_{\text{pared oeste}} = (20 \times 10) \times 1.5 \times (55 + 4) = 17\,700 \text{ BTU/Día}$$

$$Q_{\text{pared este}} = (20 \times 10) \times 1.5 \times (55 + 4) = 17\,700 \text{ BTU/Día}$$

$$Q_{\text{pared sur}} = (20 \times 10) \times 1.5 \times (55 + 2) = 17\,100 \text{ BTU/Día}$$

$$Q_{\text{pared norte}} = ((20 \times 10) - (7 \times 5)) \times 1.5 \times (55) = 13\,612.5 \frac{\text{BTU}}{\text{Día}}$$

NOTA - La pared norte no esta expuesta al sol, por tanto no es --
afectada por la radiación solar.

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{t}} = Q_{\text{de paredes}} + Q_{\text{piso}} + Q_{\text{techo}} + Q_{\text{de puerta}}$$

$$Q_{\text{t}} = 13\,612.5 + 17\,100 + 17\,700 + 17\,700 + 38\,400 + 344\,064 + 3918$$

$$Q_{\text{t}} = 452\,494.5 \text{ BTU/Día}$$

III.4.c CARGA DE CALOR POR INFILTRACION DE AIRE

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

La tabla III.A es un método usado para estimar la infiltración de aire, este método es basado en las veces que cambia el aire en 24 horas comparado con el volumen del espacio refrigerado.

De la tabla III.A tenemos que para un volumen de cuarto:

$$\text{Volumen de cuarto} = 20 \text{ ft} \times 20 \text{ ft} \times 10 \text{ ft} = 4000 \text{ ft}^3$$

Tabla VII.º (Continúa 6)

| Cambios de Aire cada 24 horas en cuartos fríos debidos a la apertura de puertas e infiltración | | |
|---|------------------------------|----------------------------------|
| Volumen metros ³ | Volumen pies ³ | Cambios de aire cada 24 horas |
| 6 | 200 | 44.0 |
| 9 | 300 | 34.5 |
| 11 | 400 | 29.5 |
| 14 | 500 | 26.0 |
| 17 | 600 | 23.0 |
| 23 | 800 | 20.0 |
| 25 | 1,000 | 17.5 |
| 47 | 1,500 | 14.0 |
| 57 | 2,000 | 12.0 |
| 85 | 3,000 | 7.5 |
| 113 | 4,000 | 6.2 |
| 142 | 5,000 | 5.2 |
| 170 | 6,000 | 4.5 |
| 228 | 8,000 | 3.5 |
| 283 | 10,000 | 3.0 |
| 475 | 15,000 | 2.0 |
| 596 | 20,000 | 1.5 |
| 738 | 25,000 | 1.2 |
| 856 | 30,000 | 1.0 |
| 1132 | 40,000 | 0.75 |
| 1416 | 50,000 | 0.6 |
| 2124 | 75,000 | 0.4 |
| 2832 | 100,000 | 0.3 |

Volumen = 4000 ft³ ----- El número correspondiente en cambios de -
aire en cada 24 horas es 9.2

De la tabla III.º tenemos que para una temperatura de alacop
amiento de 75°F y 90°F de temperatura exterior, con una humedad
relativa de 60%, la carga correspondiente de infiltración en ----
BTU/ft es de 2.43 .

Tomando en cuenta que la puerta se abre por un periodo de 2
horas al día, el calor infiltrado será igual a :

$$Q = 4000 \text{ ft}^3 \times 9.2 \text{ cambios de } \times 2 \text{ factor de } \times 2.43 \text{ BTU/ft}^3$$

aire/24 hrs uso

$$Q = 159,408 \text{ BTU/Día}$$

Tabla III.7 (Continúa 6)

| CARGA POR INFILTRACION (BTU por pie cúbico) | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Temperatura de la cámara de almacenamiento, °F | Temperatura del aire exterior, °F | | | | | | | |
| | 85 | | 90 | | 95 | | 100 | |
| | Porcentaje de humedad relativa | | | | | | | |
| | 50 | 60 | 50 | 60 | 50 | 60 | 50 | 60 |
| 65 | 0.25 | 0.35 | 0.92 | 1.17 | 1.24 | 1.23 | 1.53 | 1.72 |
| 60 | 0.35 | 1.03 | 1.12 | 1.37 | 1.44 | 1.24 | 1.73 | 2.15 |
| 55 | 1.12 | 1.24 | 1.41 | 1.66 | 1.72 | 2.01 | 2.06 | 2.44 |
| 50 | 1.32 | 1.34 | 1.62 | 1.87 | 1.93 | 2.22 | 2.23 | 2.85 |
| 45 | 1.50 | 1.73 | 1.92 | 2.04 | 2.12 | 2.42 | 2.47 | 3.05 |
| 40 | 1.69 | 1.92 | 2.00 | 2.16 | 2.31 | 2.62 | 2.67 | 3.25 |
| 35 | 1.85 | 2.09 | 2.17 | 2.42 | 2.49 | 2.79 | 2.84 | 3.42 |
| 30 | 2.00 | 2.24 | 2.25 | 2.52 | 2.64 | 2.94 | 2.99 | 3.55 |

III.4.4 CARGA DEBIDA AL PRODUCTO

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

- Que el producto tiene una temperatura mayor que la del cuarto.
- El calor de respiración de algunos productos alimenticios.

Cuando la temperatura está arriba del punto de congelación, el calor cedido se llama CALOR ARRIBA DEL PUNTO DE CONGELACION y se calcula :

$$Q = U \times C_p \times (\text{Temperatura del producto} - \text{Temperatura del espacio})$$

Donde :

U = Carga del producto en libras --- 5000 Kg = 11 023.11 Lb

C_p = Calor específico arriba del punto de congelación, dado por la tabla III.10 , y es igual a 0.40 BTU/Lb.F.

- Temperatura del producto = 25°C = 77°F

Tabla III.10 (continuación)

Características de almacenamiento de productos putrescibles

| Productos | Gama de almacenamiento | | Humedad relativa óptima porcentaje | Punto de congelación ° F | Composición de agua | Valor específico (Btu por lb grado F) | | Calor latente de fusión | Período máximo de almacenamiento | |
|-------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------|-------------------------|----------------------------------|-----------|
| | Almacena se período | Almacena se de meses | | | | de agua de congelación | de congelación | | | |
| CARNES Y PESCADOS | Tocino | 40-45 | 28-30 | 80 | 21 | 0.50 | 0.30 | 29 | 15 días | |
| | Carne de res (fresca) | 35-40 | 30-32 | 84 | 27 | 63 | 0.75 | 0.40 | 95 | 3 semanas |
| | Pescado (congelado) | 10-0 | -20-0 | 80 | 28 | 70 | 0.76 | 0.11 | 101 | 6-8 meses |
| | Pescado (en hielo) | 34-38 | 30-32 | 85 | | 70 | 0.76 | 0.41 | 101 | 15 días |
| | Jamones y lomos | 34-38 | 28-30 | 80 | 27 | 60 | 0.68 | 0.29 | 86.5 | 3 semanas |
| | Cordero | 34-38 | 28-30 | 85 | 29 | 58 | 0.67 | 0.30 | 83.5 | 2 semanas |
| | Puerco (fresco) | 34-38 | 30-32 | 80 | 28 | 60 | 0.68 | 0.38 | 84.5 | 15 días |
| | Puerco (ahumado) | 40-45 | 28-30 | 80 | 27 | 57 | 0.60 | 0.32 | 85 | 15 días |
| | Aves de corral (frescas) | 28-30 | 28-30 | 84 | 27 | 74 | 0.79 | 0.37 | 108 | 10 días |
| | Aves de corral (congeladas) | 10-0 | -20-0 | 85 | 27 | 71 | 0.79 | 0.37 | 108 | 10 meses |
| | Salchicha (fresca) | 35-40 | 21-27 | 80 | 26 | 65 | 0.80 | 0.56 | 94 | 15 días |
| | Salchicha (ahumada) | 40-45 | 32-40 | 75 | 25 | 60 | 0.80 | 0.58 | 68 | 6 meses |
| | Tomates | 34-38 | 28-30 | 84 | 29 | 61 | 0.71 | 0.39 | 91 | 15 días |

Por tanto :

$$Q = 11,023.11 \text{ Lb} \times 0.20 \text{ BTU/Lb}^\circ\text{F} \times (77 - 35)^\circ\text{F} = 185,180.2$$

$$Q = 185,180.2 \text{ BTU/día}$$

NOTA - El calor de respiración en este caso no será tomado en cuenta, ya que solo es usado para algunas frutas y vegetales.

III.4.8 CARGA SUPLEMENTARIA

Esta carga es también digna de tomarse en cuenta, y es dada por el equipo que se tenga instalado en el espacio por refrigerar, además de personas que personas que pudieran hacer alguna labor dentro del espacio refrigerado.

ILUMINACIÓN

Toda energía eléctrica diseñada directamente en el espacio refrigerado, como luces, se convierte en calor y debe incluirse en la carga térmica.

En el interior de la bodega se encuentran 2 lámparas blancas de 40 Watts cada una. Además tenemos que :

1 Watt/Hr es igual a 3.41 BTU

Por tanto :

$$Q = (40 W \times 2 \text{ lámparas}) \times 3.41 \text{ BTU/Hr} \times 2 \text{ Hrs/Día}$$

$$Q = 545.6 \text{ BTU/Día}$$

PERSONAS

El cuerpo humano disipa calor y humedad constantemente. La cantidad de calor depende del tipo de actividad, temperatura y tiempo dentro del cuarto refrigerado. De la tabla III.11 se observa la carga de calor promedio debido a las personas que se encuentran dentro del espacio refrigerado.

Tabla III.11 (Reservado C)

| CALOR DISIPADO POR LAS PERSONAS DENTRO DEL ESPACIO | |
|---|---|
| Temperatura de refrigeración °F | Calor disipado por persona BTU/Hr |
| 50 | 720 |
| 40 | 940 |
| 30 | 950 |
| 20 | 1050 |
| 10 | 1200 |
| 0 | 1300 |
| -10 | 1400 |

En el interior del espacio refrigerado, se encuentran trabajando 2 hombres por espacio de 2 horas al día.

Por lo tanto, para una temperatura de 35°F el calor disipado - por persona es aproximadamente de 995 BTU/Hr .

$$Q = 995 \text{ BTU/Hr} \times 2 \text{ personas} \times \text{Hrs./Día}$$

$$Q = 3 \ 590 \text{ BTU/día}$$

CARGA DEBIDA A MOTORES

Puesto que la energía no puede destruirse sino solo transformarse, cualquier energía eléctrica transmitida a motores ubicados en el interior del espacio refrigerado sufrirá una transformación a energía calorífica. Esta energía calorífica varía de acuerdo a la eficiencia, tamaño y potencia del motor.

En el interior del espacio refrigerado del sistema se encuentra un motor de 1 HP (del evaporador), que disipa aproximadamente 17 136 Kcal/día (tomado de tablas de fabricante mostradas en el - apéndice 2).

Por tanto, la carga debida a motores es :

$$Q = 68 \ 000 \text{ BTU/día}$$

CARGA TOTAL DEL SISTEMA DE REFRIGERACION

| | |
|---------------------------------------|-------------------|
| - Carga de barreras corregida | |
| por efecto solar ----- | 452 894.5 BTU/día |
| - Carga por infiltración de aire----- | 159 408 BTU/día |
| - Carga debida al producto----- | 188 184.2 BTU/día |
| - Carga por iluminación----- | 545.6 BTU/día |
| - Carga por personas----- | 3 590 BTU/día |
| - Carga por motores----- | 68 000 BTU/día |
| | <hr/> |
| | 869 218.3 BTU/día |

Sumando un 10% como margen de seguridad :

$$869\ 216.3\ \text{BTU/Día} + 10\% = 956\ 137.93\ \text{BTU/Día}$$

Como el sistema solo trabajará 12 horas :

$$956\ 137.93\ \text{BTU/Día} \text{ ----- } 24\ \text{horas}$$

$$? \text{ ----- } 12\ \text{horas}$$

$$\begin{aligned} \frac{956\ 137.93 \times 12}{24} &= 478\ 068.96\ \text{BTU/12 horas} \\ &= 39\ 839.08\ \text{BTU/Hr} \\ &= 10\ 039.5\ \text{Kcal/Hr} \end{aligned}$$

En toneladas de refrigeración :

$$\frac{39\ 839.08\ \text{BTU/Hr}}{12\ 000\ \text{BTU/Hr}} = 3.32\ \text{Toneladas de refrigeración}$$

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL ANTEPROYECTO

- IV.1 Consideraciones para las temperaturas de trabajo
- IV.2 Selección de equipo de refrigeración
 - IV.2.a Selección de evaporador
 - IV.2.b Selección de dispositivo de control
 - IV.2.c Compresor
 - IV.2.d Condensador
- IV.3 Sistema complejo
- IV.4 Tecnología para el aprovechamiento de la energía solar
- IV.5 Celda solar (fotocelda)
- IV.6 Fundamentos físicos de la conversión de energía solar a eléctrica
- IV.7 Bandas de energía
- IV.8 Celda de silicio
- IV.9 Respuesta espectral
- IV.10 Interconexión de celdas solares
- IV.11 Energía requerida por el sistema
- IV.12 Módulos solares fotovoltaicos utilizados
- IV.13 Estado tecnológico actual y actividades de Investigación y Desarrollo
- IV.14 Sistema de almacenamiento y recuperación de energía
- IV.15 Estudio económico

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL ANTEPROYECTO

IV.1 CONSIDERACIONES PARA LAS TEMPERATURAS DE TRABAJO

Para la correcta selección del evaporador, condensador, compresor y equipo auxiliar, además de la capacidad de éstos es necesario también conocer la temperatura de evaporación y condensación en las cuales estos elementos funcionarán.

La temperatura de condensación, los fabricantes de equipo -- recomiendan generalmente darla con una diferencia de 8° a 12°C como rango de seguridad, por arriba de la temperatura ambiente.

Ya que la temperatura de trabajo es de 32°C y considerando un rango de 8°C como margen de seguridad, la temperatura ambiente supuesta será de 40°C .

En cuanto a la temperatura de evaporación se refiere, los -- fabricantes de equipo recomiendan dar un margen o diferencia de -- 5° a 8°C por debajo de la temperatura de almacenamiento del producto como margen de seguridad.

IV.2 SELECCION DE EQUIPO DE REFRIGERACION

IV.2.a SELECCION DE EVAPORADOR

En términos generales de operación, los evaporadores se clasifican en dos grandes grupos de operación :

- Evaporadores de expansión seca
- Evaporadores sumergidos

EVAPORADORES DE EXPANSION SECA

Con aquellos en los cuales el refrigerante se evapora completamente, de tal forma que solo gas sale del evaporador. Es eficiente y económico, se usa en todos los tipos de sistemas : grandes y pequeños. La figura IV.1 nos muestra el esquema de un evaporador de expansión seca.



Figura IV.2 (Referencia 9)

EVAPORADOR SUMERGIDO

Este tipo de evaporador se representa en la figura IV.2 , y se utilizan frecuentemente para enfriar otro liquido, tal como - salmuera y agua. Su nombre se debe al hecho de que durante la -- operación, el serpentín de enfriamiento permanece sumergido dentro del liquido refrigerante.

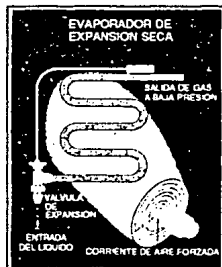


Figura IV.1 (Referencia 9)

TIPOS DE EVAPORADORES

Los evaporadores se fabrican en varias formas y estilos para satisfacer las necesidades específicas de cada operación. Los tipos más comunes son el evaporador de serpentín y el evaporador de tubos y coraza.

EVAPORADOR DE SERPENTIN

A menudo llamado serpentín de enfriamiento, es uno de los más populares y más simples, consiste únicamente de un circuito de tubos, por lo general circuito múltiple, figura IV.3, equipado con aletas. Puede o no tener abanico (ventilador).

Si el serpentín del evaporador tiene abanico, se clasifica algunas veces como de aire inducido o de circulación inducida. Se diferencia del de convección natural en que éste no usa abanico para la circulación del aire.

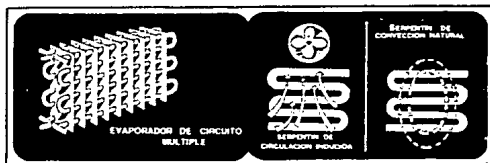


Figura IV.3 Evaporador de serpentín (Referencia 9)

EVAPORADOR DE TUBOS Y CORAZA

Este evaporador consiste esencialmente de un tanque o recipiente que contiene uno o varios circuitos de serpentines, Figura IV.4. Se usa para enfriar un líquido llamado "enfriador secundario", el cual circula a través del serpentín, sumergido en el refrigerante líquido. Algunas veces se nombra enfriador de agua, enfriador de líquido o enfriador de sal-uera.

El líquido enfriador secundario es bombeado a otro cambiador de calor donde se usa para enfriamiento. A tales arreglos se les llama sistemas de enfriamiento secundario y generalmente consisten de un sistema central de refrigeración y uno o más cambiadores de calor localizados en lugares alejados del sistema.

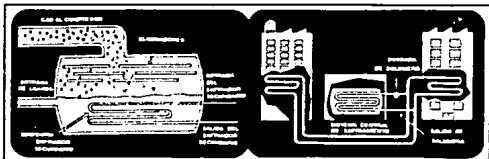


Figura IV.A Evaporador de tubos y coraza
(Referencia 9)

EVAPORADOR EMPLEADO

Para el sistema de refrigeración se utilizará un evaporador de expansión seca, tipo seco-tipo de circulación inducida. El cual se seleccionará de tablas de fabricantes, en base a la carga térmica y la temperatura de evaporación.

Tomando un rango de -5.6°C por debajo de nuestra temperatura de evaporación, como margen de seguridad, nos da -4°C de temperatura, y para una carga térmica de 10039.5 kcal/Hr , el modelo de evaporador más adecuado a estas características de acuerdo a tablas de fabricante (FRIGOTHERM McQUAY) mostradas en apéndice 2 es:

EVAPORADOR FRIGOTHERM McQUAY modelo RUA-037, con una capacidad de $10\ 070\ \text{kcal/Hr}$, para una temperatura de evaporación de -4 a -6°C .

CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN DEL EVAPORADOR MODELO RUA-037

1. El gabinete está fabricado en lámina de aluminio estuco de alta calidad y resistencia a la corrosión, es compacto y ---

- permite que la válvula de expansión sea instalada en su interior.
- 2 Con el objeto de facilitar el desagüe de los condensados se cuenta con una conexión de drenaje al centro de la charola.
 - 3 Todas las unidades presentan ajustadores ajustables para permitir una correcta inclinación y asegurar el flujo de los condensados.
 - 4 Motor eléctrico trifásico, jaula de ardilla 220 volts, montado sobre una base de lámina galvanizada al cuerpo del evaporador.
 - 5 El serpentín está fabricado con tubos de cobre dispuestos escalonadamente para proveer la máxima eficiencia, son expandidos mecánicamente a las aletas corrugadas de aluminio, contienen un collar extruido el cual controla el espaciado de las mismas en forma uniforme a todo lo largo del tubo cubriéndolo totalmente, aumentando la transferencia de calor y la vida del serpentín.
 - 6 Todas las unidades son alambradas en fábrica y presentan un block de terminales en el compartimiento opuesto a las conexiones de refrigerante.
 - 7 Los ventiladores se encuentran montados atrás de la rejilla direccional, el asa es balanceada estáticamente y alineada al centro del venturi.
 - o La rejilla direccional de plástico dirige el flujo de aire hasta una distancia de 15 metros. Son fácilmente removibles para su limpieza y mantenimiento del motor.
 - o La charola de deshielo es abatible lo que permite el acceso a los motores facilitando su mantenimiento.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DEL EVAPORADOR MODELO RUA-037

- Un motor eléctrico trifásico jaula de ardilla de 220 V y 4.4 A
 - 1 HP
 - 630 Watts
 - 1750 rpm
 - 17 176 Kcal/24 hrs de calor disipado

- Un ventilador
 - 610 mm de diámetro
 - 15 m de tiro de aire
 - 148 PCP

DATOS FÍSICOS DEL EVAPORADOR MODELO RUA-037

- Dimensión de conexiones
 - 22 mm de entrada al serpentín
 - 35 mm en la succión
 - 25 mm de drenaje
 - 1/4" flare de igualador externo

- 5.4 Kg de carga aproximada de refrigerante

- 123 Kg de peso aproximado

- ** Esquema y dimensiones del evaporador se muestran en el apéndice 2 .

IV.2.6 SELECCION DEL DISPOSITIVO DE CONTROL

Los aparatos de control en un sistema de refrigeración son necesarios para restringir el flujo de refrigerante a través de la línea que va del condensador al evaporador, así como para mantener los diferentes niveles de presión generados por la acción de bombeo del compresor.

En un sistema de refrigeración desprovisto de aparatos de control, el compresor no podrá mantener la diferencia de presiones: una presión elevada en el condensador, de modo que los BTU (Cal) puedan ser liberados a altas temperaturas, y una baja presión en el evaporador para que los BTU (Cal) puedan absorberse a bajas temperaturas.

El problema que se presenta en el control de flujo es la variación de carga: pues en un momento dado puede tenerse una carga grande y al poco rato disminuir ésta considerablemente. Para satisfacer tales variaciones en la carga del evaporador es necesario reajustar constantemente el flujo del refrigerante.

APARATOS DE CONTROL DE FLUJO

VÁLVULA MANUAL

El tipo más simple de control de flujo es la válvula manual común. Sin embargo, es poco usada -- debido a que debe ser constantemente ajustada para controlar los cambios de carga en el sistema.

La figura IV.5 nos muestra un esquema de la válvula manual.

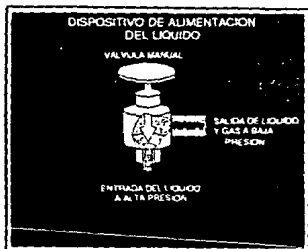


Figura IV.5 Válvula manual
(Referencia 9)

TUBOS CAPILARES

Este es un sistema muy elemental de control de flujos. El aparato consiste esencialmente en un tubo largo de diámetro pequeño, el cual ejerce un control por inercia de una restricción de flujo.

La figura IV.6 nos presenta un esquema de este tipo de aparatos.

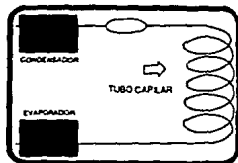


Figura IV.6 (Referencia 4)

VALVULAS FLOTANTES

La válvula flotante es un mecanismo relativamente simple, el cual sirve para mantener constante el nivel de un líquido. Un flotador de lado alto (figura IV.7a), es aquel que se encuentra en el lado de alta presión de la válvula. Si el líquido sube en la cámara de flotación el flotador subirá abriendo la válvula y vaciando el líquido más rápidamente.

Un flotador de lado bajo (F.IV.7b) es aquel que se localiza en el lado del evaporador del sistema, o sea, en el lado de baja presión.

Es un buen control para la alimentación del refrigerante en los evaporadores de tipo sumergido.



Figura IV.7a (Referencia 4)

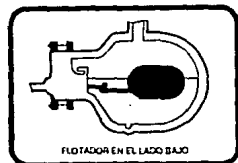


Figura IV.7b (Referencia 4)

VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA

Esta percibe las condiciones del refrigerante a la salida del evaporador y usa esta información como guía para el control automático del flujo

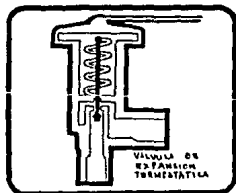


Figura IV.8 (Referencia 4)

refrigerante dentro del evaporador. La figura IV.8 nos representa en forma esquemática una válvula de expansión termostática.

** La válvula de expansión termostática será el dispositivo de control usado en nuestro sistema de refrigeración para regular el flujo de refrigerante en el evaporador.

CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA

Un orificio en la válvula de expansión es el que controla el flujo que entra en el evaporador, siendo regulado éste por medio de un vástago y asiento de tipo aguja que varia la abertura del orificio.

La aguja está controlada por un diafragma sujeto a 3 fuerzas. La presión del evaporador es ejercida debajo del diafragma y tiende a cerrar la válvula. La fuerza de un resorte de sobrecalentamiento es asimismo ejercida debajo del diafragma en la dirección de cierre. Puesto a estas 2 fuerzas se encuentra la presión ejercida por la carga en el bulbo térmico que está sujeto al tubo de succión a la salida del evaporador, como la muestra la figura IV.9.

La carga del bulbo térmico será del mismo refrigerante que está siendo utilizado en el sistema, y ya que este bulbo térmico está colocado a la salida del evaporador, cuando este bulbo esté expuesto a una temperatura superior a la de saturación, ejercerá una presión más alta que la del refrigerante en el evaporador y por consiguiente el esfuerzo neto de estas 2 presiones producirá que la válvula abra. El resorte de sobrecalentamiento está calibrado a una presión dada, que hace que la válvula se cierre cuando la diferencia neta entre la presión del bulbo y la presión del evaporador sea inferior a la fijada en este resorte.

A medida que se eleva la temperatura del gas refrigerante que abandona el evaporador (aumento en el sobrecalentamiento) la presión ejercida por el bulbo térmico colocado al final del - - - -

serpenteo es mayor y el flujo a través de la válvula de expansión aumenta; a medida que la temperatura del gas disminuye (disminución en el sobrecalentamiento) decrece la presión ejercida por el bulbo térmico y la válvula de expansión se cierra ligeramente disminuyendo el flujo.

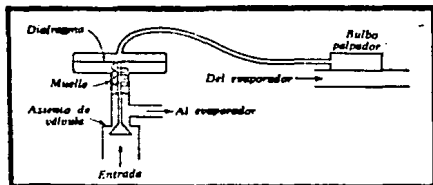


Figura IV.º Diagrama esquemático del fundamento de una válvula de expansión termostática. (HERMETIK)

VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA EMPLEADA

La válvula de expansión termostática se selecciona de acuerdo a la carga térmica en toneladas de refrigeración, en tablas de fabricante (HERPETIK)

Para una carga térmica de 3.32 toneladas de refrigeración la válvula termostática utilizada será una modelo TA-5 marca Hermetik con una capacidad de hasta 3.8 toneladas de refrigeración.

CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION DE LA VALVULA SELECCIONADA

- Cuerpo de latón forjado
- Largo del tubo capilar igual a 2 metros
- Conexión de igualador externo 1/4" de Flare
- Conexión soldar
 - Entrada 15.8 mm (5/8")
 - Salida 15.8 mm (5/8")
- Peso aproximado 750 gramos

** Esquema y dimensiones de la válvula se muestran en el apéndice 2 .

IV.2.c COMPRESOR

El compresor tiene 2 funciones básicas en el ciclo de refrigeración. En primer lugar, succiona el vapor refrigerante reduciendo así la presión en el evaporador, a un punto en el que pueda ser mantenida la temperatura de evaporación deseada. En este caso la temperatura es de 35°F, por lo que la presión de succión será de 47 Psia. Para el refrigerante Freon 12.

En segundo lugar el compresor eleva la presión del vapor refrigerante a un nivel lo suficientemente alto de modo que la temperatura de saturación sea superior a la temperatura del medio enfriante disponible para la condensación del refrigerante.

Una característica importante que debe tener cualquier compresor es ser el indicado para el refrigerante que se use.

El refrigerante afecta el diseño del compresor en detalles, tales como :

- El tamaño de las válvulas
- La tensión de los resortes de las válvulas
- El diseño del sistema de enfriamiento

TIPOS DE COMPRESORES

RECIPROCANTE

El compresor recíprocante es el más ampliamente usado de todos los tipos de compresores. Este aumenta la presión del gas debido al movimiento hacia arriba y, hacia abajo de un pistón dentro de un cilindro. Como se aprecia en la figura - IV.10 .

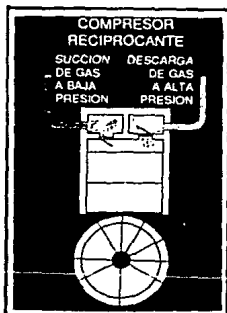


Figura IV.10 (REFERENCIA 9)

ROTATORIO

Este compresor en lugar de pistón utiliza un roto-excéntrico, el cual presiona el gas contra una cámara circular de compresión. Este tipo de compresor se puede apreciar en la figura IV.11 .

CENTRIFUGO

El compresor centrifugo incrementa la presión del gas lanzándolo a alta velocidad, en la misma forma que un abanico lanza el el aire, pero, más precisamente. El compresor centrifugo se muestra en la figura IV.12 .

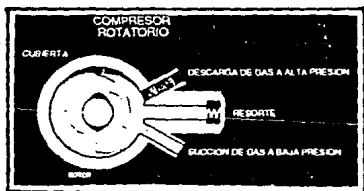


Figura IV.11 (Referencia 9)

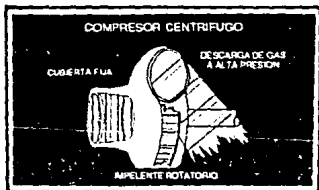


Figura IV.12 (Referencia 9)

El compresor utilizado, será el compresor recíprocente, ya que es el más comúnmente requerido doméstica, comercial e industrialmente en el campo de la refrigeración.

CARACTERISTICAS DEL COMPRESOR RECÍPROCANTE

Este tipo de compresor consiste básicamente de un cilindro fijo, un pistón con anillos o ranuras aceitadas para dar un sello positiva, un cigüeñal con una biela conectada al pistón, y en la parte alta una placa con válvulas de entrada y salida ---

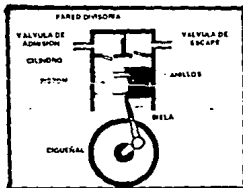


Figura IV.13 (Referencia 9)

separadas por una pared, como se muestra en la figura IV.13. La acción de bombeo del pistón moviéndose hacia arriba y hacia abajo dentro del cilindro, introduce el refrigerante el cual después de comprimirse es descargado. Ya que el compresor recíprocante es una bomba de desplazamiento positivo, resulta apropiado para un volumen de desplazamiento reducido y es muy eficaz cuando se tienen presiones de condensación elevadas y altas relaciones de compresión. Otras ventajas son su adaptabilidad a diferentes refrigerantes, la facilidad con que permite el desplazamiento a través de las tuberías dada la elevada presión creada por el compresor, su sencillez en el diseño hace que su costo sea relativamente bajo.

Existen 3 modelos de compresores recíprocantes usados en la refrigeración :

FOTOCOMPRESOR HERMETICO

En éste el motor eléctrico se encuentra montado directamente en el cigueñal del compresor, y ha sido desarrollado para lograr una notable disminución en el tamaño y costo, generalmente son usados en refrigeración doméstica; la gran desventaja en este tipo de compresores es que ya no se pueden llevar a cabo reparaciones interiores, ya que tendría que cortarse totalmente la coraza del compresor.

FOTOCOMPRESOR SEMIHERMETICO

También en este tipo de compresor encontramos que es accionado por un motor eléctrico montado directamente en el cigueñal del compresor, con sus partes tanto del motor como del compresor herméticamente selladas en el interior de una cubierta común. Se eliminan aquí los trastornos de sellos y, el motor se puede calcular específicamente para la carga que se debe accionar. La cubierta de las cabezas, placas de fondo y cubiertas del carter son desmontables permitiendo el acceso para reparaciones en caso de deterioro.

COMPRESORES ABIERTOS

Estos compresores son ampliamente usados, aunque presentan algunas desventajas, tales como :

- Peso
- Tamaño
- Fallas de sellos
- Ruidos excesivos

Pero la gran ventaja que presentan estos compresores, es el desmontaje sencillo del motor, ya que éste es independiente de lo que es el compresor, además son ampliamente usados en capacidades generalmente mayores de 3 toneladas de refrigeración. " El modelo escogido para el sistema de refrigeración será de este tipo".

IV.2.4 CONDENSADOR

El condensador, es básicamente un intercambiador de calor, en donde el calor absorbido por el refrigerante en la evaporación es cedido al medio de condensación; conforme el calor es cedido por el vapor de elevada presión y temperatura, al medio de enfriamiento, la presión del refrigerante desciende al punto de saturación, condensándose, convirtiéndose en líquido de aquí el nombre de condensador.

TIPO DE CONDENSADORES

EVAPORATIVO

Con una combinación de condensador y torre de agua. El refrigerante es recirculado a través del serpentín y el agua es constantemente bombeada de la parte inferior de la torre a la parte superior desde donde cae sobre los serpentines del refrigerante. Parte del agua se evapora enfriando el resto la cual a su vez enfría el refrigerante.

La figura IV.14 nos muestra el esquema de un condensador evaporativo.

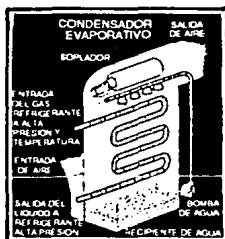


Figura IV.14 (REFERENCIA 9)

ENFRIADO POR AGUA

Este condensador usa agua para enfriar el refrigerante. --- Algunas veces el agua pasa a través de tubos localizados en el interior del tanque donde circula el refrigerante, como se muestra en la figura IV.15 .

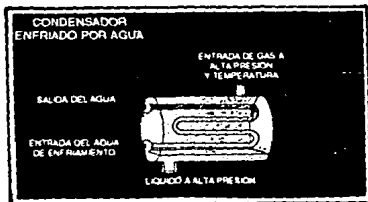


Figura IV.15 (Referencia 9)

ENFRIADO POR AIRE

En este condensador el refrigerante circula a través de un sistema de tubos o circuitos sobre los cuales pasa una corriente de aire frío impulsada por un ventilador, como se observa en la figura IV.16 .



Figura IV.16 (Referencia 9)

- ** La selección de nuestro condensador será hecha en base al - condensador enfriado por aire.

TEMPERATURA DE CONDENSACION

La temperatura de condensación, es la temperatura a la cual el gas refrigerante se condensa para convertirse de vapor a líquido; deberá de tenerse cuidado de no confundirse con la temperatura del medio de enfriamiento, ya que la temperatura de condensación deberá ser superior para que pueda producirse la transferencia de calor, está debido a que el refrigerante entra al condensador en forma de gas y para que se condense, el aire absorbe el calor del refrigerante, el cual sale del condensador en forma líquida, dada la relación presión-temperatura del refrigerante.

La temperatura de condensación se puede determinar por la lectura de un manómetro colocado a la salida del compresor, convirtiendo la presión a temperatura en tablas para refrigerante - Freon 12.

Un condensador se elige normalmente para un sistema, calculándolo para que disipe el aumento de la carga de calor del compresor a una diferencia de temperatura dada, entre la temperatura de condensación y la temperatura supuesta del medio de enfriamiento.

El rango de temperatura recomendada por los fabricantes, por encima de la temperatura ambiente para condensador enfriado por aire es de 8 a 10°C. Por tanto, la temperatura ambiente su- puesta para el diseño utilizando un rango de 8°C será de 40°C, ya que la temperatura original es de 32°C.

UNIDAD CONDENSADORA EMPLEADA

En el sistema de refrigeración se utilizará una unidad condensadora de aire frigotherm. Esta unidad tiene un diseño integral compacto, su construcción es de tipo trabajo pesado, lo que asegura una larga y satisfactoria operación; cuenta con una base

metálica fabricada con placa de acero que le proporciona gran --
robustez, cubre condensador metálico con venas de refuerzo, so--
porte de motor integral, receptor de líquido, control de alta y
baja presión con rango ajustable y ventiladores axiales balancea--
dos estáticamente.

De acuerdo a los datos calculados con anterioridad, la carga
que será removida del cuarto es de 10039.5 Kcal/Hr , en base a
la cual se decide el modelo y capacidad de la unidad condensado--
ra de aire frigotherm, en tablas de fabricante (FRIGOTHERM FC---
QUAY) mostradas en el apéndice 2 .

El modelo se selecciona de la siguiente manera :

$$Q_r = \frac{\text{Carga térmica total}}{\text{Factor de corrección}}$$

Donde : Q_r = Calor retirado

El factor de corrección está en base a la temperatura ---
ambiente supuesta y es proporcionado por tablas de fabricante --
(mostradas en el apéndice 2). Para este caso, en donde la tempe--
ratura ambiente supuesta es de 40°C, y que se trabaja con Freon
12, el factor de corrección correspondiente es de 0.87 .

Por tanto :

$$Q_r = \frac{10039.5 \text{ Kcal/Hr}}{0.87} = 11\ 539.6 \text{ Kcal/Hr}$$

Para retirar un calor de 11 539.6 Kcal/hr, el modelo selec--
cionado de unidad condensadora de aire frigotherm para una tempe--
ratura de evaporación de -5°C, es el modelo F-760 F cuya capaci--
dad es de 12 540 Kcal/Hr .

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LA UNIDAD CONDENSADORA EMPLEADA

- Motor trifásico jaula de ardilla
 - Potencia nominal 7.5 HP
 - Voltaje 220-3-Ø
 - Amperaje nominal 20
 - Polea de motor Dia. Ext. 130 mm

- Compresor tipo VI
 - Conexión de succión 34.9 mm (1 3/8 pulg)
 - Conexión de descarga 29.6 mm (1 1/8 pulg)
 - Conexión de líquido 15.9 mm (5/8 pulg)
 - Volante diámetro exterior 450 mm
 - Ranura de volante 7-B
 - Velocidad de compresor 505 rpm
 - Desplazamiento 39.3 m³/Hr

- Condensador Remoto de Aire
 - Modelo CRA-006

- Ventilador
 - Modelo V-24194

- Peso neto aproximado
 - 397 Kg

- ** Esquemas y dimensiones de la unidad condensadora de aire refrigerante empleada, así como datos técnicos, especificaciones de diseño y dimensiones de compresor y condensador que la componen se muestran en el apéndice 2 .

IV.3 SISTEMA COMPLEJO

Aunque los cuatro componentes básicos descritos previamente son todo lo que se necesita para operar un sistema de refrigeración, muchos sistemas modernos tienen una variedad de componentes auxiliares, tal como se muestra en la figura IV.17. Estos componentes auxiliares no son más difíciles de entender que los componentes fundamentales.

A continuación se detallarán los componentes auxiliares utilizados en nuestro sistema.

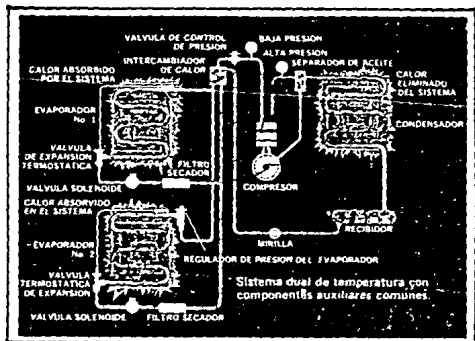


Figura IV.17 Componentes auxiliares. (SARGENT & GREENE)

CONTROL DE BAJA PRESION DE ACEITE

Va que el compresor es la parte más importante del sistema, es indispensable que reciba la mejor atención: el control de baja presión es de máxima importancia entre los controles de seguridad. Este control consiste de un doble diafragma, un diafragma dirigido a la salida de la válvula de la bomba de aceite, y el otro diafragma se conecta por medio de otro tubo al carter del -

compresor. El control actúa mediante la diferencia de presiones de la salida de la bomba de aceite y la presión del carter. La diferencia entre estas dos presiones, es la presión neta del -- aceite lubricante, puesto que la presión de entrada de la bomba de aceite es siempre la presión del carter.

Cuando la diferencia entre la presión de la salida de la - bomba de aceite y la presión del carter baje hasta aproximada-- mente 15 Lb/pulg' (se ajusta esta diferencia), el control inte-- rrumpirá el circuito de la bobina del arrancador del compresor-- después de 90 segundos. Los 90 segundos requeridos, son para -- calentar la resistencia interna del control y tenga la suficien-- te energía para abrir el circuito del arrancador del co--mpresor y pararlo.

El control seleccionado para el sistema será : un protec-- ción diferencial de aceite modelo OMS-C106 marca SAGINOMIYA.

CONTROL DE ALTA Y BAJA PRESION

Este control es un dispositivo donde se encuentran integra-- dos los controles de alta y baja presión. Un control de baja -- presión actúa con la presión de succión del refrigerante y nor-- malmente se utiliza para regular el ciclo del co--mpresor con el fin de controlar la capacidad o como límite de baja presión y - lo interrumpe al descender ésta.

El control de alta presión también es de gran importancia-- para la protección del compresor, ya que controla la alta pre-- sión o de descarga. La función de este control es parar auto-- máticamente el co--mpresor si por alguna causa la presión de descar-- ga supera la presión a la cual éste se encuentra ajustado.

El control para el sistema se encuentra ya integrado en la -- unidad condensadora de aire frígotherm seleccionada, y es un -- control de alta y baja presión marca HERPETIK.

SEPARADOR DE ACEITE

Una de las mayores causas de la baja eficiencia en la refrigeración es la presencia de aceite en el evaporador del sistema, ya que el aceite cubre la superficie interior del evaporador y afecta la transferencia de calor.

El aceite que sale del compresor en forma de vapor junto con el gas de descarga, se licúa en el condensador para llegar al receptor en forma de líquido a alta presión mezclado con el refrigerante y, ya que el aceite es más denso que el Freon, éste se coloca en la parte inferior del receptor, saliendo junto con el refrigerante a el evaporador del sistema.

Para reducir la afluencia de refrigerante con aceite al evaporador se utilizan los separadores de aceite con retorno automático del aceite al carter del compresor; usando este dispositivo el 95% del aceite que sale del compresor con el gas de descarga regresa automáticamente al compresor.

Cuando se utiliza separador de aceite, es conveniente instalar en la línea de retorno al carter un filtro de aceite, para asegurar que el aceite este libre de sólidos en suspensión.

La colocación del separador será, por tanto, en la línea de descarga del compresor.

La selección del separador de aceite se hace en base a las toneladas de refrigeración y temperatura de evaporación, por lo tanto, el separador de aceite utilizado será el modelo AN2 marca HERMETIK.

DESHIDRATADOR

Los deshidratadores son indispensables en cualquier sistema de refrigeración. Estos elementos también llamados filtros tienen la función como su nombre lo indica, de remover las partículas de humedad y de esta manera alargar la vida y buen funcionamiento del sistema: el deshidratador debe contar con un filtro sícate para prevenir la circulación de partículas de carbón

o de cualquier partícula extraña al sistema, el agente secante más común es la persilica.

El deshidratador es seleccionado de acuerdo a los HP del -- compresor. Por lo tanto, el deshidratador utilizado será el módulo R-750 -16 del tipo recargable con persilica, marca HERPETIK.

MIRILLA E INDICADOR DE LIQUIDO Y HUMEDAD

Este dispositivo es parte importante del sistema de refrigeración. La mirilla o visor sirve para verificar la carga del refrigerante, mostrando burbujas cuando no existe suficiente carga de refrigerante y una forma clara en el vidrio cuando la carga es correcta.

A este dispositivo se le añade una combinación química la cual reacciona con la humedad desde el color azul al estar la -- carga sin humedad hasta el rosa pálido cuando existe humedad.

Para el sistema se utilizará una mirilla e indicador de líquido y humedad modelo 1K-755 -marca TETRO".

VALVULA SOLENOIDE

La válvula solenoide se utilizará en la línea de líquido y gas caliente para detener el flujo de refrigerante cuando éste -- no se desea.

Esta válvula es operada electricamente y no es una válvula modulada, sino que se abre o cierra completamente. La válvula solenoide se cierra cuando se desenergiza la bobina y por consiguiente el vástago se asienta. Cuando es energizada la bobina se eleva el vástago y abre la válvula; esta válvula se usará en unión con un termostato, el cual cuando se llegue a la temperatura deseada mandará una señal tanto a las válvulas para que se -- cierren (evitando cierres manuales) como a la línea de suministro de energía para parar el sistema de refrigeración, suspendiendo la energía eléctrica.

Para el sistema se utilizarán válvulas solenoide modelo -- REV205-2X F y REV2513-2X F marca SAGIMIYVA, al igual que un -- termostato modelo C1020 tipo ALS con un rango ajustable de -40 a 30°C, marca SAGIMIYVA.

NOTA Tablas de elección de componentes auxiliares se muestran en apéndice 2 .

ACEITE REFRIGERANTE

Los aceites usados en refrigeración deben presentar ciertas características importantes para el buen funcionamiento del sistema, además de tener las propiedades de un buen lubricante y a la vez actuar como refrigerante en las partes del compresor ---- expuestas a fricción. El aceite refrigerante debe presentar las siguientes propiedades :

- Debe permanecer como líquido a bajas temperaturas.
- Debe permanecer estable a altas temperaturas.
- No debe reaccionar químicamente con el refrigerante, metales, aislamientos, aire u otros contaminantes.
- No debe descomponerse en carbón bajo las condiciones o rango de trabajo.
- No deberá dejar depósitos de cera cuando este trabajando a bajas temperaturas.
- Deberá ser seco y libre de cualquier humedad posible.

** De acuerdo a las condiciones anteriores y a que es el aceite más utilizado comercial e industrialmente, se usará el - aceite deshidratado capacidad No. 30 .

IV.4 TECNOLOGIA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR

Las tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar son amplias y muy variadas; sus ventajas y desventajas dependen en buena medida de la aplicación o uso final de ella. Para propósitos de análisis, en lo que sigue consideraremos cuatro grandes grupos de tecnologías como se muestra en el esquema de la figura IV.18, según el proceso de conversión de energía solar en energía útil que se emplean ellos son :

- Procesos termodinámicos
- Procesos fotoquímicos
- Sistemas termiónicos
- Sistemas fotovoltaicos

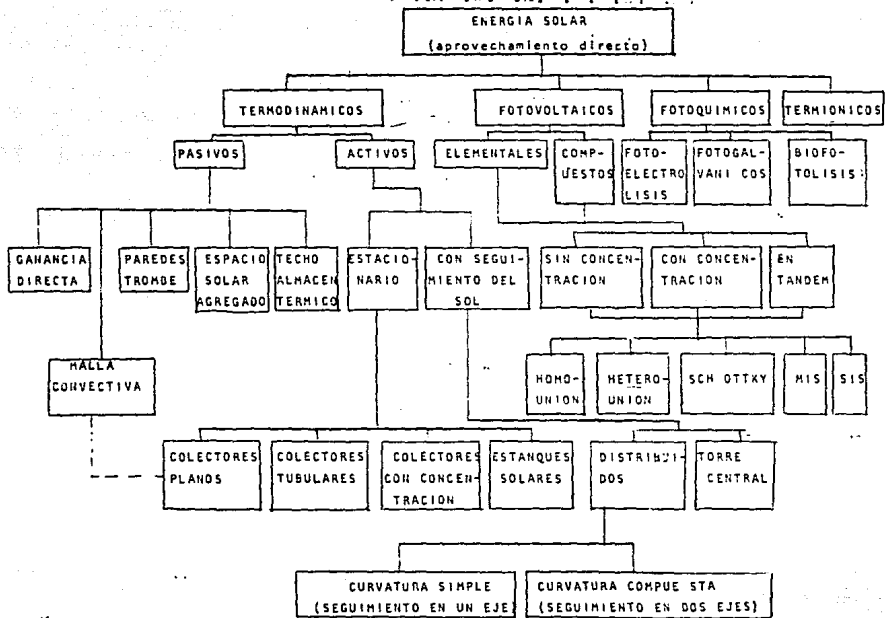
La tecnología termodinámica tiene como propósito capturar - la energía solar y convertirla en calor útil, el que posteriormente puede ser transformado en energía mecánica o eléctrica.

La conversión fotoquímica se refiere a las tecnologías que producen energía química libre a partir de la radiación solar.

Los procesos termiónicos aprovechan la emisión de electrones desde un cátodo caliente, convirtiendo así la energía directamente en electricidad.

Los sistemas fotovoltaicos convierten directamente la energía solar captada en energía eléctrica, como resultado de la absorción de la energía de los fotones que inciden sobre materia los semiconductores.

Los procesos termodinámicos y los sistemas fotovoltaicos -- son los dos grupos de tecnologías que han sido más estudiados y en los que se ha logrado un mayor desarrollo.



54

Figura IV.18 **** Tecnología para el aprovechamiento directo de la energía solar. **** (Referencia 17)

PROCESOS TERMODINÁMICOS

La conversión termodinámica a sido el proceso de aprovechamiento de la energía solar más estudiado y más explotado. Consiste en colocar expuesta a la radiación solar (directa o reflejada) una superficie (colector-absorbedor), que por efecto de la radiación que recibe, aumenta su temperatura. El calor así ganado se transfiere a algún fluido para proporcionar energía útil (calorífica, mecánica o eléctrica).

PROCESOS FOTOQUÍMICOS

En estos sistemas la energía solar se convierte directamente en un potencial químico, generalmente almacenable en forma de un combustible capaz de liberar esta energía posteriormente.

SISTEMAS TERMIONICOS

Estos sistemas convierten directamente la energía calorífica en electricidad, aprovechando la emisión de electrones de una superficie o un cátodo caliente. Los electrones viajan a través de un espacio vacío o gaseoso hacia un ánodo frío o colector. Al conectar una carga eléctrica entre el cátodo y el ánodo, se puede extraer potencia eléctrica útil.

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Las celdas solares (fotoceldas) son dispositivos que absorben energía de los fotones presentes en la luz que incide sobre ellas y la convierten en energía eléctrica. El efecto fotovoltaico ocurre en dispositivos en que :

- a) En uno de los materiales que la componen se generan portadores móviles de carga eléctrica mediante la absorción de la energía de los fotones presentes en la luz.

- b) Existe además una barrera de potencial que permita separar a los portadores de carga en la región en que se generan.

Los materiales semiconductores, en los que la brecha de --- energía entre la banda de valencia y la banda de conducción es suficientemente pequeña como para que los electrones en estados de energía cercanos a la parte superior de la línea de valencia alcancen la de conducción al excitarse, satisfacen la primera con dición.

Al poner en contacto semiconductores (componentes básicos - de las celdas solares) con distinta afinidad electrónica se crea en la unión un campo eléctrico interno que es la barrera de potencial a la que se refiere la condición b .

- ** Para nuestro diseño se utilizará el sistema fotovoltaico -- para la conversión de la energía solar.

CARACTERISTICAS DE LOS FOTOVOLTAICOS

- Larga vida útil, debido a que no cuentan con partes móviles -- que se desgasten
- Operación simple
- Operan a temperatura ambiente
- Prácticamente no requieren mantenimiento
- Como son de tipo modular pueden diseñarse para satisfacer necesidades de energía de cualquier magnitud
- No contaminan
- Una de las ventajas de las celdas solares sobre otras tecnologías solares es el poco deterioro de su rendimiento en cielos nublados por lo que pueden convertirse en la alternativa más - atractiva de aprovechamiento solar.

IV.5 CELDA SOLAR (FOTOCELDA)

Por sus características de poder generar energía eléctrica con eficacia y confiabilidad y por ser pequeñas y livianas, las celdas solares constituyeron desde sus inicios, una parte esencial en los sistemas utilizados en los proyectos espaciales.

La celda solar es el dispositivo que absorbe energía del sol y la convierte directamente en energía eléctrica. Es un generador que consume como combustible únicamente luz solar.

La celda solar más común es una pequeña lamina delgada de cristal semiconductor (silicio, sulfuro de cadmio, arsenuro de galio, etc), pero la que ahora tiene mayor porvenir industrial es la de silicio. Las celdas de silicio no son las que dan un rendimiento más elevado, pero tienen la enorme ventaja de estar formadas por el segundo elemento más abundante que existe en la tierra.

Las celdas solares están constituidas principalmente por la unión de dos regiones con propiedades diferentes, formadas en el mismo cristal. Cada región está formada o constituida por el cristal base al que se le hicieron sustituciones con :

- a) Átomos de Fósforo (P), Arsénico (As) u otros, que producen la región a la que se le denomina tipo n .
- b) Átomos de Boro (B), Galio (Ga) u otros, que producen la región a la que se le denomina tipo p .

Generalmente todo el cristal se prepara con sustituciones de un tipo (n ó p) y posteriormente a una de las caras se le hacen sustituciones del otro tipo (p ó n) a expensas de las iniciales, formándose así las dos regiones en el mismo cristal.

Para utilizar la energía eléctrica que genera la fotocelda es necesario captarla por medio de unos contactos metálicos que se adhieren a cada una de las caras de lámina.

El contacto sobre la cara que recibe la luz está hecho de finas líneas metálicas para que cubran lo menos posible al cristal y se recubre con una pequeña capa de sustancia transparente antirreflejante para que penetre la luz que incide en la celda solar y se refleje lo menos posible. El contacto en la cara inferior es por lo regular una laminilla metálica completa, de acuerdo a la figura IV.19 .

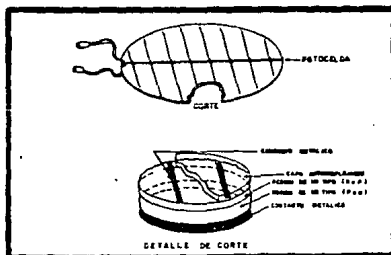


Figura IV.19 Estructura de una celda solar. (REFERENCIA 15)

Las celdas fotovoltaicas son unidades pequeñas y generan bajas potencias, por lo que para su aplicación se requiere de la conexión eléctrica de varias de ellas y su encapsulamiento en un armazón que les proporcione soporte y protección formando así lo que se conoce como módulo fotovoltaico. La fracción del área expuesta al sol de un módulo fotovoltaico cubierta por celdas solares es de entre 75 y 90%. Los módulos suelen reunirse en conjuntos, que se denominan arreglos, para adecuar el voltaje y potencia entregados a la demanda.

La energía eléctrica que por sí solas pueden suministrar - las celdas, módulos o arreglos, no es constante ya que siguen - en el tiempo la curva de radiación solar incidente sobre ellos. Así que en aquellas aplicaciones que requieran una alimentación sostenida de energía a cierto nivel de corriente y/o potencia, - deben integrarse a los sistemas fotovoltaicos sistemas de almacenamiento de energía. Requieren además, en general, elementos eléctricos tales como reguladores de voltaje que protejan a los sistemas de almacenamiento y convertir la energía de directa a alterna.

TIPOS DE CELDAS SOLARES

En la actualidad pueden distinguirse los siguientes tipos de celdas solares según los materiales empleados en las capas que las forman. Entre parentesis se anotan los valores de las eficiencias AM1 (Air Mass 1 : Iluminación solar en intensidad de 1 KU/m) que se han obtenido con ellos en laboratorio

- Homounión : Un mismo material base con diferentes impurezas para obtener los semiconductores con diferente - afinidad electrónica tipo n y p. Algunos semiconductores y sus eficiencias son : silicio monocristalino (18%), silicio policristalino (10%), silicio amorfo (7%) y arsenuro de galio monocristalino (22%).
- Heterounión: El semiconductor base tipo n es diferente del tipo p . Las celdas más comunes y sus eficiencias son : Cu₂S/S (5%), InP/CdS (14%) y CdTe/CdS (8%).

- Schottky : La unión esta formada por un semiconductor y un metal. Tal es el caso de las células de Al/Us₂ y Al/Si, con eficiencias del 5 y 13% respectivamente.
- MIS (Metal Insulation Semiconductor) : Unión tipo schottky -- con una capa aislante de 10 a 15 micrones entre metal y semiconductor. En silicio se han obtenido eficiencias de 12% y en arsenuro de galio del 15%.
- SIS (Semiconductor Insulator Semiconductor) : Unión entre dos semiconductores con una capa aislante de 10 a 16 micras entre ellos. Por ejemplo óxido de estaño/silicio (12%).
- Electroquímicos : Un semiconductor (arsenuro de galio mono-cristalino) con unión líquida; el semiconductor está inmerso, por ejemplo, en una solución líquida de compuesto de selenio.

IV.6 FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA SOLAR A ELÉCTRICA

Ciertos materiales denominados semiconductores tienen sus electrones de valencia ligados a los átomos con energías muy semejantes a las de los fotones que constituyen la luz solar. Cuando ésta incide sobre el semiconductor ciertos fotones rompen --- algunos enlaces y los electrones de valencia quedan libres para circular por el semiconductor. Algo análogo ocurre también con el enlace roto, llamado hueco, que saltando de un átomo a otro puede también moverse con cierta libertad.

En el proceso fotovoltaico la energía solar se transfiere a los electrones del semiconductor al chocar un fotón de la luz -- con un átomo del material, con la suficiente energía como para sacar un electrón de su posición fija (banda de valencia) y hacerlo que se mueva libremente en el material (en la banda de conducción) dejando un hueco, quedando libres para participar en la generación de corriente eléctrica (flujo de electrones y huecos en sentidos opuestos a través del material).

Cuando el número de electrones y huecos que se forman son iguales el semiconductor se denomina intrínseco, se puede lograr que el número de los electrones disponibles para la conducción sea mayor que el de los huecos, en cuyo caso se habla de un semiconductor tipo n, o en caso contrario que los huecos sean mayores se habla de un semiconductor tipo p.

Para generar energía en base al efecto fotovoltaico se requiere de la existencia de un campo eléctrico que obligue a moverse a los electrones y huecos liberados por la luz, pero está --- fuerza debe ser autoconstruida en los semiconductores, es decir, que exista en su interior, porque de tener que suministrarla desde el exterior se gastaría más de la que se pudiera producir.

El campo eléctrico interno (que proporciona la fuerza) se genera en la unión de dos tipos de semiconductores con distinta afinidad electrónica, en la zona del cristal en la que se une la región tipo n con la región tipo p, debido a las características eléctricas que adquiere cada región.

Cuando la unión de los semiconductores absorbe luz de suficiente energía, ésta desprende electrones (carga negativa) de su posición dejando huecos (carga positiva). Sobre los electrones y huecos actúa el campo eléctrico que existe en la zona de unión, provocando su separación: los electrones hacia la región tipo n y los huecos hacia la región tipo p. Este proceso se puede apreciar en el esquema de la figura IV.20.

La corriente es recogida por una red de contactos metálicos en ambas caras de las regiones. Juntando ambos contactos metálicos por medio de un conductor se podrá generar la energía útil.

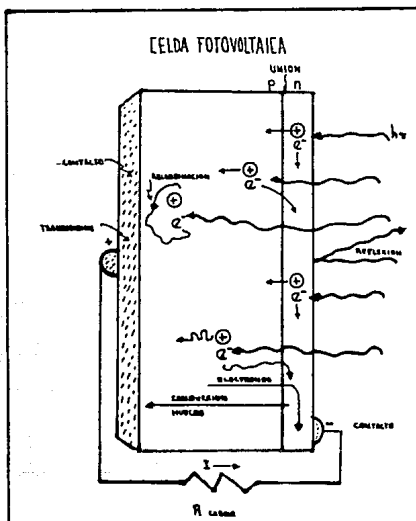


Figura IV.20 Representación esquemática de la interacción de la luz y el flujo de corriente en una celda fotovoltaica. (REPARASUS 64)

IV.7 BANDAS DE ENERGIA

El concepto de bandas de energía es importante para poder describir el fenómeno en materia sólida. Los electrones y los huecos que se encierran en un sólido sólo pueden ocupar ciertos estados de energía permitidos que se ensamblan en bandas de energía. Entre dos bandas de energía permitidas se encuentra una banda prohibida, llamada brecha de energía (E_g). Cuando los átomos individuales se unen para formar un sólido, las cortezas de los electrones vecinos se superponen y los distintos niveles de energía se interconectan en bandas. En los semiconductores, cuando la temperatura está cercana al cero absoluto, la banda de energía permitida situada bajo la banda prohibida está completamente ocupada (banda de valencia); por el contrario la banda de energía permitida por encima de la brecha de energía (E_g), está completamente vacía (banda de conducción). Los electrones de la banda llena no son móviles y no pueden contribuir a la conductividad eléctrica, esto se debe al hecho de que todas las cortezas exteriores de los átomos están llenas.

Cuando se eleva la temperatura del cristal, aproximadamente a la temperatura ambiente, los enlaces de los electrones se debilitan, aunque no lo suficiente para salir de la banda de valencia, pero al incidir la luz solar (fotones) sobre el semiconductor, ésta le proporciona la energía requerida al electrón para transportarse de la banda de valencia a la banda de conducción.

La cantidad mínima de energía necesaria para liberar un electrón es una constante del material, ésta es equivalente a la brecha de energía y se mide en unidades de electrón-volt (E_v).

Podría pensarse que un bajo valor de esta brecha de energía (E_g) sería ideal, ya que permitiría que con un bajo valor de energía se liberará el electrón, pero la fuerza electromotriz generada viene limitada por E_g y, si éste es pequeño, la fuerza electromotriz generada también sería pequeña.

El diagrama de niveles energéticos de unión p-n para una celda de silicio, figura IV.21, muestra que como máximo podemos esperar que los niveles de Fermi coincidan con los bordes apropiados de las bandas, resultando una curvatura máxima de la banda E_g en condiciones de circuito abierto y, por lo tanto, un voltaje máximo en circuito abierto limitado por E_g .

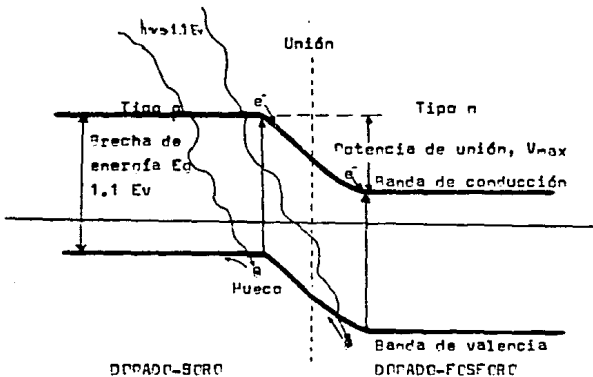


Figura IV.21 Estructuras de las bandas de energía en unión p-n en una celda de silicio. (REFERENCIA 24)

Uno de los factores que más limitan la eficaz conversión de energía luminosa en eléctrica es el que se deriva de la falta de adaptación entre la energía de los fotones del espectro solar y la energía necesaria para romper el enlace de un electrón en un material dado, figura IV.22.

Así los fotones con energía inferior a la necesaria para romper un enlace no serán absorbidos y se perderán.

Los fotones solares cuya longitud de onda sea tal que la energía correspondiente sea mayor que la anchura de la banda E_g del semiconductor serán absorbidos creando sólo un par

electrón-hueco y la energía en exceso será posada en forma de energía cinética a ese par electrón-hueco. La energía cinética, se perderá rápidamente en forma de calor a causa de las colisiones de estos portadores con los átomos del material. La energía recuperable del par electrón-hueco generado será como máximo, igual a la energía potencial debido al campo creado en la unión.

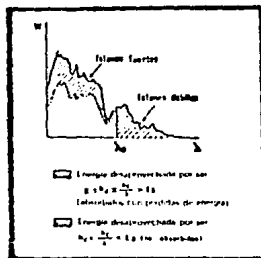


Figura IV.22 Limitaciones del rendimiento de una celda solar. Espectro AM1 (ASTONISHING 19)

Dado que la longitud del espectro solar es amplia y la mayor parte de los fotones tienen energía comprendidas entre los 0.7 y los 3.1 eV, los materiales con banda prohibida de 1.5 eV en la actualidad son los que proporcionan mayor rendimiento. Pero dado que el rendimiento no depende sólo de eso, sino también de las tecnologías de fabricación del material y de la celda, la celda de silicio es por hoy la más eficiente.

En la tabla IV.1 se dan las bandas prohibidas de algunos semiconductores en unidades de electrón-volt.

Tabla IV.1 (REFERENCIA 21)

| Semiconductor | Banda prohibida Eg/Ev |
|---------------|-----------------------|
| CuInSe | 1.01 |
| Si | 1.12 |
| Cu S | 1.20 |
| InP | 1.34 |
| GaAs | 1.43 |
| CdTe | 1.44 |
| CuInS | 1.55 |
| CdSe | 1.70 |
| GaP | 2.25 |
| CdS | 2.42 |
| ZnSe | 2.67 |

IV.4 CELDA DE SILICIO

En la figura IV.23 se puede apreciar constitución de una celda de silicio convencional.

Una barra cristalina de silicio, dopado de boro, se corta con un espesor aproximado de 0.3 mm. Una de las caras se dopa fuertemente con fósforo mediante difusión a alta temperatura -- desde una atmósfera gaseosa rica en fósforo de manera que este elemento penetre en el silicio con mayor concentración que la del boro que éste contenía, hasta una profundidad de 0.3 micras aproximadamente. Encima de esta capa se deposita una rejilla -- metálica y en la parte posterior de la celda una capa metálica continua. Ambas capas sirven para facilitar la toma de contactos eléctricos en ambas regiones.

Hasta el momento, el silicio es el material semiconductor más importante para la conversión fotovoltaica de energía solar y es también base para la industria electrónica. Hoy en día todas las células de silicio más eficientes son fabricadas de silicio monocristalino.

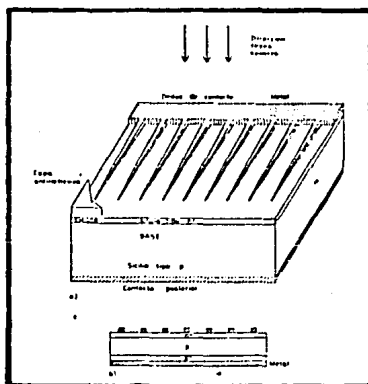


Figura IV.23 Constitución de una célula de silicio convencional. (Referencia 18)

En la tabla IV.2 se presentan las células de silicio más comunes junto con otras células.

Tabla IV.2 (Referencia 17)

| Material | Tipo de célula | Máxima eficiencia teórica $\eta(\%)$ | Máxima eficiencia medida (AMI) $\eta(\%)$ <small>base de célula m²</small> | Eficiencias de células comerciales $\eta(\%)$ |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--|---|
| Silicio mono cristalino | Homounión | 20-22% | 10% 2 | 10-15% |
| Silicio poli cristalino | Homounión | 19% | 7-14% 2-3 | - |
| Silicio amorfo | Homounión | 15% | 8% 0.04 | - |
| Arsenuro de galio | Homounión con concentración | 30% | 22% 0.1 | - |
| Fosfuro de indio | Homounión con concentración | 30-40% | 17% 0.2 | - |
| AlGa _x As/GaAs | Homounión con concentración | 25-30% | 24% | - |
| Silicio mono cristalino | Homounión con concentración | 22% | 10% | 12.5% |
| CuInSP ₂ | Homounión | 18% | 4% | - |
| CdS/Cu ₂ S | Heterounión - (vapor depositado) | 15% | 10% 1 | - |
| CdS/Cu ₂ S | Heterounión (por vacío) | 8-10% | 5-6% 1 | - |
| InP/CdS | Heterounión | 22% | 14% 1 | - |
| (Cd/Zn)S/Cu ₂ S | Heterounión | 15% | 6% | - |
| CdS/CuInSe ₂ | Heterounión monocristalino | 24% | 12% 1 | - |
| Óxido de estaño/Silicio | SiS | 20% | 12% | - |
| Arsenuro de galio | Schottky APCS | 25-20% | 14% | - |

IV.9 RESPUESTA ESPECTRAL

Debido a la existencia de una relación no lineal entre el coeficiente de absorción, longitud de onda y la mínima energía de ionización (1.12 eV para el silicio), la celda de silicio no responderá en la misma forma a las diferentes longitudes de onda de la luz.

La energía de un fotón en Electrón-volts (eV) se define como :

$$E = \frac{1.2398}{\lambda(\mu\text{m})} \text{ [eV]}$$

Donde : λ = Longitud de onda del fotón en micrometros
E = Energía del fotón en Electrón-volt

Por lo tanto, los fotones infrarrojos con una longitud de onda mayor de 1.1 no podrán ionizar la celda de silicio, y los fotones en la luz visible y ultravioleta del espectro solar, ionizarán creando par Electrón-hueco, cediéndole además energía cinética a éste.

EFICIENCIA

La celda fotovoltaica puede ser visualizada como un circuito eléctrico como el que se muestra en la figura IV.24

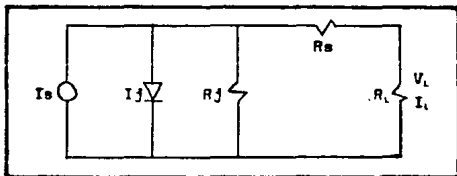


Figura IV.24 Circuito equivalente de una celda solar. (REFERENCIA 24)

Donde : I_s = Corriente total generada
 I_j = Corriente a través de la unión p-n
 R_j = Resistencia de la unión
 R_s = Resistencia de la celda
 R_L = Resistencia de la carga
 V_L = Voltaje a través de la carga
 I_L = Corriente a través de la carga

Cuando existe circuito abierto en la celda el voltaje es -- máximo ($V_{m\acute{a}x}$), éste tiene un valor cercano al voltaje de la brecha de energía.

La máxima potencia de una celda solar ideal es $I_s \cdot V_{m\acute{a}x}$, y -- ésta está en función de la temperatura, ya que si ésta incrementa, tanto I_s como $V_{m\acute{a}x}$ disminuyen. Por lo tanto, el producto --- $I_s \cdot V_{m\acute{a}x}$ dependerá del material y será diferente para cada uno de ellos como se muestra en las figuras IV.25 y IV.26 .

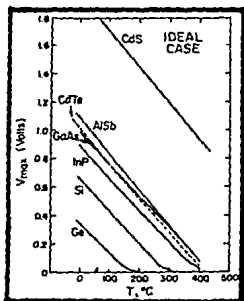


Figura IV.25 Variación de voltaje de varios materiales en función de la temperatura. (Referencia 24)

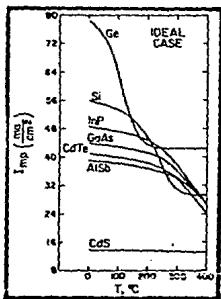


Figura IV.26 Variación de la corriente para varios materiales en función de la temperatura. (Referencia 24)

Es casi constante con respecto a la temperatura (menor - de 100°C), pero la resistencia de la unión disminuye y la corriente a través de la I_j aumenta al incrementarse la temperatura. Por lo tanto, el máximo voltaje posible a través de la celda decrece al incrementarse la temperatura, y la potencia de salida $I \cdot V$ decrece relativamente con el aumento de la energía solar, esto por la manera en que $V_{\text{máx}}$ varía con la temperatura - y, cada brecha de energía tendrá una eficiencia determinada para una temperatura dada, como se puede apreciar en la figura IV.27 .

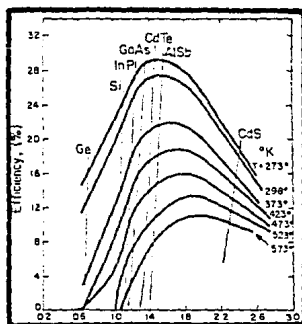


Figura IV.27 Eficiencia teórica máxima de conversión fotovoltaica en función de la brecha de energía. (REFERENCIA 24)

La máxima potencia de salida de una celda solar es $I \cdot V$ la cual es algo menor que la potencia teórica máxima $I_s \cdot V_{\text{máx}}$.

El voltaje en circuito abierto y la corriente en una celda de silicio, aumentan al incrementarse la intensidad de la luz, - como lo muestra la figura IV.28 .

Variando la resistencia de carga podemos encontrar un voltaje para una determinada corriente donde la potencia sea máxima, y así definir los puntos V e I .

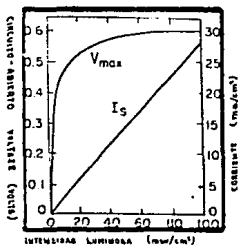


Figura IV. 2^a Rendimiento característico de una celda solar de silicio. (Referencia 24)

Cuando se utiliza como fuente de poder una celda fotovoltaica, la curva característica corriente-voltaje, se muestra frecuentemente invertida por conveniencia. La figura IV.2^a utiliza este convenio junto con un gráfico de la corriente que circula por una carga R para mostrar el punto de operación de una celda con variación de la resistencia de carga.

Para la extracción de la máxima potencia de cualquier fuente, la impedancia de la carga debe ser igual a la impedancia de la fuente. Para la celda solar este punto de operación de máximo rendimiento ($P_{\text{máx}}$) puede encontrarse, aproximadamente construyendo la diagonal del rectángulo que pasa a través de I_{sc} (corriente de corto circuito) y V_{oc} (voltaje de circuito abierto) como se indica en la figura IV.2^a, y determinando su intersección con la curva característica de la celda. El gradiente de la diagonal nos da aproximadamente la resistencia de la carga equivalente, al igual que los puntos V e I para la extracción de la máxima potencia.

En estudios realizados se ha encontrado que en la comparación de V e I con $V_{m\acute{a}x}$ $I_{m\acute{a}x}$, la primera es aproximadamente $3/4$ partes de la magnitud de $V_{m\acute{a}x}$ $I_{m\acute{a}x}$ (ideales ambas).

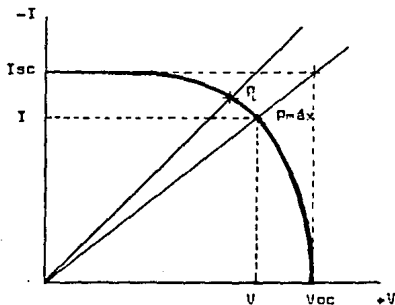


Figura IV.29 Características del cuarto cuadrante de una celda solar. P es el punto de operación de la celda solar cuando se conecta a una carga R . $P_{m\acute{a}x}$ es el punto de operación para el rendimiento máximo que requiere una carga V/I . (Referencia 2)

Potencia y eficiencia están en función de la variación de $V_{m\acute{a}x}$ y por consiguiente de V e I con la temperatura, esto se muestra en la figura IV.30. El porcentaje que decrece $V_{m\acute{a}x}$ con la temperatura es mayor del que decrece I , por tanto, al incrementarse la temperatura la eficiencia disminuye.

Por lo anteriormente visto podemos analizar lo conveniente que es mantener en el arreglo la menor temperatura posible, para así lograr una eficiencia adecuada.

La predicción de la eficiencia de la celda solar de silicio según estudios realizados por F. J. Wolf y publicados en "The Fundamentals of Improved Silicon Solar-cell Performance", la describen de la siguiente manera: El 77% de la energía --

solar incidente es absorbida por la celda. El 43% de la energía que es absorbida se pierde en forma de calor en el cristal ya que la energía de fónon excede a la energía de ionización. Se tiene además un factor de eficiencia para celdas terrestres de 0.62 (0.49 para uso en el espacio). Además el factor de curva de 0.80 que se refiere a la relación $V \cdot I / V_{\text{máx}} \cdot I_s$ al incrementar se la corriente de flujo a través de la unión; se tiene otro factor adicional de 0.90 a causa de la relación no lineal entre $V \cdot I / V_{\text{máx}} \cdot I_s$. La eficiencia de colección de los huecos y electrones es cerca del 78% y agregando las pérdidas por resistencia de superficie y por reflexión en una cantidad del 3% cada una, se tiene que la eficiencia de salida de la celda es del 14.37% como se puede observar en la figura IV.31.

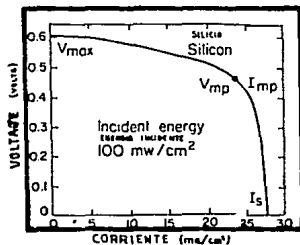


Figura IV.30 Potencia y Eficiencia, en función de la temperatura. (Referencia 24)

LUZ SOLAR INCIDENTE

$$\frac{V_{m\acute{a}x}}{E_g} = 0.62$$

Factor de curva FC =

$$I \cdot V / I_s \cdot V_{m\acute{a}x} = 0.80$$

FC adicional = 0.00

Eficiencia de selecc-

ión = 0.70

Factor de resisten-

cia en serie = 0.97

Factor de refle-

cción = 0.97

| | |
|--|--------|
| 23% | 100% |
| Fotones de longitud de onda diferente - no son absorbidos. | |
| 43% | 77% |
| De la energía absorbida del fotón es - convertida en calor | 43.99% |
| 30% | |
| Pérdidas en la unión | 27.21% |
| 20% | |
| Factor de curva FC | 21.76% |
| 17% | |
| Adicional del FC | 19.59% |
| 22% | |
| Recombinación | 15.20% |
| 3% | |
| Factor de resistencia en serie | 14.82% |
| 3% | |
| Pérdida por reflexión | 14.37% |
| 14.37% | |
| Potencia útil | |

Figura IV.31 Factores de conversión fotovoltaicos en una célula de silicio. (Referencia 24)

IV.10 INTERCONEXIÓN DE CELDAS SOLARES

Después de examinar las características de las celdas solares, podemos ahora entrar al funcionamiento del arreglo solar.

Para conseguir cierta potencia a un determinado voltaje y corriente, es necesario cierto número de celdas solares conectadas en arreglos llamados módulos, que posteriormente se agrupan en paneles, como se muestra en la figura IV.32 .

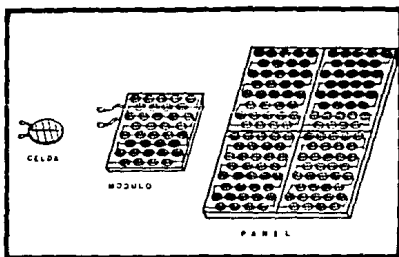


Figura IV.32 Conexión de celdas solares
(Referencia 15)

La conexión puede ser en serie o paralelo ó bien una combinación de ambas, serie-paralelo.

Una de las principales características de una celda solar es que el voltaje máximo que proporciona en una determinada condición de iluminación no depende en absoluto del área que tenga, depende sólo de las propiedades del material que la forma, es decir, una celda solar de 10 cm^2 y una de 20 cm^2 producen el mismo voltaje, lo que depende del área de la celda es la corriente que genera : a mayor área, mayor corriente.

CONEXIÓN EN SERIE

La conexión en serie se utiliza para aumentar el voltaje en un arreglo solar, al unir dos celdas en serie el voltaje de éstas se duplicará. Esta conexión se realiza uniendo el contacto del tipo n de una celda al contacto tipo p de la siguiente celda o viceversa, como se observa en la figura IV.33 .

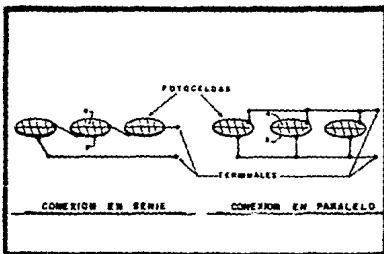


Figura IV.33 Conexión en serie y conexión en paralelo. (REFERENCIA 15)

El número de celdas en serie debe ser suficiente para suministrar el voltaje requerido por la carga. Se suele instalar un diodo al final del ensamble de las celdas solares para prevenir cualquier defecto dentro del arreglo que pueda incapacitar el sistema. También se requiere determinar el más alto voltaje del arreglo el cual ocurre cuando el panel está frío por estar en la sombra y pasar repentinamente a ser iluminado, con la más brillante luz solar esperada bajo ciertas circunstancias. Ya que este voltaje puede afectar al regulador de voltaje del sistema o el voltaje de la carga y la batería si no hay un regulador instalado.

CONEXIÓN EN PARALELO

La conexión en paralelo se utiliza para doblar la potencia manteniendo constante el voltaje. En este tipo de conexión se unen los polos n entre sí y los polos p entre sí, como se muestra en la figura IV. 73 .

Si se desea bajar la potencia y aumentar el voltaje, se pueden sectionar los módulos y conectar un determinado número de celdas en serie.

Conectando un determinado número de celdas en paralelo y en serie, es posible suministrar cualquier potencia a cualquier voltaje.

Se debe prestar especial atención a la igualación de las características eléctricas de las celdas que van a ser ensambladas. Como regla general, todas las celdas que se van a conectar en paralelo deben tener el mismo voltaje de circuito abierto y el mismo punto de máxima potencia por el voltaje. Las celdas que van a ser conectadas en serie deben tener la misma corriente de cortocircuito y la misma corriente para potencia máxima. Cualquier desajuste de lo anteriormente dicho producirá malos paneles porque las celdas de mayor fotocorriente y fotovoltaje disipan su exceso de potencia en las celdas de menor características eléctricas. Lo anterior da como resultado que la composición global del panel queda limitado por las celdas pobres. Acausando una reducción en la producción total de potencia, debido al incremento de la temperatura del panel por la disipación interna de potencia.

La forma más común de construir un generador solar es usando varios paneles de igual voltaje y potencia. Para diversas aplicaciones se pueden diseñar módulos estándar, cumpliendo con condiciones específicas. Ya que es común usar ciertos voltajes estándar, como 1.5 V, 6 V, 12 V, 24 V, 48 V, que son múltiplos unos de otros, los módulos fotovoltaicos se diseñan de acuerdo con uno de estos estándares. La estandarización de los esquemas de módulos simplifica el proceso de producción y proporciona una considerable flexibilidad a los sistemas de potencia ----

fotovoltaicas.

Las celdas de silicio ensambladas son frágiles y se deben proteger por ambos lados. Esto se consigue colocándolas entre una capa de protección superior y otra inferior. El material protector debe tener un coeficiente de expansión térmica similar y compatible con el de las celdas de silicio. En la actualidad, los plásticos y el vidrio son los materiales de más amplio uso. Las celdas solares selladas bajo vidrio tienen la ventaja de mantener intactas sus propiedades ópticas, mecánicas y eléctricas durante largos periodos de funcionamiento. Por el contrario, los polímeros no evitan la penetración de la humedad en las uniones y la metalización; consecuentemente, son apropiados solo si el silicio y los otros materiales son resistentes a la corrosión.

En lo que se refiere a la limpieza de los paneles solares - la experiencia adquirida en el campo terrestre es bastante alentadora. Se recomienda para paneles instalados en la costa intervalos de limpieza de 1 a 3 meses. Para paneles instalados en áreas metropolitanas como la ciudad de México, intervalos hasta de un año.

Los paneles solares no necesitan mantenerse ópticamente limpios; excepto en caso de que estén instalados en lugares donde exista la posibilidad de quedar cubiertos por capas espesas de suciedad o nieve.

La temperatura de funcionamiento del panel es otro factor a tomar en cuenta al instalar un panel solar. El rechazo de calor se favorecerá con una aireación para mejorar el rendimiento del panel.

Una temperatura adecuada es 10°C por encima de la temperatura ambiente, aunque si se logra una menor temperatura se favorecerá mayormente. Para lograr esto se instalarán 6 ventiladores de $\frac{1}{2}$ HP, los cuales estarán en uno de los extremos del panel manteniendo una adecuada aireación y logrando una temperatura cercana a la ambiente.

IV.11 ENERGIA REQUERIDA POR EL SISTEMA

Ya que el diseño del arreglo solar depende de la potencia que requiera el sistema de refrigeración, será necesario encontrar el total de esa potencia.

La potencia total que se suministrará en forma constante -- será :

- a) Para el motor de 7.5 HP del compresor, con una corriente nominal de 20 A y un voltaje de 220 V .

$$KW = \frac{I \times V}{1000}$$

Donde : I = Corriente
V = Voltaje

$$KW = \frac{20 \times 220}{1000} = 4.4$$

- b) Para el motor de 1 HP del evaporador, con una corriente nominal de 4.4 A y un voltaje de 220 V .

$$KW = \frac{4.4 \times 220}{1000} = 0.968$$

- c) Para el motor de 3/4 de HP del condensador, con una corriente nominal de 3.5 A y un voltaje de 220 V .

$$KW = \frac{3.5 \times 220}{1000} = 0.77$$

- d) Para los 6 motores de 1/12 de HP de los ventiladores, con un voltaje de 220 V . Como no se conoce la corriente, se calcula de la siguiente manera :

$$I = \frac{HP \times 746}{V \times \eta}$$

Donde : HP = Potencia
 V = Voltaje
 I = Corriente
 η = Eficiencia mecánica, considerando un 85%

$$I = \frac{0.5 \times 746}{220 \times 0.85} = 1.09 \text{ A}$$

Por tanto :

$$KW = \frac{1.09 \times 220}{1000} = 0.43$$

e) KW complementarios :

$$2 \text{ lámparas de } 40 \text{ W c/u} = 80 \text{ W} = 0.08 \text{ KW}$$

$$2 \text{ válvulas solenoide de } 9 \text{ W c/u} = 18 \text{ W} = 0.018 \text{ KW}$$

$$\text{Potencia continua total} = P_c = 4.4 + 0.968 + 0.77 + 0.43 + 0.08 + 0.018$$

$$P_c = 6.666 \text{ KW}$$

Para la potencia pico (P_p) y con objeto de ahorrar área en nuestro colector, tomaremos la potencia pico del motor de 7.5 HP, del cual su corriente de arranque es aproximadamente el 600% de la corriente nominal ($20 \times 6 = 120 \text{ A}$), pero como se utilizará un arrancador automático Siemens a tensión reducida al 50% tipo K981 con número de catálogo 305 783, la corriente de arranque será de 60 ampers.

Por lo tanto, la potencia pico será la potencia de arranque del motor de 7.5 HP más las potencias nominales del resto del equipo.

$$P_p = \left(\frac{60 \times 220}{1000} \right) + 0.968 + 0.77 + 0.43 + 0.08 + 0.018$$

$$P_p = 15.466 \text{ KW}$$

Como el sistema se arrancará aproximadamente unas 5 veces - en las 18 horas que trabaja el sistema, la potencia pico total - será :

$$P_p \text{ total} = 15.466 \text{ KW} \times 5 = 77.33 \text{ KW}$$

La potencia continua requerida para las 18 horas será :

$$\text{Potencia continua total} = P_c \text{ total} = 6.666 \text{ KW} \times 18 = 119.99 \text{ KW}$$

La suma de la potencia pico más la potencia continua será - la energía requerida por el sistema en las 18 horas de trabajo, - la cual deberá ser colectada en las horas promedio de sol al día, que son 7.84 horas .

$$\text{Energía requerida por el sistema} = 77.33 + 119.99 = 197.5 \text{ KW}$$

$$\frac{197.5}{7.84} = 25.2 \text{ KW/Hr}$$

25.2 KW, son la energía que se debe captar por hora de luz al día.

IV.12 MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS UTILIZADOS

DESCRIPCION

Los Módulos Fotovoltaicos Condumex representan la más avanzada tecnología de fabricación en generadores eléctricos solares.

Las celdas solares empleadas son de silicio monocristalino, están protegidas de polvo, humedad e impactos por una cubierta de vidrio templado antirreflejante con bajo contenido de hierro y laminadas entre hojas de polímeros de alta duración, resistentes a los rayos ultravioletas y a la humedad.

Las celdas son interconectadas formando un circuito redundante asegurando la confiabilidad del módulo.

Dos cajas de conexión en la parte posterior, una positiva y una negativa se proveen en cada módulo. Están herméticamente selladas al medio ambiente, con autosujeción de la tapa. Cada caja contiene un diodo de paso para eliminar la posibilidad de pérdida de potencia por sombreado total o parcial.

Para montaje y protección del módulo, éste cuenta con un marco de aluminio anodizado y sellado, con 5 puntos de sujeción.

CARACTERISTICAS DEL MÓDULO

- Celdas solares de silicio monocristalino, eléctricamente acopladas para una conversión eficiente de la luz tanto directa como difusa.
- Celdas únicamente texturizadas y con recubrimiento para disminuir la reflexión.
- Contactos múltiples redundantes en cada celda para mayor confiabilidad en el circuito.
- Circuito laminado entre hojas de acetato etilen-vinil (EVA) resistente a la humedad, estable al ultravioleta y aislante eléctrico.
- Protección posterior de polímero multicapas resistente a la abrasión y efectos punzo cortantes.
- Marco de aluminio anodizado negro.

- Corriente de fuga en aislamientos de módulos menor a 40 μA a 3000 V de corriente directa.
- Conexión de tierra en el marco.
- Temperatura normal de operación de la celda (nocturna) : 47°C
- Pruebas de vida en laboratorio bajo condiciones extremas : ---
-40 C a +90 C y de 0% a 100% de humedad.

Especificaciones eléctricas

| | |
|---------------------------------|-----------|
| - Modelo | M-55 |
| - Potencia (Típica $\pm 10\%$) | 53 W pico |
| - Corriente (Típica a la carga) | 3.05 A |
| - Voltaje (Típico a la carga) | 17.4 V |
| - Corriente corto circuito | 3.27 A |
| - Voltaje circuito abierto | 21.8 V |

- ** Condiciones normalizadas de prueba : 1000 W/cm², 25 °C de temperatura de celda.

Características físicas

| | |
|--------------------------|---------------------|
| - Modelo | M-55 |
| - No. de celdas en serie | 36 |
| - Tamaño de celda | 102.9 mm x 102.9 mm |
| - Longitud de módulo | 129.3 cm |
| - Ancho | 33 cm |
| - Espesor | 3.6 cm |
| - Peso | 5.7 Kg |

Característica de operación

La curva característica de operación del módulo se representa en la figura IV.14 .

Con el dato de 25.2 KW/Hr de energía que se debe captar, - calculado con anterioridad y las características ya mencionadas del módulo fotovoltaico utilizado, podemos ahora calcular el número y arreglo de módulos para captar esta energía a un voltaje de 220 V .

Potencia = Corriente x Voltaje

Por tanto :

$$\text{Corriente} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Voltaje}} = \frac{25,200 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 114.55 \text{ A}$$

ARREGLO SOLAR

$$\text{Número de módulos en serie} = \frac{220 \text{ V}}{17.4 \text{ V}} = 13 \text{ módulos}$$

$$\text{Número de módulos en paralelo} = \frac{114.55 \text{ A}}{3.05 \text{ A}} = 38 \text{ módulos}$$

Por tanto, el arreglo solar contará de 494 módulos.

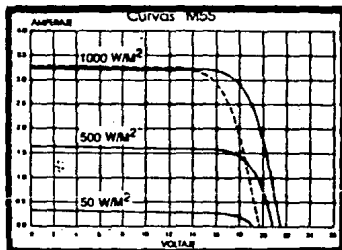


Figura IV.34 Curva característica del módulo P-55 bajo una iluminación de 1000 W/m². (Referencia 29)

IV.17 ESTADO TECNOLÓGICO ACTUAL Y ACTIVIDADES DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

NIVEL INTERNACIONAL

Actualmente la mayor parte de las celdas solares fotovoltaicas comerciales están basadas en la tecnología de silicio monocristalino y producen 0.5 V para prácticamente cualquier nivel de iluminación, y un promedio de 70 mA/cm² con una radiación de 1 KW/m². Su potencia de salida varía de 1 a 2 W pico. La tecnología básica para obtener el silicio monocristalino, semicristalino o policristalino de buena calidad mediante listón vaciado o técnicas de deposición de vapor químico, está actualmente disponible.

Entre los países industrializados Estados Unidos es en términos generales, el que posee mayor desarrollo tecnológico en los sistemas fotovoltaicos. Japón le sigue por 1 o 2 años de distancia en prácticamente todas las tecnologías. Alemania Federal probablemente es el país líder en la tecnología de listones vaciados de silicio policristalino.

Existen fabricantes comerciales importantes de celdas y sistemas fotovoltaicos en Estados Unidos, Japón, Francia, Alemania Federal, Inglaterra e Italia. La venta mundial de módulos fotovoltaicos alcanzó en 1978 aproximadamente entre 0.7 y 1.1 MW pico. De las ventas el 60% correspondió a los módulos norteamericanos, 20% a los japoneses y el restante 20% a los fabricantes Europeos. Para 1979 se estima que las ventas alcanzaron entre 1.4 y 1.8 MW pico, duplicándose casi las del año anterior y registrándose un muy ligero aumento en la participación porcentual japonesa en el mercado.

Según el Resource Market Report, en 1979 las grandes compañías petroleras produjeron a través de sus filiales el 90% de los módulos fotovoltaicos, ya que estas corporaciones son las que tienen la capacidad de inversión a largo plazo y en gran escala para apoyar la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías.

En 1970 las celdas solares tenían un costo de 500 dólares/W pico. Para el año de 1978 los costos de W pico eran los siguientes: los módulos de fabricantes norteamericanos tenían un precio de 13 dólares/W pico en el mercado internacional y un 10-15% menos en el

mercado interno. Los módulos Philips (RTS), el principal fabricante Europeo, costaban entre 14 y 15 dólares/W pico en el mercado internacional, precio de un 10 a 15% mayor que el de los fabricantes americanos. El costo de los módulos Telefunken era de 22 a 24 dólares/W pico, aunque aún no estaban disponibles en su totalidad en el mercado. Los módulos japoneses costaban entre 30 y 40 dólares/W pico en su mercado interno, y de 12 a 15 dólares/W pico en el mercado internacional.

En el año de 1980 los precios de los módulos fotovoltaicos se habían reducido ligeramente, de los cuales el precio más bajo ofrecido al mercado, era el de los fabricantes norteamericanos, que fue de 10 dólares/W pico.

La grafica de la figura IV.35 nos muestra el desarrollo del costo de las celdas solares y de sus sistemas.

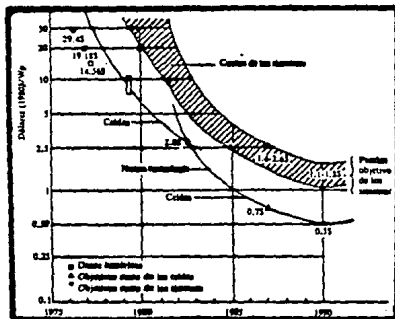


Figura IV.35 Desarrollo en costos de fotoceldas y sus sistemas (Estados Unidos) (Rosenzweig 12)

En Europa, Estados Unidos, Japón y la Unión Soviética existe un numeroso grupo de universidades, institutos de investigación y centros industriales que realizan Investigación y Desarrollo en sistemas fotovoltaicos.

En Europa los fondos gubernamentales dedicados a investigación y desarrollo en celdas fotovoltaicas en el año de 1980, superan los 40 millones de dólares/año, de los cuales un 25% corresponden a Francia y Alemania Federal.

El programa francés de investigación y desarrollo, fue orientado hacia el desarrollo de la tecnología de silicio y otros materiales.

El programa de Alemania Federal, fue dirigido hacia el desarrollo de la tecnología de lingotes vaciados de silicio policristalino y tecnologías avanzadas de sulfuro de cadmio (CdS/CuS) y silicio amorfo.

El programa británico se concentro en el silicio amorfo, con algunos proyectos en sulfuro de cadmio. En Italia, el interés fue dirigido hacia el desarrollo de sistemas con concentración y con énfasis en la tecnología de silicio.

En el año de 1991 el presupuesto del gobierno japonés dedicado -- solamente a celdas de silicio amorfo con énfasis en las tecnologías -- para su fabricación, especialmente las relacionadas con su producción en masa, fue de 60 millones de dólares/año.

El programa del Departamento de Energía de Estados Unidos en el mismo periodo fue más amplio en términos de sus objetivos que el Europeo o el japonés. El presupuesto otorgado represento la suma de 75 millones de dólares/año. Estados Unidos dedica a la investigación y desarrollo fotovoltaica avanzada y desarrollo tecnológico entre 30 y 40 millones de dólares. A diferencia de los otros países industrializados, el programa norteamericano ha puesto mayor énfasis en sistemas experimentales y pruebas de operación para el desarrollo de sistemas de mayor aplicación. El programa de Estados Unidos incluye celdas de CdS/CuS y sus compuestos ternarios silicio policristalino y amorfo, arsenuro de galio policristalino y materiales amorfos diferentes de silicio, y celdas avanzadas con concentración.

NIVEL NACIONAL

Actualmente en México existen tres instituciones de investigación y desarrollo con interés en la conversión fotovoltaica de la energía solar :

- Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM, cuyo interés prioritario es el desarrollo de celdas de silicio amorfo y sulfuro de cadmio a nivel laboratorio, y aplicaciones de sistemas fotovoltaicos.
- Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN : a) El Departamento de Ingeniería Eléctrica, que cuenta con una planta de pequeña capacidad para la producción de celdas de silicio monocristalino, investiga las de silicio policristalino y arsenuro de galio, y se interesa además por aplicaciones de dispositivos fotovoltaicos, en particular sistemas autónomos de servicio social y profesional, y b) El Departamento de Física, que investiga celdas electrolito-semiconductor y de telurio de cadmio.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas, que se interesa por el análisis de la aplicación de sistemas fotovoltaicos para generación de potencia.

El número total de investigadores equivalentes de tiempo completo que desarrollan actividades en el área se estima está entre 50 y 60, de los cuales un alto porcentaje cuenta con estudios de posgrado.

México es, junto con Brasil y la India, uno de los países en desarrollo más avanzados en la tecnología fotovoltaica.

Existen además algunas instalaciones demostrativas de la Dirección General de Aprovechamiento de Aguas Salinas y Energía Solar (DIGAASES) de la SAHCP, de la Asociación Nacional de Energía Solar en el manantial de peñapora. El CINVESTAV-IPN, por encargo del Instituto Nacional Indigenista, Secretaría de Educación Pública y el Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica, ha instalado más de 160 sistemas de alumbrado en escuelas alberque de diversos estados de la República, proporcionando módulos fotovoltaicos y servicios integrales de ingeniería, capacitación e instalación de sistemas. Algunas otras dependencias de gobierno han hecho uso de módulos fotovoltaicos; particularmente en sistemas de telecomunicaciones y de señalamiento.

Por otra parte, cuatro compañías tienen actividades de ensamblado de módulos fotovoltaicos en el país. Estas son : Tideland Signal, solvinex, Telefunken y Condurex. En un futuro otras compañías importantes en el mercado de sistemas fotovoltaicos, como Weckman, podrían ingresar en el mercado nacional, ya que poseen en el país plantas para la producción de otros productos. Actualmente, al menos 9 compañías europeas y norteamericanas ofrecen sistemas fotovoltaicos en el mercado mexicano, entre ellas están : Electrosolar, Sovonic, Arco solar y Kyocera Corporation.

** En la actualidad, en el mercado mexicano para el año de 1990, el costo promedio aproximado de los módulos fotovoltaicos oscila entre los 5 y 6 dólares/W pico.

IV.14 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y RECUPERACION DE ENERGIA

La necesidad de acumular la energía suministrada por los paneles fotovoltaicos, proviene del hecho de que la distribución temporal del consumo no es coincidente con las horas de insolación, además de que las horas de trabajo del sistema (18 horas) son mayores que las horas de insolación promedio por día (7.64 horas). En la práctica, por tanto, es inevitable combinar generación con acumulación.

Las baterías y el hidrógeno son las fuentes de almacenaje de energía eléctrica más prácticas y económicas que podemos encontrar en nuestros días tomando en cuenta la energía que para el sistema se requiere almacenar.

La unidad de almacenamiento será diseñada en base al almacenaje por baterías.

BATERIAS

El uso de baterías para el suministro de potencia en redes eléctricas no es novedoso. La primera de sus aplicaciones data de 1890, habiendo sido usadas extensamente durante los primeros años de la industria eléctrica. Las dificultades asociadas con la conversión de la corriente a la salida de las baterías en corriente alterna han sido reducidas en mucho con inversores.

La tecnología de la batería de plomo ácido está disponible desde hace mucho tiempo y es la de empleo más común. Tienen placas positivas de peróxido de plomo, placas negativas de plomo esponjoso, y emplean ácido sulfúrico como electrolito. Generalmente las placas poseen una rejilla de aleación plomo-antimonio para recoger la corriente, aunque las de reciente desarrollo usan aleaciones plomo-calcio para extender la vida de la batería a más de

20 años. Además de ser fácilmente adquiribles las baterías de plomo ácido son de probada confiabilidad, larga vida (esencialmente la del recipiente contenedor), moderada alta eficiencia, y alta aceptación entre los usuarios.

BATERIA EMPLEADA

FULL POWER (FOTOCULTAIDA)

Especificaciones

- Nivel de rendimiento : 12 Voltios nominal
- Capacidad de carga : 15 Voltios
- Capacidad 105 Amperios-horas (proporción de 100 horas a 25°C)
- Proporción de descarga : 4 Amperios-horas por mes a 27°C
- El mejor funcionamiento se consigue entre los -5 y 35°C
- Dimensiones : Largo = 13.0 pulgadas (330.0 mm)
Ancho = 6.8 pulgadas (172.6 mm)
Peso = 60.2 Libras (27.3 Kg)

Calculos

Las aplicaciones de la batería están determinadas por la carga aplicada a la batería. Una vez que la carga está establecida, el nivel de capacidad de amperios-horas se determina : (1) Calculando el flujo que se consume y (2) mediante la lectura de la capacidad de amperios-horas de la curva de la capacidad de la misma batería. La figura IV.36 muestra curvas diferentes de capacidad para varias temperaturas.

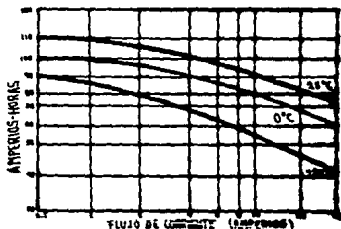


Figura IV.36 Capacidad de la batería. (Referencia 88)

La carga que deberá ser almacenada es de 197.5 kWh, para un suministro de energía por espacio de 18 horas a 220 Volts.

$$\text{Corriente} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Voltaje}} = \frac{197.500 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 897.8 \text{ Amperes}$$

El flujo de corriente que se consume en forma continua es de 30.3 A (de la potencia continua), en base a la cual se obtiene la capacidad de la batería (de la figura IV.36), que tiene aproximadamente una capacidad proporcional de 75 amperios-horas.

- Baterías requeridas en paralelo = $\frac{897.8 \text{ A}}{75 \text{ A}} = 12$ baterías
- Baterías requeridas en serie = $\frac{220 \text{ V}}{15 \text{ V}} = 15$ baterías
- Total de baterías requeridas = 180 baterías

CONDICIONAMIENTO DE POTENCIA

Con el fin de proteger el banco de baterías de las variaciones de voltaje, se utilizará un controlador de carga (regulador de voltaje), el cual es un elemento cuya misión es la de evitar las sobrecargas de las baterías, limitando la tensión de carga a un valor máximo admisible.

** El regulador usado será un controlador de carga marca ~~Condumex~~ Condumex

Para que pueda ser utilizada la energía suministrada por el banco de baterías por el sistema de refrigeración, es necesario convertir la energía de directa a alterna. Por lo tanto, se hace indispensable la instalación de un inversor de corriente.

** El inversor utilizado, será un inversor de corriente directa a alterna de 7.5 kW a 220 V marca Trace .

IV.15 ESTUDIO ECONOMICO

El costo del sistema de energía solar como se podrá deducir de los valores posteriormente mencionados, es aún alto para competir con los costos de electricidad convencional, pero en un futuro no muy lejano, debido a los logros que ha presentado el proceso de Investigación y Desarrollo de celdas solares y sus sistemas en los últimos 20 años y a los estudios realizados en la actualidad, se logrará que los costos de electricidad fotovoltaica sean compatibles con los de la electricidad convencional, ya que ésta aumenta su costo mientras que los generadores eléctricos fotovoltaicos lo disminuyen.

A continuación se presenta un estudio del costo del equipo de conversión de energía solar :

| MATERIAL | COSTO |
|--------------------------------|------------------|
| Módulo fotovoltaico P-55 c/u | \$ 950 000.00 |
| Estructura del colector | \$ 5 000 000.00 |
| Batería Full Power c/u | \$ 150 000.00 |
| *Controlador de carga Condurex | \$ 8 000 000.00 |
| *Inversor de corriente Trace | \$ 12 000 000.00 |
| Ventilador de 1/12 de HP c/u | \$ 250 000.00 |

* Costo aproximado, por ser pedido especial en cuanto a capacidad

En cuanto al sistema de refrigeración se refiere, el estudio económico de éste se presenta a continuación :

| MATERIAL | COSTO |
|---|------------------|
| Unidad condensadora FF-900 R | \$ 15 096 650.00 |
| Evaporador RUA-037 | \$ 5 339 201.00 |
| Válvula de expansión TA-6 | \$ 324 139.00 |
| Protección diferencial de aceite DMS-C106 | \$ 255 750.00 |
| Deshidratador R-1000-16 | \$ 176 630.00 |
| Indicador de líquido y humedad 1H-78 S | \$ 35 000.00 |
| Separador de aceite 803 | \$ 400 928.00 |
| Válvula solenoide REV2007-DX F | \$ 266 750.00 |
| Válvula solenoide REV2513-DX F | \$ 266 750.00 |
| Arrancador Siemens K981-3057A3 | \$ 3 600 000.00 |
| Termostato ALS-C1020 | \$ 153 000.00 |

CAPITULO V

PROPUESTA PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA

V.1 Instalación de los sistemas

CAPITULO V

PROPUESTA PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA

V.1 INSTALACION DE LOS SISTEMAS

La propuesta para la instalación de los sistemas queda representada en las figuras V.1, V.2 y V.3 .

La figura V.1 representa el sistema de refrigeración con todos los accesorios anteriormente seleccionados.

La figura V.2 nos presenta un diagrama de bloques de la propuesta para instalación del arreglo solar.

La figura V.3 representa el panel solar. El panel será la estructura donde estarán ubicadas las celdas solares. En la figura se muestra la medida del ángulo propuesto junto con unas barras transversales que servirán como marco de soporte de los módulos solares.

Se instalarán 6 paneles solares de los cuales, cuatro contarán con un arreglo de 19 módulos conectados en paralelo y 4 conectados en serie, proporcionando un voltaje de 69.6 V y una corriente de 57.95 A .

Los dos paneles restantes, contarán con 19 módulos conectados en paralelo y 5 conectados en serie, proporcionando un voltaje de 87 V y una corriente de 57.95 A .

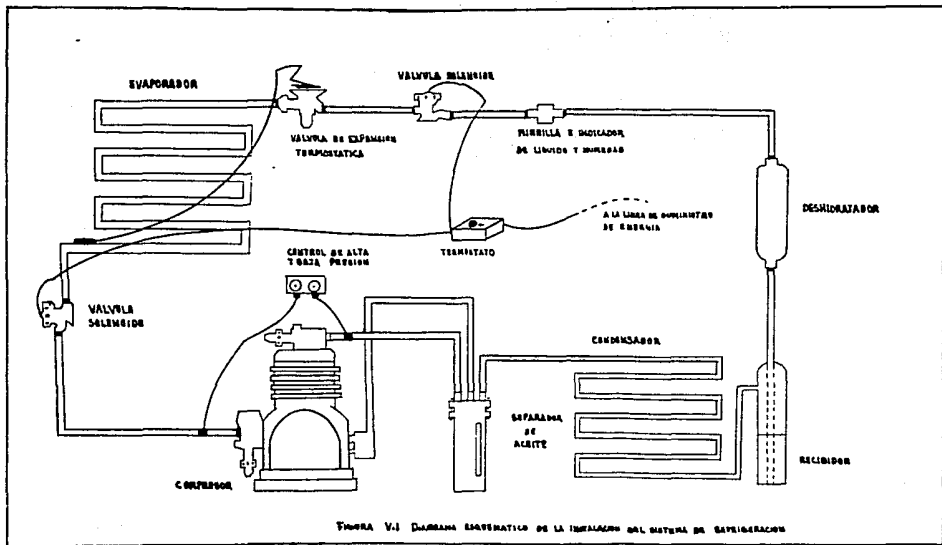


FIGURA V.1 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA INSTALACION DEL SISTEMA DE REFRIGERACION

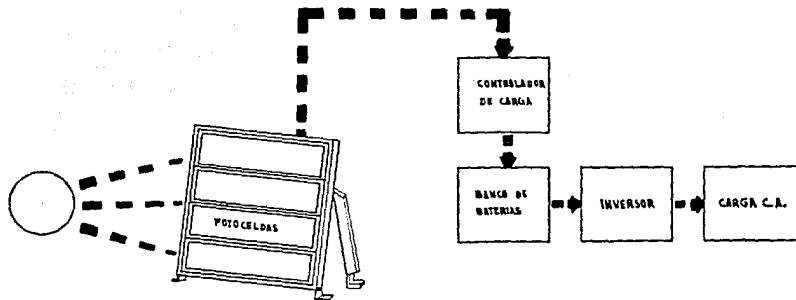


FIGURA 1.3. Diagrama de bloques del sistema de energía solar.

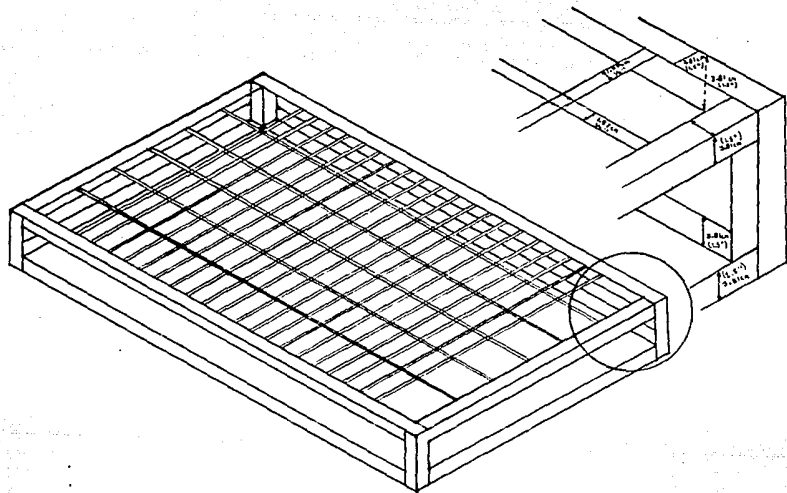


FIGURE 1.23 Pallet detail

CAPITULO VI

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

VI.1 Conclusiones

CAPITULO VI

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

VI.1 CONCLUSIONES

El sol, directa e indirectamente, es una gran fuente de energía que tenemos a nuestro alcance y si a lo anterior añadimos el hecho de que las reservas de los energéticos no renovables disminuyan en su existencia, esto trae como consecuencia, que el aumento del costo de electricidad se haya elevado notablemente. Siendo esta una de las formas de energía indispensables en nuestros días, ha sido necesario encontrar otra manera de producirla.

Ante tal situación se comprendera la importancia de la investigación, desarrollo e industrialización para el aprovechamiento de la energía solar que no disminuye las reservas energéticas de nuestro planeta. Así al aprovechar dicha energía y transformarla, el consumo de los energéticos tradicionales se reserva para usos de más alto valor en el presente y sobre todo para el futuro.

Los generadores de electricidad solar, con base en los sistemas con fotoceldas, pueden proporcionar cantidades considerables de energía eléctrica a partir de una fuente inagotable el sol.

Esta transformación de energía solar a eléctrica se realiza en proceso directo, que es limpio y silencioso en el que se evitan pérdidas de conversión térmica y mecánica y de aquélla eléctrica. Permite un amplio rango de aplicaciones en dife

rentes sistemas y para distintas capacidades de éstos, lo cual se logra añadiendo los componentes necesarios para cada uso en específico. Permitiendo reducir la dependencia y consumo de los energéticos comunes.

Además de sus innumerables aplicaciones, los sistemas fotovoltaicos tienen grandes beneficios comparados con otras fuentes de energía:

- No requieren combustibles (fuente de energía renovable)
- No requieren mayor mantenimiento (combustible, lubricante -- etc., etc) ni partes que deban remplazarse con frecuencia y no tienen partes móviles.
- Pueden aplicarse según el aumento de necesidades de energía añadiendo módulos.
- Su transportación es fácil ya que los componentes son pequeños y ligeros.
- Son una fuente de energía confiable (el sol sale todos los días).
- No contaminan; no generan ruido, ni desperdicios que dañen el medio ambiente.
- Tienen un diseño de fabricación sencillo y de larga vida.
- Se instalan fácilmente con un mínimo de supervisión especializada.
- Todos sus componentes están diseñados para soportar las condiciones más severas del medio ambiente.

En la actualidad, la utilización de las fotoceldas nos podrían auxiliar en buena parte para resolver algunos de los problemas energéticos que se presentan en la gran cantidad de comunidades que se encuentran diseminadas en la República y que carecen prácticamente de electricidad, refrigeración, agua potable, educación comunicaciones y demás servicios.

Como se dedujo, el arreglo solar no es aún lo bastante económico para reemplazar la energía eléctrica convencional. Pero como se menciona, el desarrollo de nuevos sistemas de fabricación de celdas solares con mayor eficiencia y más económicas es ya ahora en boga.

Debido al esfuerzo que han puesto varios países, en el campo de investigación y desarrollo de nuevas técnicas de fabricación invirtiendo varios millones de dólares, han logrado que se abarate en forma considerable los costos de las celdas solares en el mercado en los últimos años.

Como el costo de los energéticos convencionales se incrementa constantemente, y el de las celdas solares disminuye, se espera que en un futuro próximo sea competitivo generar electricidad por medio de fotoceldas para uso general.

En el área de conversión fotovoltaica se considera que las aplicaciones de estos sistemas pueden ser competitivas en donde la demanda sea media, el lugar no tenga acceso a otros energéticos y su uso sea rentable. Se piensa que a gran escala se podrá competir con los combustibles fósiles y nucleares a partir del año 2000. Sin embargo, nuevos materiales amorfos para la elaboración de celdas solares, podrían hacer más cercano el punto de igualdad de costos entre la obtención de la energía eléctrica con procesos convencionales y con energía solar, y en muchas aplicaciones (bajo ciertas circunstancias) el costo de una instalación solar sería competitiva con la de energías convencionales.

A P E N D I C E 1

CARACTERÍSTICAS DE LOS REFRIGERANTES MAS USADOS

Ta que al efecto de los refrigerantes sobre los materiales, alimentos, seres humanos y animales es de gran importancia en la práctica, se tratarán en consecuencia las propiedades individuales de cada refrigerante.

AMONÍACO NH_3 = 1 átomo de nitrógeno + 3 átomos de hidrógeno.

El amoníaco puro en estado líquido es incoloro. Su peso específico es aproximadamente de 0.60 a 25°C y su punto de ebullición a la presión atmosférica es de -33.4°C.

El vapor tiene un olor muy irritante y penetrante por lo que es muy posible oler muy pequeñas cantidades; un porcentaje de 0.025% en el aire se detecta fácilmente. Un porcentaje de 0.5% en el aire es peligrosa para un tiempo de exposición de 1/2 hora. Sin embargo como ya se mencionó, es tan desagradable el olor del amoníaco que una persona detectaría su presencia y abandonaría rápidamente el espacio.

En concentraciones muy fuertes (16 a 26% en el aire) el amoníaco puede explotar en ciertas circunstancias, sin embargo, el peligro no es grande y el ritmo de combustión es bajo; debido a su fuerte olor se detecta y se ventila, por lo que rara vez ocurren explosiones debidas al amoníaco.

El amoníaco es muy soluble al agua. A temperatura ordinaria y presión atmosférica 1 litro de agua puede absorber 700 litros de amoníaco vapor, que corresponde a 1/2 Kg de amoníaco líquido, debido a esto se utiliza en plantas frigoríficas por absorción.

El amoníaco no se mezcla con el aceite, el cual se separa fácilmente debido al peso específico (aceite 0.9, amoníaco 0.6), de esta forma el amoníaco flota, y el aceite se puede recoger en la parte más baja de la instalación.

El amoníaco ataca al zinc y cobre así como sus aleaciones. Los siguientes materiales no son atacados, hierro, acero inoxidable, estaño, níquel, plomo, fibra comprimida de amianto para juntas, vidrio, grafito y amianto.

Debido a la gran afinidad del amoníaco con el agua, éste también es absorbido por productos que contengan agua, por lo que pueden resultar dañados los alimentos si se exponen a largo tiempo.

Las fugas pueden detectarse por medio de una astilla con azufre ardiendo, o el ácido clorhídrico fumante en una varilla de vidrio o en un pequeño recipiente de vidrio. En ambos casos se forman humos blancos en el aire próximos a las fugas.

También puede usarse un pedazo de papel absorbente impregnado de fenolftaleína, el papel cambiara a color rojo cerca de la fuga y no reacciona con el amoníaco circundante en el aire.

ANHIDRIDO CARBÓNICO CO_2 = 1 átomo de carbono + 2 átomos de oxígeno

El anhídrido carbónico puro en estado líquido es incoloro con un peso específico de 0.70 aproximadamente. Prácticamente es inodoro, pero en grandes concentraciones es peligroso; con un porcentaje de 10% en el aire, una persona puede sufrir un colapso en 10 minutos. A diferencia del amoníaco, el anhídrido carbónico no es perceptible por el olor, por lo que es aconsejable ventilar cuando se sospeche la presencia de éste. Como agente indicador se puede añadir aceite alcanforado o éter metílico.

El anhídrido carbónico no es inflamable, ya que incluso se usa como extintor.

El agua absorbe una pequeña cantidad de anhídrido carbónico, pero es tan insignificante que no se toma en cuenta.

Tiene tendencia a mezclarse con aceite, pero no con glicerina, que hace tiempo era un lubricante común. Las plantas antiguas a menudo se modifican para lubricar con aceite, el cual es usado en las plantas modernas.

El anhídrido carbónico no ataca ni a los materiales de construcción comunes ni al cuero y la goma.

El efecto del anhídrido carbónico es variable en los alimentos. A muchos productos no les afecta (por ejemplo, carne manteca, leche), pero la presencia de anhídrido carbónico en el aire tiene un efecto sobre frutas tales como manzanas, peras, plátanos, naranjas, de reducir el ritmo de proceso de maduración; pero si el aire contiene más -

de 12% de anhídrido carbónico la fruta resulta dañada.

A la presión atmosférica el anhídrido carbónico es más pesado -- que el aire, por lo que es recomendable ventilar de manera que el -- aire se descarge por la parte baja.

Las fugas del anhídrido carbónico en las plantas frigoríficas se detectan usando soluciones fuertes de amoníaco. La forma más usual de hacerlo es poniendo en un pedazo de alambre un algodón mojado en la - solución. La formación de humos blancos indica la fuga.

ANHIDRIDO SULFUROSO SO_2 = 1 átomo de azufre + 2 átomos de oxígeno.

El anhídrido sulfuroso puro en estado líquido es incoloro y tiene un peso específico de 1.4 a 25°C aproximadamente y un punto de -- ebullición de -10°C a presión atmosférica.

El olor es irritante. Aun en un porcentaje de 0.001% en el aire de anhídrido sulfuroso es desagradable respirar. El vapor ataca los - ojos y las membranas, pero al igual que el amoníaco el olor es tan de agradable que se detecta y se aleja del espacio. El anhídrido sulfuroso no es inflamable ni explosivo.

El agua absorbe fácilmente el anhídrido sulfuroso, y un litro de agua disuelve, a la presión atmosférica 40 litros (0.1 Kg) de anhídri - do sulfuroso vapor.

El anhídrido sulfuroso no se mezcla con el aceite y la separa-- ción es fácil. El aceite flota en el anhídrido sulfuroso, que es más pesado, siendo los pesos específicos 0.9 y 1.4 respectivamente.

El vapor de anhídrido sulfuroso es más pesado que el aire, por - lo que la ventilación se debe de hacerse desalojando por la parte más baja.

El anhídrido sulfuroso no ataca a los materiales comunes de cong - trucción, pero en presencia de agua, aun en pequeña cantidad, provoca la corrosión, especialmente en el zinc, hierro y acero. El compresor se corroe tan rápidamente en presencia de humedad que hay un serio pe - ligro de daño si no se desmonta y limpia a tiempo.

En consecuencia debe de haber un gran cuidado de usar aceite y - anhídrido sulfuroso secos.

Como el agua absorbe rápidamente el anhídrido sulfuroso, todos - los productos con superficies no protegidas resultarán dañados.

Las fugas se detectan mojando un pedazo de algodón en amoníaco, - el algodón al contacto con la fuga formará vapores blancos en el aire.

CLORURO DE METILO CH_2Cl_2 = 1 át. de carbono + 2 át. de hidrógeno +
1 át. de cloro.

El cloruro de metilo cuando es puro, es un líquido incoloro con un peso específico aproximado de 0.91 a 25°C. Su punto de ebullición a la presión atmosférica es de -23.8°C.

El cloruro de metilo tiene un olor muy ligero, lo cual es una -- desventaja, ya que aun en pequeñas cantidades (concentración de 2 al 2.5% en el aire) es letal para un conejillo de indias en 2 horas. Así pues debe añadirsele un indicador de fuerte olor (aeroleína o acetofenona) el cual sea perceptible en el momento de la fuga.

El cloruro de metilo puede arder o explotar en el aire con una - concentración adecuada, aunque ocurre raramente. El cloruro de metilo se descompone, por la acción de una flama abierta, produciéndose gases venenosos, sin embargo, éstos anuncian su presencia, debido a su fuerte olor irritante.

Una planta de cloruro de metilo debe de estar libre de humedad, - ya que si hay humedad, el agua se hiel y surgen inmediatamente dificultades, especialmente en la válvula de regulación, por tanto, la - planta debe de estar completamente seca y el cloruro de metilo debe - de ser anhidrido.

El aceite se mezcla con el cloruro de metilo, y éste solo se pug de separar con la evaporación del refrigerante.

Los materiales (con la excepción del aluminio) usados en la cons trucción, incluyendo la mayoría de las empaquetaduras y gomas sintéti cas, no son atacados por el cloruro de metilo.

El agua no absorbe el cloruro de metilo, en consecuencia el ree frigerante no daña los alimentos.

El vapor del refrigerante es más pesado que el aire, por lo que en caso de fuga la ventilación debe de hacerse por la parte baja.

Las fugas pueden detectarse por medio de agua y jabón o por una lámpara de detección, si el aire contiene cloruro de metilo, la llama de la lámpara de detección se vuelve verde debido a reacciones quími-

cas. La pequeña cantidad de gases dañinos que se producen en la llama no son de gran peligro.

FREON 12 CF Cl = 1 át. de carbono 2 át. de fluor 2 át. de cloro

Freon 12 es el nombre comercial del diclorodifluorometano. Puro y en estado líquido es incoloro, con un peso específico de aproximadamente 1.31 a 25 C y un punto de ebullición a la presión atmosférica de -29.9 C.

El freon 12 es inodoro y no venenoso aun en fuertes concentraciones de 20% y exposición de 2 horas, humanos y animales parecen no sufrir daños.

El freon 12 no es inflamable ni explosivo; en contacto con una llama abierta por encima de los 550 C producen gases venenosos, pero como estos gases son irritantes anuncian su presencia y se desaloja.

La solubilidad del freon 12 en el agua es muy ligera, en consecuencia la humedad en la planta aparecerá como pequeñas gotas en el freon 12 que formarán hielo que causará taponamientos en la válvula de regulación. Por lo que debe tenerse cuidado de utilizar freon 12 y aceite totalmente deshidratados.

El freon 12 se mezcla en todas proporciones con el aceite, por lo que la separación del aceite se logra con la evaporación del freon 12.

El freon 12 no ataca a los materiales de construcción comunmente usados.

El freon 12 como no lo absorbe el agua no ataca a los productos almacenados, ni aun en largos lapsos de refrigeración.

El vapor de freon 12 a presión atmosférica es más pesado que el aire, esto ha de tomarse en cuenta en fugas y ventilación.

Las fugas de freon 12 se detectan por medio de una lámpara de detección, la llama de la lámpara se pone verde en presencia de freon 12. La pequeña cantidad de gases dañinos producidos no es de gran peligro.

APENDICE 2

TABLAS DE SELECCION DE EQUIPO DE REFRIGERACION

TABLAS DE SELECCION DE EVAPORADOR FRIGOTHERM FLOQUAY

TABLA DE ESPECIFICACIONES Y CAPACIDADES

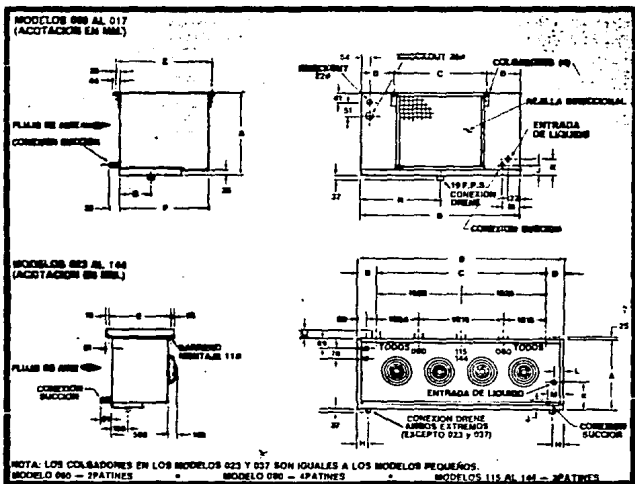
| MODELO RUA | CAPACIDAD (KCALHR) [*] | | | | VENTILADOR | | | | MOTOR | | | CALOR DEL MOTOR KCAL 24 HR | | |
|---------------|---------------------------------|--------|--------|--------|----------------------------------|-------------|---------------------------|-----------|-------|---------------------|-------|--|-------|--------|
| | TEMPERATURA DE EVAPORADOR | | | | MCM ³ H ⁻¹ | CLA (mm) | TIPO DE AIRE (m) | N° RPM | RPM | AMP 220 V 3 Ø | WATTS | | | |
| | -4 °C | | -2 °C | | | | | | | | | | | |
| | 08°C | 08°C | 08°C | 08°C | | | | | | | | | | |
| 008 | 2 123 | 3 071 | 2 271 | 3 287 | 63 | 1 | 457 | 15 | 1 | 1/4 | 1750 | 1.4 | 310 | 6 412 |
| 011 | 2 984 | 4 331 | 3 203 | 4 634 | 69 | 1 | 508 | 15 | 1 | 1/4 | 1750 | 1.4 | 310 | 6 412 |
| 017 | 4 627 | 6 684 | 4 951 | 7 162 | 65 | 1 | 508 | 15 | 1 | 1/4 | 1750 | 1.4 | 310 | 6 412 |
| 023 | 6 280 | 9 056 | 6 898 | 9 690 | 153 | 1 | 610 | 15 | 1 | 1 | 1750 | 4.4 | 630 | 17 136 |
| 037 | 10 070 | 14 569 | 10 775 | 15 589 | 148 | 1 | 610 | 15 | 1 | 1 | 1750 | 4.4 | 630 | 17 136 |
| 060 | 16 330 | 23 625 | 17 473 | 25 279 | 276 | 2 | 610 | 15 | 2 | 1 | 1750 | 8.8 | 1 080 | 34 272 |
| 080 | 21 773 | 31 500 | 23 297 | 33 705 | 453 | 3 | 610 | 15 | 3 | 1 | 1750 | 13.2 | 2 480 | 51 408 |
| 115 | 31 298 | 45 281 | 33 489 | 48 451 | 623 | 4 | 610 | 15 | 4 | 1 | 1750 | 17.6 | 3 380 | 68 544 |
| 144 | 39 191 | 56 700 | 41 934 | 60 669 | 589 | 4 | 610 | 15 | 4 | 1 | 1750 | 17.6 | 3 380 | 68 544 |

TABLA DE DATOS FISICOS

| MODELO RUA | DIMENSION DE CONEXIONES (mm) | | | | CARGA APROX. DE REFRIGERANTE (KG) | PESO APROX. AL EMBAQUE (KG) |
|---------------|------------------------------|---------|----------------------|--------|---|-----------------------------------|
| | ENTRADA AL SERPENTIN | SUCCION | IGUALADOR EXTERNO | DRENE | | |
| 008 | 13 FL | 18 ODF | 1/4 FL | 19 FPS | 1.4 | 54 |
| 011 | 13 FL | 22 ODF | 1/4 FL | 19 FPS | 2.3 | 58 |
| 017 | 13 FL | 29 ODF | 1/4 FL | 19 FPS | 2.7 | 64 |
| 023 | 13 FL | 29 ODF | 1/4 FL | 19 FPS | 3.2 | 107 |
| 037 | 22 ODF | 35 ODF | 1/4 FL | 25 FPS | 5.4 | 123 |
| 060 | 29 ODF | 41 ODF | 1/4 FL | 25 FPS | 7.7 | 227 |
| 080 | 29 ODF | 41 ODF | 1/4 FL | 25 FPS | 12.3 | 341 |
| 115 | 29 ODF | 54 ODF | 1/4 FL | 25 FPS | 22.7 | 443 |
| 144 | 35 ODF | 54 ODF | 1/4 FL | 25 FPS | 34.1 | 511 |

TABLA DE DIMENSIONES Y ESQUEMA

| MODELO RUA | DIMENSIONES (mm) | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| | A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L | M |
| 008 | 584 | 1 051 | 838 | 108 | 548 | 502 | 200 | 527 | 86 | 162 | — | 51 |
| 011 | 584 | 1 051 | 838 | 108 | 548 | 502 | 200 | 527 | 86 | 162 | — | 51 |
| 017 | 584 | 1 051 | 838 | 108 | 548 | 502 | 200 | 527 | 86 | 162 | — | 51 |
| 023 | 787 | 1 534 | 1 251 | 140 | 610 | — | — | 92 | 114 | 165 | 57 | 89 |
| 037 | 787 | 1 534 | 1 251 | 140 | 610 | — | — | 92 | 114 | 165 | 57 | 89 |
| 088 | 787 | 2 343 | 1 937 | 203 | 629 | — | — | 87 | 99 | 140 | 95 | 159 |
| 089 | 848 | 3 488 | 3 088 | 203 | 629 | — | — | 87 | 96 | 188 | 79 | 133 |
| 115 | 1 397 | 3 488 | 3 088 | 203 | 629 | — | — | 87 | 95 | 165 | 79 | 127 |
| 144 | 1 397 | 3 488 | 3 088 | 203 | 629 | — | — | 87 | 95 | 185 | 79 | 127 |



FACTOR DE CORRECCION PARA OTRAS TEMPERATURAS AMBIENTES.

| Temp. amb. en °C | 30 | 35 | 38 | 40 |
|------------------|------|------|------|------|
| R12 | 1.12 | 1.08 | 0.94 | 0.87 |
| R68 | 1.10 | 1.06 | 0.91 | 0.84 |

TABLA DE ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DIMENSIONES mm (Pulg)

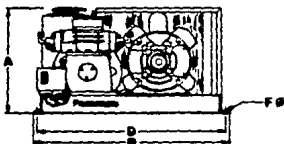
| MODELO | POT. NOM. HP | VOLTAGE | AMP. NOM. | COMP. TIPO | CONDICIONES | | | VOLANTE DIA. EXT. BARRERA | POLLA MOTOR DIA. EXT. | VEL. COMP. RPM | DESPLAZAMIENTO M3/HR | COND. | VERT. | PESO NETO (LIBRAS) |
|---------|--------------|----------|-----------|------------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------------|-------|-------|--------------------|
| | | | | | BUCO | DESC. | LIT. | | | | | | | |
| 1000-1 | 1/4 | 127-1-00 | 0.2 | 1 | 11.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-2 | 1/2 | 127-1-00 | 0.4 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-3 | 3/4 | 127-1-00 | 0.6 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-4 | 1 | 127-1-00 | 0.8 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-5 | 1 1/2 | 127-1-00 | 1.2 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-6 | 2 | 127-1-00 | 1.6 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-7 | 3 | 127-1-00 | 2.4 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-8 | 4 | 127-1-00 | 3.2 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-9 | 5 | 127-1-00 | 4.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-10 | 6 | 127-1-00 | 4.8 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-11 | 8 | 127-1-00 | 6.4 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-12 | 10 | 127-1-00 | 8.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-13 | 15 | 127-1-00 | 12.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-14 | 20 | 127-1-00 | 16.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-15 | 25 | 127-1-00 | 20.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-16 | 30 | 127-1-00 | 24.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-17 | 40 | 127-1-00 | 32.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-18 | 50 | 127-1-00 | 40.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-19 | 60 | 127-1-00 | 48.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-20 | 75 | 127-1-00 | 60.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-21 | 100 | 127-1-00 | 80.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-22 | 150 | 127-1-00 | 120.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-23 | 200 | 127-1-00 | 160.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-24 | 250 | 127-1-00 | 200.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-25 | 300 | 127-1-00 | 240.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-26 | 400 | 127-1-00 | 320.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-27 | 500 | 127-1-00 | 400.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-28 | 600 | 127-1-00 | 480.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-29 | 750 | 127-1-00 | 600.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |
| 1000-30 | 1000 | 127-1-00 | 800.0 | 1 | 12.7 (0.8 P) | 0.0 (0.0 P) | 0.0 (0.0 P) | 140 | 30 | 300 | 1.20 | F-01 | 1-000 | 25 |

TABLA DE DIMENSIONES Y ESQUEMAS

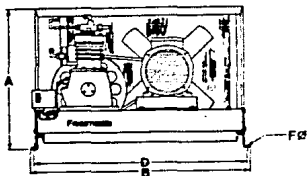
| M O D E L O | | F-12 | | | | | | | | | | F-12 | | |
|-------------|--|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| | | 75 | | | | | | | | | | | | |
| E | | 30 | 60 | 60 | | 300 | | | 780 | | | | | |
| L | | 30 | 60 | 60 | 100 | 200 | 350 | 600 | 750 | 900 | 150 | 300 | 750 | |
| | | | 70 | 110 | | | | | | 1000 | 200 | 500 | 1000 | |
| | | | | 150 | | | | | | | | | 2000 | |
| A | | 315 | 315 | 368 | 500 | 585 | 623 | 725 | 855 | 1021 | 600 | 623 | 775 | 1021 |
| B | | 522 | 522 | 612 | 780 | 1110 | 1110 | 1110 | 1170 | 1430 | 750 | 1110 | 1110 | 1430 |
| C | | 360 | 435 | 443 | 478 | 600 | 609 | 609 | 730 | 1465 | 478 | 609 | 544 | 1486 |
| D | | 609 | 500 | 580 | 750 | 1088 | 1088 | 1082 | 1178 | 1212 | 750 | 1082 | 1088 | 1372 |
| E | | 300 | 300 | 300 | 380 | 450 | 450 | 450 | 600 | 1100 | 380 | 450 | 488 | 1100 |
| F | | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 15.9 | 9.5 | 11.1 | 11.1 | 16.9 |

UNIDADES CONDENSADORAS

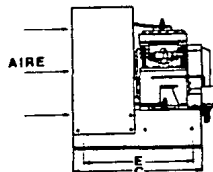
■ FF-12 20/30/50/60/65/70



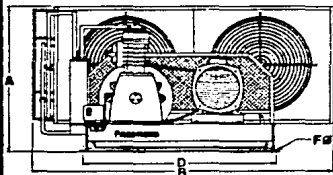
■ FF-12 75/100/110/150/200/300/350/500/750



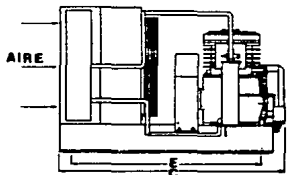
□ FF-22 150/200/300/500/750



FF-12 750/900/1000



FF-22 1000/1500/2000



CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDENSADORES REFRIGERANTES DE AIRE FRIGOTHERM

TABLA DE CAPACIDADES (Kcal/Hr)

| DT (1) | MODELO | | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--|
| | 004 | 008 | 008 | 009 | 012 | 014 | 016 | 023 | 028 | 031 | |
| 1 | 800 | 1300 | 1583 | 1858 | 2540 | 2974 | 3341 | 4817 | 5708 | 6271 | |
| 2 | 1800 | 2600 | 3186 | 3736 | 5080 | 5948 | 6682 | 8634 | 11412 | 12542 | |
| 3 | 2700 | 3900 | 4779 | 5654 | 7620 | 8922 | 10023 | 14451 | 17118 | 18813 | |
| 4 | 3800 | 5200 | 6372 | 7472 | 10180 | 11898 | 13364 | 18268 | 22824 | 25084 | |
| 5 | 4500 | 6500 | 7965 | 9340 | 12700 | 14870 | 16705 | 24088 | 29530 | 31356 | |
| 6 | 5400 | 7800 | 9558 | 11208 | 15240 | 17844 | 20048 | 27882 | 34238 | 37628 | |
| 7 | 6300 | 9100 | 11151 | 13078 | 17780 | 20818 | 23387 | 31912 | 39442 | 43887 | |
| 8 | 7200 | 10400 | 12744 | 14944 | 20320 | 23792 | 26728 | 36838 | 45648 | 50188 | |
| 9 | 8100 | 11700 | 14337 | 16812 | 22880 | 26786 | 30088 | 43253 | 51354 | 56428 | |
| 10 | 9000 | 13000 | 15930 | 18680 | 25400 | 29740 | 33410 | 48170 | 57080 | 62710 | |
| 11 | 9800 | 14300 | 17523 | 20548 | 27960 | 32714 | 36751 | 52887 | 62798 | 68881 | |
| 12 | 10800 | 15600 | 19116 | 22418 | 30480 | 35688 | 40092 | 57804 | 68472 | 75252 | |
| 13 | 11700 | 16900 | 20709 | 24288 | 33020 | 38662 | 43432 | 62821 | 74178 | 81523 | |
| 14 | 12600 | 18200 | 22302 | 26152 | 35560 | 41636 | 46774 | 67438 | 79884 | 87794 | |
| 15 | 13500 | 19500 | 23895 | 28020 | 38100 | 44810 | 50115 | 72255 | 85590 | 94085 | |
| 16 | 14400 | 20800 | 25488 | 29888 | 40640 | 47584 | 53454 | 77072 | 91298 | 100338 | |
| 17 | 15300 | 22100 | 27081 | 31756 | 43180 | 50558 | 56797 | 81889 | 97022 | 106087 | |
| 18 | 16200 | 23400 | 28674 | 33624 | 45720 | 53532 | 60138 | 86708 | 102708 | 112878 | |
| 19 | 17100 | 24700 | 30267 | 35492 | 48260 | 56506 | 63479 | 91523 | 108414 | 119148 | |
| 20 | 18000 | 26000 | 31860 | 37360 | 50800 | 59480 | 66820 | 96340 | 114120 | 125420 | |
| 22 | 19800 | 28600 | 35046 | 41096 | 55880 | 65428 | 73502 | 105974 | 125532 | 137962 | |

| DT (1) | MODELO | | | | | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| | 040 | 060 | 080 | 085 | 095 | 105 | 120 | 130 | 140 | |
| 5 | 39253 | 58381 | 72525 | 77610 | 98227 | 94208 | 110807 | 120751 | 131368 | |
| 6 | 47104 | 70057 | 87031 | 93132 | 105872 | 113050 | 132988 | 144901 | 157842 | |
| 7 | 58861 | 87154 | 108383 | 115981 | 131846 | 140788 | 165582 | 180453 | 198318 | |
| 8 | 67041 | 99804 | 123988 | 132550 | 150883 | 160988 | 189248 | 205232 | 224385 | |
| 9 | 78078 | 113031 | 140584 | 150418 | 170988 | 182589 | 214800 | 234032 | 254810 | |
| 10 | 85891 | 127824 | 158712 | 169838 | 193073 | 206182 | 242488 | 264488 | 287482 | |
| 11 | 95787 | 143228 | 178986 | 189402 | 215314 | 229912 | 270421 | 294220 | 320088 | |
| 12 | 106600 | 157218 | 195515 | 209221 | 237843 | 253988 | 298714 | 325522 | 354144 | |
| 13 | 115708 | 171808 | 212781 | 227808 | 260084 | 277895 | 328822 | 355835 | 387230 | |
| 14 | 125348 | 186278 | 231407 | 247828 | 281505 | 300580 | 353551 | 385280 | 419188 | |
| 15 | 135494 | 201202 | 250213 | 267753 | 304382 | 323048 | 382283 | 418891 | 453220 | |
| 16 | 145328 | 215917 | 268513 | 287238 | 328844 | 348788 | 410243 | 447058 | 482827 | |
| 17 | 155188 | 230545 | 286728 | 306828 | 348802 | 374541 | 438073 | 477388 | 518388 | |
| 18 | 164781 | 247780 | 308149 | 329751 | 374881 | 400275 | 470800 | 513051 | 548188 | |
| 19 | 174047 | 261958 | 325208 | 348070 | 395687 | 422513 | 498908 | 541554 | 580171 | |
| 20 | 183112 | 273222 | 342387 | 366380 | 418612 | 444780 | 523111 | 570078 | 608188 | |
| 22 | 208857 | 307229 | 382182 | 408885 | 464834 | 488455 | 583838 | 638330 | 682278 | |

(1) DT = Temperatura de condensación - Temperatura del aire ambiente

TABLA DE CARACTERISTICAS GENERALES

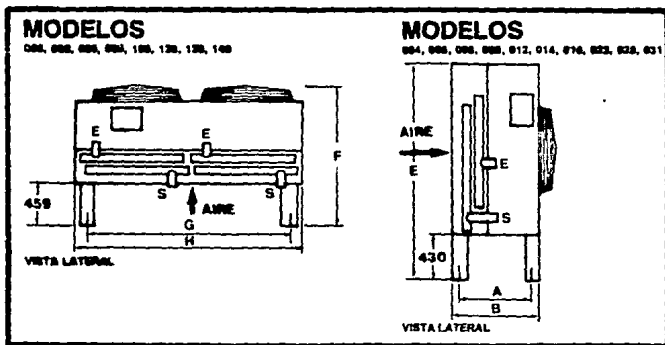
| Modelo | 004 | 008 | 008 | 008 | 012 | 014 | 018 | 022 | 028 | 031 |
|--------------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Dimension (mm) Largo | 762 x 864 | 762 x 864 | 762 x 864 | 762 x 1830 | 762 x 1830 | 762 x 1830 | 762 x 1830 | 824 x 2286 | 824 x 2286 | 824 x 2286 |
| Area frontal (m ²) | .658 | .658 | .658 | 1.39 | 1.39 | 1.39 | 1.39 | 3.48 | 3.48 | 3.48 |
| Altura-tamaño motor | 2-10 | 3-12 | 4-14 | 2-10 | 3-10 | 4-10 | 5-10 | 3-10 | 4-10 | 5-10 |
| Capacidad* (litros) | 13800 | 18000 | 23880 | 28020 | 38100 | 44880 | 58140 | 72250 | 88800 | 94800 |
| Capacidad Base** | 78" = 22.2 mm | 78" = 22.2 mm | 1.38" = 34.9 mm | 1.38" = 34.9 mm | 1.38" = 34.9 mm | 1.58" = 41.3 mm | 1.58" = 41.3 mm | 1.38" = 34.9 mm | 1.58" = 41.3 mm | 1.58" = 41.3 mm |
| Capacidad Ligero** | 5.8" = 15.8 mm | 5.8" = 15.8 mm | 7.8" = 22.2 mm | 1.18" = 29.8 mm | 1.18" = 29.8 mm | 1.38" = 34.9 mm | 1.38" = 34.9 mm | 1.18" = 29.8 mm | 1.38" = 34.9 mm | 1.38" = 34.9 mm |
| No. Manifiestos | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Clase | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW |
| aplic. Area Standard | 146.4 | 136.1 | 123.8 | 294.5 | 281.8 | 270.5 | 280.5 | 458.7 | 448 | 424.8 |
| Motor H.P. | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 |
| Válvula | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 |
| R P P | 3.5/1.8 | 3.5/1.8 | 3.5/1.8 | 3.5/1.8 | 3.5/1.8 | 3.5/1.8 | 3.5/1.8 | 3.5/1.8 | 3.5/1.8 | 3.5/1.8 |
| Peso | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| R P B | 1750 | 1750 | 1750 | 1750 | 1750 | 1750 | 1750 | 1750 | 1750 | 1750 |
| Clase | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW |
| Peso aproximado (Kg) | 79.2 Kg | 87.5 Kg | 87.7 Kg | 177.4 Kg | 181.8 Kg | 205.8 Kg | 220 Kg | 352 Kg | 387.4 Kg | 422.8 Kg |
| Peso aproximado (V) | 84.2 Kg | 92.5 Kg | 102.7 Kg | 188.4 Kg | 188.8 Kg | 194.8 Kg | 208 Kg | 341 Kg | 378.4 Kg | 411.7 Kg |

TABLA DE CARACTERISTICAS GENERALES

| Modelo | 040 | 060 | 080 | 085 | 085 | 105 | 120 | 130 | 140 |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Dimensiones (mm) longitud | 1324 x 3238 | 2156 x 4672 | 2156 x 4672 | 2156 x 4672 | 2156 x 4672 | 2156 x 4672 | 2156 x 4672 | 2156 x 4672 | 2156 x 4672 |
| Area frontal (m ²) | 4.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 10.5 | 10.5 | 13.2 | 13.2 | 13.2 |
| Filtros (litros/m ³) | 4-10 | 2-12 | 3-12 | 4-10 | 3-12 | 4-10 | 3-12 | 3-12 | 4-10 |
| Consumo de aceite | 130424 | 201202 | 290213 | 267753 | 304388 | 323046 | 362286 | 416891 | 483229 |
| Consumo gas (l) | 2 1/8 pulg 54 mm | 2 1/8 pulg 54 mm | 2 1/8 pulg 54 mm | 2 1/8 pulg 54 mm | 2 1/8 pulg 54 mm | 2 1/8 pulg 54 mm | 2 5/8 pulg 66.7 mm | 2 5/8 pulg 66.7 mm | 2 5/8 pulg 66.7 mm |
| Consumo lubricante (l) | 2 1/8 pulg 54 mm | 2 1/8 pulg 54 mm | 2 1/8 pulg 54 mm | 2 1/8 pulg 54 mm | 2 1/8 pulg 54 mm | 2 1/8 pulg 54 mm | 2 5/8 pulg 66.7 mm | 2 5/8 pulg 66.7 mm | 2 5/8 pulg 66.7 mm |
| W. utilizable | 3 | 6 | 8 | 5 | 8 | 8 | 10 | 12 | 12 |
| Gas | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW |
| SECC BTB | 088 | 1484 | 1418 | 1393 | 1835 | 1812 | 2322 | 2882 | 2788 |
| Motor (HP) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Voltaje | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 | 220/440 |
| Amperaje | 4 4/2.2 | 4 4/2.2 | 4 4/2.2 | 4 4/2.2 | 4 4/2.2 | 4 4/2.2 | 4 4/2.2 | 4 4/2.2 | 4 4/2.2 |
| Fases | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| RPM | 1140 | 1140 | 1140 | 1140 | 1140 | 1140 | 1140 | 1140 | 1140 |
| Obra | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW | CW |
| Peso oper. (kg) | 530 | 762 | 870 | 936 | 1010 | 1080 | 1245 | 1315 | 1408 |

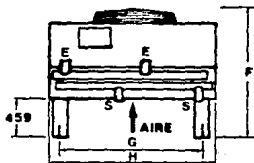
TABLA DE DIMENSIONES Y CONUMEROS

| DIMENSIONES (mm) | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| MODELO | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
| 004, 005, 006 | 443 | 547 | 760 | 919 | 1256 | 1115 | 725 | 828 | 817 | 919 | — | — |
| 008, 012, 014, 016 | 443 | 547 | 1726 | 1885 | 1256 | 1115 | 725 | 828 | 1783 | 1885 | — | — |
| 023, 025, 031 | 443 | 547 | 2183 | 2340 | 1986 | 1115 | 1487 | 1536 | 2240 | 2340 | — | — |
| 040 | — | — | — | — | — | 1135 | 1532 | 1632 | 1633 | 3341 | 1558 | — |
| 050, 055, 055 | — | — | — | — | — | 1135 | 2167 | 2267 | 2299 | 4674 | 2224 | — |
| 060, 100 | — | — | — | — | — | 1135 | 2167 | 2267 | 1623 | 4979 | 1610 | 1598 |
| 120, 130, 140 | — | — | — | — | — | 1135 | 2167 | 2267 | 2045 | 6196 | 1957 | 2045 |



MODELOS

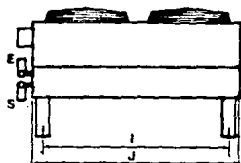
004, 006, 008, 009, 012, 014, 018, 023, 028, 031, 040



VISTA LATERAL
E = ENTRADA
S = SALIDA

MODELOS

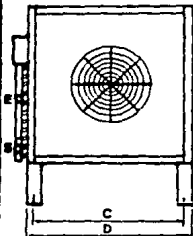
004, 006, 008, 009, 012, 014, 018, 023, 028, 031



VISTA FRONTAL

MODELOS

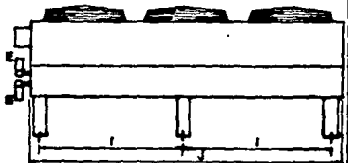
004, 006, 008, 009, 012, 014, 018, 023, 028, 031



VISTA FRONTAL

MODELOS

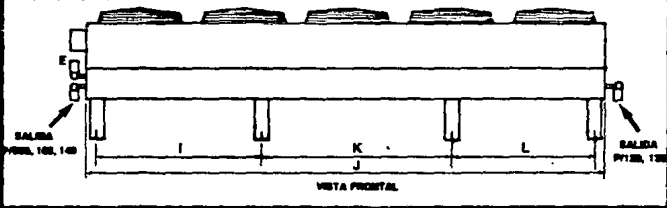
004, 006, 008, 009



VISTA FRONTAL

MODELOS

098, 108, 128, 130, 148



CARACTERISTICAS DE LOS COMPRESORES ABIERTOS SILVERT COPPELAND

| CARACTERISTICAS | MODELO DE COMPRESOR | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------|--------------|--------------|-----------------|----------|------------|------------|--|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | |
| NUMERO | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | |
| DESEMBO | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 85 | 105 | |
| CAJAS (mm) | 35 | 50 | 65 | 80 | 95 | 120 | 150 | |
| CARGA (kg) | A | 115 | 122 | 130 | 135 | 145 | 155 | |
| | B | 140 | 138 | 145 | 150 | 160 | 170 | |
| | C | 145 | 143 | 150 | 155 | 165 | 175 | |
| | D | 150 | 148 | 155 | 160 | 170 | 180 | |
| CARGA (kg) | E | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | |
| | F | 120 | 200 | 240 | 270 | 320 | 370 | |
| | G | 40 | 54 | 70 | 82 | 100 | 120 | |
| | H | 220 | 310 | 340 | 410 | 510 | 610 | |
| VOLADRE (mm) - BARRAS V | 140-14 | 200-18 | 250-16 | 280-15 | 300-15 | 400-12 | 450-10 | |
| MATERIAL DE CUBIERTA | 34" x 18 LMP | 34" x 18 LMP | 34" x 18 LMP | SOLDADA | SOLDADA | SOLDADA | SOLDADA | |
| | 37" | 17" | 16" | 16" | 1 1/2" | 1 3/4" | 1 5/8" | |
| MATERIAL DE CUBIERTA | 34" x 18 LMP | 34" x 18 LMP | 34" x 18 LMP | 1 1/2" x 14 PWD | SOLDADA | SOLDADA | SOLDADA | |
| | 30" | 1 1/2" | 1 1/2" | 3/4" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 3/8" | |
| CONEXION POR AGUA (mm) | W | --- | --- | --- | --- | 4 x R 3/8" | 4 x R 3/8" | |
| MEDIDAS DE LA BASE (mm) | 250 x 8 | 310 x 8 | 410 x 8 | 470 x 11 | 530 x 13 | 630 x 15 | 730 x 17 | |
| PRESENTADO DESDE | A | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | |
| | B | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | |
| PRESENTADO DESDE | A | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | |
| | B | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | |
| PRESENTADO DESDE | A | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | |
| | B | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | |
| PRESENTADO DESDE | A | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | |
| | B | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | 1 1/2" | |
| CARGA DE ACOTE (L) | 1.22 | 0.9 | 0.70 | 1.25 | 0.9 | 0.75 | 1.0 | |
| PRECIO (L) | 12.0 | 13.0 | 13.5 | 14.5 | 15.5 | 18.0 | 20.0 | |

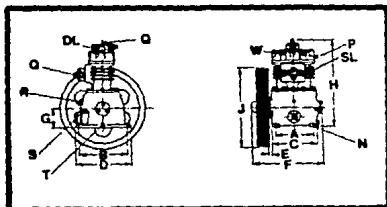


TABLA DE SELECCION DE VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA HERMETICA

| MOD. | CAPACIDAD EN TONS. DE REFRIGERACION | |
|------|--|------|
| | R-12 | R-22 |
| TA-3 | 1.6 | 2.6 |
| TA-4 | 2.2 | 3.5 |
| TA-5 | 3.8 | 6.2 |
| TA-6 | 5.4 | 8.8 |
| TA-7 | 7.6 | 12.3 |
| TA-8 | 10.9 | 17.7 |
| TA-9 | 15.5 | 25.0 |

TABLAS DE SELECCION DE COMPONENTES AUXILIARES

PROTECCION DIFERENCIAL DE ACEITE PARCA SAGINOMIYA

| MODELO | RANGO DE PRESION DIF. | | DIFERENCIA DE PRESION DIFERENCIAL | AJUSTE DE FABRICA | | MAXIMA PRESION DE FUELLE | PESO (Kg) |
|--------|-----------------------|------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|-----------|
| | MIN. | MAX. | | OFF | ON | | |
| | ONS-CT08 | 0.5 | | 3.5 | APROX. 0.5 (FLUO) | | |

UNIDAD: Kg/cm²

® NOTA. CONEXION STANDARD 1/4" SAE FLARE Y/O CON TUBO CAPILAR DE Ø 2.4 = 1000 mm

TABLA DE SELECCION DE SEPARADOR DE ACEITE MARCA HERMETIK

| MOD No | CAPACIDAD EN TONELADAS DE REFRIGERACION* | | | | | | CAPACIDAD EN KG / MIN * | | MAXIMA PRESION DE TRABAJO 35 Kg. por cm.2 |
|-----------|---|------|------|-------------------------------|-------|------|-------------------------------|--------|--|
| | REFRIGERANTE - 12 | | | R - 22 y 502 | | | Refrigerante | | |
| | Temperatura de evaporacion | | | Temperatura de evaporacion | | | | | |
| | -40°C | -7°C | +5°C | -40°C | -7°C | +5°C | 12 | 22,502 | |
| 801 | 1.51 | 1.67 | 1.83 | 2.38 | 2.59 | 2.8 | 3.46 | 3.66 | |
| 802 | 3.02 | 3.34 | 3.65 | 4.76 | 5.18 | 5.6 | 6.92 | 7.73 | |
| 803 | 4.49 | 4.99 | 5.49 | 7.14 | 7.77 | 8.4 | 10.4 | 11.6 | |
| 804 | 6.04 | 6.66 | 7.32 | 9.52 | 10.35 | 11.2 | 13.8 | 15.4 | |
| 805 | 7.55 | 8.36 | 9.16 | 11.9 | 13.0 | 14.0 | 17.3 | 18.2 | |
| 806 | 10.7 | 11.9 | 13.0 | 19.9 | 21.8 | 23.6 | 23.4 | 31.04 | |
| 807 | 19.0 | 21.0 | 23.0 | 34.0 | 37.0 | 40.0 | 41.0 | 52.6 | |

TABLA DE SELECCION DE DESHIDRATADOR MARCA HERMETIK

| MODELO | CAPACIDAD EN H.P. | CONEXIONES FLARE | VOLUMEN DE DESECANTE GRS.- | LONGITUD TOTAL (MM) |
|-----------|----------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------------|
| R-110-6 | 1/2 a 3/4 | 1/4 | 95 | 167 |
| R-170-6 | 3/4 a 1 | 1/4 | 145 | 215 |
| R-170-10 | 1 a 1 1/2 | 3/8 | 145 | 223 |
| R-250-10 | 2 | 3/8 | 160 | 276 |
| R-350-10 | 3 | 3/8 | 175 | 265 |
| R-350-12 | 3 | 1/2 | 175 | 265 |
| R-500-10 | 4 | 3/8 | 385 | 335 |
| R-500-12 | 4 | 1/2 | 385 | 357 |
| R-500-16 | 5 | 5/8 | 385 | 355 |
| R-750-16 | 7 1/2 | 5/8 | 625 | 485 |
| R-1000-16 | 10 | 5/8 | 850 | 625 |

TABLA DE SELECCION DE PIRILLA E INDICADOR DE LIQUIDO Y HUMEDAD
MARCA TETRON

| MODELO | CONEXION | LARGO TOTAL (mm) |
|--------|------------|------------------|
| IH-14F | 1/4 FLARE | 84 |
| IH-38F | 3/8 FLARE | 88 |
| IH-12F | 1/2 FLARE | 96 |
| IH-58F | 5/8 FLARE | 108 |
| IH-38S | 3/8 SOLDAR | 122 |
| IH-12S | 1/2 SOLDAR | 122 |
| IH-58S | 5/8 SOLDAR | 128 |
| IH-78S | 7/8 SOLDAR | 122 |

| INDICADOR COLOR | TEMP. DE LIQUIDO | Refrigerante R12 | | | Refrigerante R22 | | | Refrigerante R68 | | | Refrigerante R68-115-118 | | |
|----------------------------|---------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|--------------------------|---------------|---------------|
| | | 38PC 75PP | 38PC 100PP | 52PC 125PP | 38PC 75PP | 38PC 100PP | 52PC 125PP | 38PC 75PP | 38PC 100PP | 52PC 125PP | 38PC 75PP | 38PC 100PP | 52PC 125PP |
| ● AZUL SECO | | Abajo 9 | Abajo 10 | Abajo 20 | Abajo 30 | Abajo 45 | Abajo 60 | Abajo 40 | Abajo 60 | Abajo 100 | Abajo 10 | Abajo 20 | Abajo 36 |
| ○ AZUL TENUE PRECAUCION | | 5-15 | 10-30 | 20-90 | 30-90 | 45-130 | 60-190 | 60-90 | 60-150 | 100-230 | 10-45 | 20-90 | 30-110 |
| ⊕ ROSA HUMEDO | | Arriba 15 | Arriba 30 | Arriba 50 | Arriba 90 | Arriba 130 | Arriba 180 | Arriba 90 | Arriba 150 | Arriba 230 | Arriba 45 | Arriba 85 | Arriba 110 |

TABLA DE SELECCION DE VALVULA SOLENOIDE MARCA SAGINCIYA

| No. DE CATALOGO | | | ORIFICIO (mm) | CONEXION | |
|-----------------|---------|---------------------|------------------|------------|--------|
| TIPO | MODELO | FLUIDO | | TUBO COBRE | TIPO |
| REV | 703 BX | F (REFRIGERANTE) | 7 | 3/8" | FLARE |
| | 1004 BX | | 10 | 1/2" | |
| | 1205 BX | | 12 | 5/8" | |
| | 703 DX | | 7 | 7/8" | |
| | 1004 DX | | 10 | 1/2" | |
| | 1205 DX | | 12 | 5/8" | |
| | 1507 DX | A (AIRE) | 15 | 7/8" | SOLDAR |
| | 2007 DX | | 20 | | |
| | 2511 DX | | 25 | 1 1/8" | |
| | 2513 DX | | | 1 3/8" | |
| | 3215 DX | | | 32 | |

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I INTRODUCCION

| | Pagina |
|--|--------|
| Figura I.1 Valor energético de ciertos combustibles..... | 1 |
| Figura I.2 Requerimientos de energía típicos..... | 2 |
| Figura I.3 Distribución espectral de la radiación solar..... | 6 |
| Figura I.4 Horas de sol promedio mensual en la República Mexicana..... | 8 |
| Figura I.5a Radiación global diaria promedio en el mes de enero..... | 10 |
| Figura I.5b Radiación global diaria promedio en el mes de febrero..... | 11 |
| Figura I.5c Radiación global diaria promedio en el mes de marzo..... | 11 |
| Figura I.5d Radiación global diaria promedio en el mes de abril..... | 13 |
| Figura I.5e Radiación global diaria promedio en el mes de mayo..... | 14 |
| Figura I.5f Radiación global diaria promedio en el mes de junio..... | 15 |
| Figura I.5g Radiación global diaria promedio en el mes de julio..... | 16 |
| Figura I.5h Radiación global diaria promedio en el mes de agosto..... | 17 |
| Figura I.5i Radiación global diaria promedio en el mes de septiembre..... | 18 |
| Figura I.5j Radiación global diaria promedio en el mes de octubre..... | 19 |
| Figura I.5k Radiación global diaria promedio en el mes de noviembre..... | 20 |
| Figura I.5l Radiación global diaria promedio en el mes de diciembre..... | 21 |
| Figura I.5m Radiación global diaria promedio en el año..... | 21 |

CAPITULO II OBJETIVO

Página

| | |
|---|----|
| Figura II.1 Orientación de la cámara..... | 49 |
|---|----|

CAPITULO III PARCO TEORICO DEL PROBLEMA

| | |
|---|----|
| Figura III.1 Componentes básicos de un sistema de refrigeración..... | 33 |
|---|----|

CAPITULO IV DESARROLLO DEL ANTEPROYECTO

| | |
|--|----|
| Figura IV.1 Evaporador sumergido..... | 51 |
| Figura IV.2 Evaporador de expansión seca..... | 51 |
| Figura IV.3 Evaporador de serpentín..... | 51 |
| Figura IV.4 Evaporador de tubos y coraza..... | 53 |
| Figura IV.5 Válvula manual..... | 56 |
| Figura IV.6 Tubo capilar..... | 57 |
| Figura IV.7a Flotador en lado alto..... | 57 |
| Figura IV.7b Flotador en lado bajo..... | 57 |
| Figura IV.8 Válvula de expansión termostática..... | 57 |
| Figura IV.9 Diagrama esquemático del fundamento de una válvula de expansión termostática..... | 57 |
| Figura IV.10 Compresor recíprocante..... | 60 |
| Figura IV.11 Compresor rotatorio..... | 61 |
| Figura IV.12 Compresor centrífugo..... | 61 |
| Figura IV.13 Características del compresor recíprocante..... | 61 |
| Figura IV.14 Condensador evaporativo..... | 64 |
| Figura IV.15 Condensador enfriado por agua..... | 65 |
| Figura IV.16 Condensador enfriado por aire..... | 65 |
| Figura IV.17 Componentes auxiliares..... | 64 |
| Figura IV.18 Tecnología para el aprovechamiento directo de la energía solar..... | 65 |
| Figura IV.19 Estructura de una celda solar..... | 66 |
| Figura IV.20 Representación esquemática de la interacción de la luz y el flujo de corriente en una celda fotovoltaica..... | 63 |

Figura IV.21 Estructuras de las bandas de energía en unión p-n en una celda de silicio.....96

Figura IV.22 Limitaciones del rendimiento de una celda solar.....98

Figura IV.23 Construcción de una celda de silicio convencional.....99

Figura IV.24 Circuito equivalente de una celda solar.....100

Figura IV.25 Variación de voltaje de varios materiales en función de la temperatura.....101

Figura IV.26 Variación de la corriente para varios materiales en función de la temperatura.....102

Figura IV.27 Eficiencia teórica máxima de conversión fotovoltaica en función de la brecha de energía.....103

Figura IV.28 Rendimiento característico de una celda de silicio.....104

Figura IV.29 Característica del cuarto cuadrante de una celda solar.....105

Figura IV.30 Potencia y eficiencia en función de la temperatura.....106

Figura IV.31 Factores de conversión fotovoltaicos en celda de silicio.....107

Figura IV.32 Conexión de celdas solares.....108

Figura IV.33 Conexión serie y conexión paralelo.....109

Figura IV.34 Curva característica módulo P-55.....110

Figura IV.35 Desarrollo en costos de fotoceldas y sus sistemas (Estados Unidos).....112

Figura IV.36 Capacidad de la batería.....113

CAPÍTULO V PROPUESTA PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA

FIGURA V.1 Diagrama esquemático de la instalación del sistema de refrigeración.....116

Figura V.2 Diagrama de bloques del sistema de energía solar.....117

Figura V.3 Panel solar.....118

APENDICE 2

| | Página |
|---|--------|
| Esquema de evaporador..... | 120 |
| Esquemas de unidades condensadoras..... | 131 |
| Esquemas de condensadores de aire..... | 136 |
| Esquemas de compresor abierto..... | 141 |

INDICE DE TABLAS

CAPITULO I INTRODUCCION

| | Pagina |
|--|--------|
| Tabla I.1 Horas-minutos de insólación por mes..... | 13 |

CAPITULO III MARCO TEORICO DEL PROBLEMA

| | |
|---|----|
| Tabla III.1 Correspondencia entre presión y temperatura..... | 16 |
| Tabla III.2 Volumen y efecto refrigerante de varios refrigerantes..... | 24 |
| Tabla III.3 Temperaturas correspondientes a la presión atmosférica de varios refrigerantes..... | 34 |
| Tabla III.4 Factores de calculo rapido para la transmisión de calor a través de paredes aisladas..... | 37 |
| Tabla III.5 Coeficientes de transmisión (U) para pisos y techos construidos de hormigón..... | 44 |
| Tabla III.6 Resistencias de algunos materiales..... | 44 |
| Tabla III.7 Corrección de temperatura por efecto solar..... | 44 |
| Tabla III.8 Cambios de aire cada 24 horas en cuartos frios debidos a la apertura de puertas e infiltración..... | 44 |
| Tabla III.9 Carga por infiltración..... | 47 |
| Tabla III.10 Características de almacenamiento de productos putrecibles..... | 48 |
| Tabla III.11 Calor disipado por las personas dentro del espacio..... | 49 |

CAPITULO IV DESARROLLO DEL ANTEPROYECTO

| | |
|---|----|
| Tabla IV.1 Bandas prohibidas de algunos semiconductores..... | 50 |
| Tabla IV.2 Celdas de silicio más comunes junto con otras..... | 50 |

A P E N D I C E 2

TABLAS DE SELECCION DE EVAPORADOR

| | |
|--|-----|
| Tabla de especificaciones y capacidades..... | 129 |
| Tabla de datos físicos..... | 130 |
| Tabla de dimensiones..... | 130 |

TABLAS DE SELECCION DE UNIDAD CONDEMSADORA

| | |
|--|-----|
| Tabla de capacidades..... | 131 |
| Tabla de factor de corrección para diferentes temperaturas..... | 132 |
| Tabla de especificaciones y diseño..... | 134 |
| Tabla de dimensiones..... | 133 |

CARACTERISTICAS DE LOS CONDEMSADORES REMOTOS DE AIRE FRIGOTHERM

| | |
|---|-----|
| Tablas de capacidades..... | 136 |
| Tabla de características generales..... | 134 |
| Tabla de dimensiones..... | 136 |

CARACTERISTICAS DE LOS COMPRESORES ABIERTOS GILVERT COPELAND

| | |
|---|-----|
| Tabla de características generales..... | 141 |
|---|-----|

TABLA DE SELECCION DE VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA HERPETIK

| | |
|---------------------------|-----|
| Tabla de capacidades..... | 142 |
|---------------------------|-----|

TABLAS DE SELECCIÓN DE COMPONENTES AUXILIARES

Página

| | |
|---|-----|
| Tabla de protección diferencial de aceite marca Sainomiya..... | 100 |
| Tabla de selección de separador de aceite marca Hermetik..... | 103 |
| Tabla de selección de deshidratador recargable marca Hermetik..... | 103 |
| Tabla de selección de mirilla e indicador de líquido y humedad marca Tetron..... | 104 |
| Tabla de selección de válvula solenoide marca Sainomiya..... | 104 |

BIBLIOGRAFIA

- 1) Manual de refrigeración y aire acondicionado
I P S S
- 2) Instalaciones frigoríficas
Rapin
- 3) Manual del técnico frigorista
Sociedad Danesa de Fabricantes de Maquinaria Frigorífica
- 4) Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración
Eduardo Hernández Goribar
- 5) Manual del aire acondicionado
Carrier Corporation
- 6) Manual de refrigeración
Gilvert Copeland S.A.
- 7) Elementos de refrigeración y aire acondicionado
Espinoza Hernández Heliodoro
- 8) Aire acondicionado y refrigeración
Jennings, Burgess
- 9) Programa de entrenamiento en refrigeración
Quimobásicos S.A. de C.V.
- 10) Refrigeración y acondicionamiento de aire
Stoeker W. F.
- 11) Precios internos y externos de referencia de los
principales energéticos.
Comisión Federal de Electricidad
- 12) Tarjetas de resumen de elementos meteorológicos
Estación meteorológica de Tacubaya
- 13) Energía solar
Richard H. Fontgomery
- 14) Energía solar
José A. Ferrique

BIBLIOGRAFIA

- 1) Manual de refrigeración y aire acondicionado
I F S S
- 2) Instalaciones frigoríficas
Napin
- 3) Manual del técnico frigorista
Sociedad Danesa de Fabricantes de Maquinaria Frigorífica
- 4) Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración
Eduardo Hernández Goribar
- 5) Manual del aire acondicionado
Carrier Corporation
- 6) Manual de refrigeración
Gilvert Copeland S.A.
- 7) Elementos de refrigeración y aire acondicionado
Espinoza Hernández Heliodoro
- 8) Aire acondicionado y refrigeración
Jewings, Burgess
- 9) Programa de entrenamiento en refrigeración
Químicos S.A. de C.V.
- 10) Refrigeración y acondicionamiento de aire
Stoecker W. F.
- 11) Precios internos y externos de referencia de los principales energéticos.
Comisión Federal de Electricidad
- 12) Tarjetas de resumen de elementos meteorológicos
Estación meteorológica de Tacubaya
- 13) Energía solar
Richard H. Fontgomery
- 14) Energía solar
José A. Parrique

- 15) Cartillas de energía solar
Dirección general de aprovechamiento de
aguas salinas y energía solar
- 16) El habitat y el sol
Documentos del sistema nacional de investigadores
SIM, SEP, CONACYT, Academia de Inv. Científica.
- 17) Alternativas energéticas
A. Alonso Concheiro y Luis Rodríguez Viqueira
- 18) Energía solar fotovoltaica
José Pompín Poblet
- 19) La energía solar en México
Alfonso Castellanos
- 20) Electricidad solar
Wolfgang Palz
- 21) Energía solar
Wilson J. I. R.
- 22) Energy Technology Handbook
Considine, Douglas Maxwell
- 23) Les photopies solaires
Andre Langier y Jean-Alain Roger
- 24) Sunlight to Electricity
Joseph A. Ferrigan

CATALOGOS DE FABRICANTES

- 25) Frigotherm McQuay S.A. de C.V.
- 26) Hermetik
- 27) Rimsa-Saginomiya S.A. de C.V.
- 28) Tetron
- 29) Condumex (planta de energía solar)
- 30) Siemens S.A. de C.V.