

308917



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

54  
24

ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DISEÑO DE UNA CAMARA FRIGORIFICA PARA  
LA CONSERVACION DE MATERIAL FILMICO.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**AREA: INGENIERIA MECANICA**

**P R E S E N T A N**

**GUSTAVO ADOLFO RUBIO MARMORI y**

**JUAN CLAUDIO RUBIO MARMORI**

DIRECTOR DE TESIS: ING. ALFREDO GONZALEZ RUIZ

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1996

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta 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.

*A nuestros padres: Gustavo y Maribel.*

*A nuestros tíos: Horst y Lourdes.*

*A nuestros hermanos: Arturo, Edgar y Luisa.*

## ÍNDICE.

Dedicatorias.....	3
Índice.....	6
Índice de tablas y figuras.....	7
Introducción.....	9
<b>1. LA PELÍCULA.</b>	
1.1 Descripción de la película.....	12
1.2 Almacenamiento y conservación de la película.....	17
1.3 Daños a la película.....	34
<b>2. ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE.</b>	
2.1 Teoría de la refrigeración.....	41
2.2 Refrigeración.....	46
<b>3. DISEÑO DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA.</b>	
3.1 Datos generales de proyecto.....	67
3.2 Tipo de sistema.....	67
3.3 Cálculos.....	69
<b>4. ANÁLISIS ECONÓMICO.</b>	
4.1 Análisis de precios unitarios.....	96
4.2 Edición del presupuesto.....	99
Conclusiones.....	105
Apéndices.....	107
Bibliografía.....	143

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.

### TABLAS.

1.1 Periodos de ambientación .....	19
1.2 Condiciones de almacenamiento para películas de nitrato .....	25
1.3 Almacenamiento de película de nitrato .....	33
3.1 Dimensiones y velocidades ductos bóvedas A, C, D y E .....	89
3.2 Dimensiones y velocidades ductos bóveda B .....	91
3.3 Velocidades recomendadas para flujo de agua .....	93
3.4 Valores de diseño .....	95
3.5 Diámetros finales para la tubería .....	95
4.1 Análisis de precios unitarios .....	97
A.1 Límites de flexibilidad y pérdida de la misma .....	112
A.2 Límites de la pérdida de resistencia a la penetración de líquidos después del envejecimiento acelerado .....	113
A.3 Límites para la concentración de losulfatos .....	113
B.1 Temperatura diferencial total equivalente para calcular la ganancia de calor a través de paredes .....	125
B.2 Temperatura diferencial total equivalente para calcular la ganancia de calor a través de techos .....	126
B.3 Infiltración en verano, debido a las aperturas de puertas para locales comerciales .....	127
B.4 Color producido por las personas .....	127
B.5 Ganancia de calor debido al equipo misceláneo .....	128
B.6 Incremento en °F para añadir a la diferencia entre la temperatura de diseño exterior e interior para compensar el efecto solar .....	128
B.7 Cambio promedio de aire, por 24 horas para cuarto de almacenamiento superior a 32°F, debido a abertura de puertas y filtración .....	128
B.8 Cambio promedio de aire, por 24 horas para cuarto de almacenamiento a menos de 32°F, debido a abertura de puertas y filtración .....	129
B.9 Datos de diseño para la ciudad de México .....	129
B.10 Factor para el aire de acuerdo con la altura S.N.M. ....	130
B.11 Promedio de calor ganado por ocupantes en espacios acondicionados .....	130
B.12 Factor de carga de enfriamiento cuando las luces están encendidas por ocho horas .....	131
B.13 Factor de carga de enfriamiento cuando las luces están encendidas por diez horas .....	131
B.14 Factor de carga de enfriamiento cuando las luces están encendidas por doce horas .....	131
B.15 Factor de carga de enfriamiento calor sensible para gente .....	132
B.16 Factor de carga de enfriamiento calor sensible para aparatos -cubiertos .....	132
B.17 Factor de carga de enfriamiento calor sensible para aparatos -descubiertos .....	132

B.18 Temperatura aire-sol para julio, latitud norte .....	133
B.19 Porcentaje del promedio diario .....	134
B.20 Código de construcción de techos .....	134
B.21 Diferencias de temperatura carga enfriamiento techos planos .....	134
B.22 Descripción de los grupos de construcción para paredes .....	135
B.23 Diferencias de temperatura carga enfriamiento para paredes .....	136
B.24 Factor de corrección por mes y latitud aplicado a paredes y techos .....	137
B.25 Factores de permeabilidad para paredes .....	139
B.26 Factor de velocidad .....	140
B.27 Rendijas (puertas y ventanas) .....	140
B.28 Velocidad (ft/seg) y caída de presión (ft H <sub>2</sub> O por cada 100 ft) para tubería relativamente áspera (tubería de hierro) ...	141
B.29 Resistencia de válvulas y accesorios. Longitud equivalente en pies .....	142
B.30 Rangos típicos para selección de bombas .....	142

**FIGURAS.**

1.1 Capas de la película .....	13
1.2 Tiempo de acondicionamiento .....	26
1.3 Diagrama de bóveda resistente al fuego durante seis horas .....	29
2.1 Ciclo completo de refrigeración .....	49
2.2 Ciclo de Carnot .....	50
2.3 Ciclo teórico cuando se usa gas refrigerante .....	52
2.4 Ciclo de un refrigerante en el diagrama T-S .....	53
2.5 Efecto de sobrecalentamiento en la solución del compresor (Freón 12) .....	54
2.6 Efecto de subenfriamiento del líquido que sale del condensador .....	55
2.7 Ángulos solares .....	58
2.8 Comportamiento de los rayos solares al chocar contra un cristal de una ventana .....	58
2.9 Distribución del calor absorbido por el cristal .....	59
2.10 Distribución del calor recibido por un cristal .....	59
2.11 Instalaciones para manejar el aire requerido para un espacio por acondicionar .....	62
3.1 Diseño de ductos bóvedas A, C, D y E .....	90
3.2 Diseño de ductos bóveda B .....	92
3.3 Diseño de la tubería .....	94
B.1 Carta psicrométrica .....	138
B.2 Factor de carga por persona .....	139



## INTRODUCCIÓN.

En el desarrollo de esta tesis, se plantea el problema del almacenamiento de las películas cinematográficas. esto se realiza debido a que sin el adecuado acondicionamiento del aire en el cual la película va a almacenarse ésta perderá su composición y sufrirá daños que pudieran llegar a ser irreversibles y de esta forma perder la información contenida en ella. Es por esto que es de vital importancia el diseño y la construcción de una cámara frigorífica para almacenarlas en las condiciones adecuadas.

Las películas cinematográficas y las fotografías fijas están ligadas en la historia y la técnica. Los pioneros de la fotografía de principios del siglo XIX buscaban los registros visuales exactos del mundo, por lo cual tenían que sacrificar el movimiento, el color y el sonido en las escenas que aparecían ante el ojo de la cámara. Sus fotografías eran estáticas, silenciosas y plasmadas en blancos, negros y grises. Las exposiciones muy largas registraban como manchas objetos que se movían entre los aguzados perfiles de las catedrales o a lo largo de las calles. Sin embargo, los fotógrafos aprendieron a "detener" objetos en movimiento: caballos al galope, aves en vuelo entre otros. Se registraba parte de un movimiento complejo, pero que aún parecía inerte.

Un hecho importante acerca del ojo y el cerebro humanos, la persistencia de la visión, que consiste en que, el ojo sigue "viendo" los objetos un momento después de que desaparecen; ayudó a que se desarrollara la película cinematográfica. Esto es, si dividimos de alguna forma el movimiento continuo en fotografías separadas, y presentamos rápidamente esta secuencia ante nuestros ojos, percibiremos una imagen que da la apariencia de moverse. Pero estas secuencias solo podrán apreciarse en forma individual y privada, es por esto que se vio la necesidad de poder proyectarlas para verlas en conjunto con otras personas. Esto se logró gracias a la luz de las lámparas que brillaban a través de fotografías más o menos transparentes que se lograban proyectar en una pared.

Fue entonces cuando las secuencias fotográficas se colocaron en discos y se hicieron girar a través de un haz de luz y así lograr la proyección deseada.

Después de esto, para poder "fijar" la primera imagen antes de que se oscureciera requirió de un buen tiempo de labor; pero aun después de que se logró hacerlo, no había manera de duplicar esas primeras "fotografías". Las primeras imágenes se hacían sobre placas de metal o de vidrio, que eran rígidas y dificultaban el trabajo. El vidrio, en especial, se rompía. Se necesitaba de una base menos frágil. Una base de papel cubierta con una emulsión sensible a la luz pareció ser una respuesta mejor. Sin embargo, era necesario enviar la cámara a Nueva York (a la compañía Eastman) para que las imágenes fueran reveladas, sacadas del papel y transferidas al vidrio. Poco después, investigadores de esta compañía inventaron la película fotográfica flexible. Aun estaban por venir las mejoras en la relativa inestabilidad e inflamabilidad de su base de nitrato de celulosa, pero se había dado un paso vital hacia las películas animadas, porque este nuevo material, de base flexible, podía usarse tanto en la cámara como en los proyectores. Es así, como se logra la creación de la película cinematográfica de vital importancia en nuestros días.

Hoy en día es difícil imaginarse un mundo sin películas, ya sean para fotografía en blanco y negro o en color, o las películas cinematográficas en blanco y negro o en color, mudas o sonoras. Por medio de la película se han ofrecido posibilidades fundamentalmente nuevas a los procesos de enseñanza y aprendizaje. Los recuerdos de la familia se guardan en película; los expedientes y documentos de la ciencia, los gobiernos y las empresas se microfilman en película. Las cámaras de cine en manos de astronautas, o de ortopedistas que estudian como corren los atletas, revelan detalles que de otra manera se perderían. Los antropólogos las emplean para estudiar la conducta de los habitantes de regiones remotas. Los grandes artistas del cine emplean la película cinematográfica para despertar algunas de nuestras emociones más profundas. En fin, nada de esto puede imaginarse si no existiera la película flexible de alta calidad.

El objetivo principal de este trabajo de tesis es diseñar una cámara frigorífica para poder conservar el material fílmico de la Cineteca Nacional, en perfectas condiciones; ya que dicho material es de vital importancia para el país debido a que es considerado como patrimonio nacional.

En el primer capítulo se abordan temas relacionados con la película, su constitución, las bases de ésta, las condiciones de almacenamiento a las cuales deben de estar, así como los daños más comunes que las películas pueden llegar a sufrir. Por último en este capítulo se trata un tema de rejuvenecimiento y tratamiento de la película. Pasamos así a el segundo capítulo, en donde se tratan los temas referentes a la teoría de la refrigeración. Los diferentes tipos de calor, las formas de transmisión del calor, los ciclos de refrigeración, además se dan las bases teóricas para poder calcular las diferentes cargas de refrigeración ya sea tratándose de aire acondicionado o de refrigeración industrial.

En el tercer capítulo se hacen los cálculos necesarios para el diseño de la cámara frigorífica. Estos cálculos basados en tablas y en la carta psicrométrica ajustadas para la ciudad de México. Por último en el cuarto capítulo se hace un análisis económico de la alternativa más viable para el proyecto total, este análisis basado en precios vigentes a junio de 1995.

# **CAPITULO 1**

# LA PELÍCULA.

## 1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PELÍCULA.

Por su origen etimológico en latín, la palabra "película" tiene el significado de "piel delgada". De hecho, la piel y la película pueden maltratarse de manera semejante; esto es, la piel se ampolla por efecto de las sustancias químicas o de calor, igual que la película; la piel se daña por la exposición prolongada al sol, lo mismo que la película; la piel se seca y se hace quebradiza con el frío, lo mismo que la película; la piel es susceptible de poblarse de hongos por el calor y la humedad relativa excesivos, igual que la película; la piel puede quemarse, tal como la película.

Debido a lo anterior se debe de dar un cuidado especial a la película, por esto se empezará a describir lo que es una película:

El American National Standards Institute (ANSI), de Estados Unidos la define como "cinta de plástico delgada y flexible que cumple con una norma de dimensiones de uso específico para la producción cinematográfica".

### 1.1.1 Las capas de la película.

La película cinematográfica se compone de capas, y es la combinación de estas capas (fig. 1.1) lo que le da sus características. Tiene una capa de soporte, llamada base, la cual tiene que ser transparente, libre de

imperfecciones, químicamente estable, fotográficamente insensible y resistente a la humedad y a las sustancias químicas del proceso; todo esto sin dejar de ser mecánicamente fuerte, resistente a desgarramientos, flexible, estable en sus dimensiones y libre de distorsiones físicas.

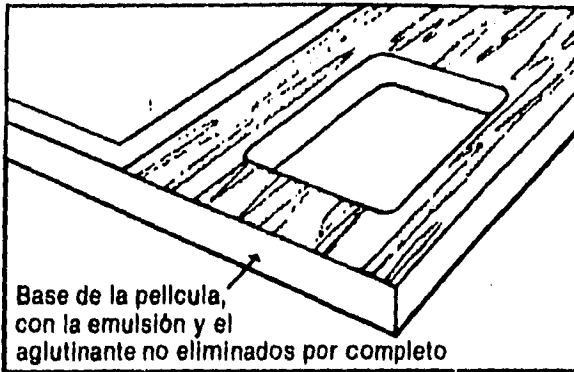


Figura 1.1.

Fundamentalmente la película está formada por dos partes: la base y las delgadísimas capas de emulsión sensibles a la luz, adheridas por medio de un aglutinante. A menudo tienen lo que se llama una capa antihalo.

La gelatina que lleva el material sensible a la luz se obtiene de piel y huesos de animales. Su base de acetato está hecha de las fibras cortas de la semilla de algodón, que quedan una vez que las fibras largas se utilizan para la industria textil, y también de pulpa procesada de madera. La Base ESTAR, usada en algunas películas EASTMAN para cinematografía, se hace de petróleo, el cual es de origen vegetal.

La plata, ese metal de múltiples aplicaciones, es vital para toda la fotografía, por su sensibilidad a la luz y a otras formas de energía radiante. En su fabricación también se usan sustancias químicas derivadas del petróleo, la piedra caliza y otros minerales.

### **1.1.2 Las bases de la película.**

La borra de algodón o la pulpa de madera se purifican mediante tratamiento con sustancia química y solventes, y se mezclan para hacer un líquido espeso de su celulosa, que es uno de los elementos de la naturaleza, relacionado con la fabricación de los azúcares y almidones; este triacetato líquido de celulosa, ya seco y transformado en píldoras, se envía a la planta donde se le somete a otros pasos químicos y mecánicos. Luego es filtrado y puesto en vacío parcial, para expulsar el aire atrapado que pudiera originar burbujas.

Este plástico líquido o "barniz" transparente se exprime a través de una ranura muy angosta, para depositarlo sobre enormes ruedas pulidas, en extremo, en las cuales se seca y forma una fina capa uniforme mientras las ruedas giran. Al evaporarse los solventes del barniz, se obtiene una capa dura, transparente, muy uniforme, de aproximadamente 0.0127cm. de grosor. Todo esto se hace en "cuartos blancos", tan limpios como un quirófano. Este proceso de manufactura se aplica también para la base ESTAR (de poliéster). Sin embargo, la base ESTAR tiene una composición química un tanto distinta. La diferencia radica, principalmente en la ausencia de solventes y en el método por el cual se transforma en una capa delgada.

### **1.1.3 Las emulsiones de la película.**

La parte "fotográfica" de la película cinematográfica es, desde luego, la emulsión. Una emulsión fotográfica consiste en materiales sensibles a la luz, dispersos en un medio coloidal, que por lo común es gelatina, dispuestos en una fina capa sobre una base de película.

La película en blanco y negro, que tiene menos capas de emulsión que la de color, normalmente tiene solo una capa de emulsión. Sin embargo, los principios y procedimientos son semejantes en ambos tipos. La gelatina se hace de materias de origen animal. Suspensas dentro de esta capa de gelatina están las películas de sales de plata sensibles a la luz, cuya distribución uniforme se vuelve clave para la indispensable reproducción correcta de áreas de luz, color y sombra de las escenas captadas.

### **1.1.3.1 La plata en la emulsión.**

La plata en lingotes, casi 100% pura, es el punto de partida. Disuelta en ácido nítrico, se concentra, mueve, enfría y se convierte finalmente en cristales de nitrato de plata pura, los cuales se disuelven y se mezclan con la gelatina y otras sustancias químicas para formar granos de haluro de plata. El tamaño de estos granos y la rapidez con que reaccionan a la luz determinan la sensibilidad, es decir, la cantidad de luz requerida para registrar una imagen, y la granulosidad que vemos en la pantalla de plata. Estos granos se distribuyen de manera uniforme a través de la gelatina, la cual se esparce muy finamente sobre la base (una capa de apenas unos cuantos cien milésimos de centímetro, con tolerancia de millonésimos de centímetro).

Finalmente, recuerde que este material sensible a la luz, y el cual es esencial para la fotografía, tiene que aplicarse en oscuridad total.

En la película de color, los colorantes que registran las diversas partes del espectro cromático se aplican para obtener un colorido total. Se distribuyen a través de las acostumbradas tres capas de gelatina, una para el cian, otra para el magenta y otra para el amarillo. La gelatina pues, es un vehículo.

### **1.1.4 Acabado de la película.**

A menudo se agrega una capa final al lado de la base, entre la emulsión y la base, o como un tono general a través de la base. Esta capa, de un gris neutro o negro, amortigua o filtra la luz que pudiera rebotar a través de la base transparente de la película. Al rebotar la luz, sus reflejos adicionales crean halos alrededor de algunas de las áreas más brillantes; a tal capa preventiva se le llama respaldo antihalo. Esta prevención es especialmente útil en la película de base ESTAR, por que el poliéster tiende a transportar con gran eficiencia la luz a través de su fina capa.

El corte de tiras y la perforación, procedimientos muy precisos que se realizan conforme a detalladas especificaciones, son los pasos finales del proceso de manufactura. La uniformidad del ancho de la película es tan importante como la del grosor, y la ubicación precisa de las perforaciones a lo largo de uno de los bordes o de



ambos es esencial para controlar la velocidad y el paso de la película a través del interior de la cámara o el proyector.

### **1.1.5 Consideraciones adicionales.**

La base de la película es el soporte de las capas de emulsión. Después de la exposición, los haluros de plata afectados por la luz se revelan químicamente, mientras que los haluros no expuestos son eliminados por el fijador. La capa de gelatina, aunque de ninguna manera indestructible, está hecha para resistir diversos ataques: en sí, el calor moderado no le afecta demasiado, pero el calor combinado con un alto índice de humedad relativa puede degradarla y convertirla en una masa pegajosa.

### **1.1.6 Propiedades mecánicas.**

Las propiedades mecánicas deseables en la película cinematográfica son:

#### ***1.1.6.1 Resistencia a la tracción.***

Medida de la tensión longitudinal que la película puede soportar antes de romperse.

#### ***1.1.6.2 Dureza.***

Medida de la resistencia a la tensión y al estiramiento antes de romperse. Dicho en pocas palabras: resistencia al maltrato.

#### ***1.1.6.3 Resistencia al desgarramiento.***

Tanto al comienzo de él como durante su continuación una vez iniciado.

#### ***1.1.6.4 Rigidez (dentro de su flexibilidad general).***

Límite de elasticidad: medida de la fuerza que la película soporta antes de sufrir una deformación permanente.

Sin embargo, estas propiedades físicas inherentes tienen que complementarse, por ejemplo, con la estabilidad dimensional y la resistencia a la humedad, entre otras cualidades. La película se hincha durante el revelado, se encoge durante el secado y sigue encogiéndose en grado decreciente a lo largo de su vida. Estos cambios son mayores en las películas con base de acetato.

Los cambios dimensionales en la película pueden ser temporales (reversibles) o permanentes (irreversibles). Los cambios temporales son causados por la modificación de la humedad relativa y la temperatura. En la película de acetato, el encogimiento permanente es causado por la pérdida de solventes residuales y aún por la eliminación gradual de las tensiones ocurridas durante la manufactura y el proceso. La película de base ESTAR, por otro lado, no tiene solventes residuales ni plastificante, y absorbe menos humedad que el acetato. Esa es parte de la razón por la que su estabilidad dimensional es mejor, pero su mayor resistencia y rigidez inherente son más importantes. Sin embargo, en todas las películas se produce por lo menos algún encogimiento irreversible al envejecer el material virgen, durante su proceso y al ir envejeciendo la película procesada.

## *1.2 Almacenamiento y conservación de la película.*

A la película fotográfica le afecta la humedad relativa, la temperatura, el tiempo, la luz, los contaminantes químicos de la atmósfera y la radiactividad, aunque ésta última solo a la película virgen. Estos factores tienen diferentes grados de importancia, según se trate de películas vírgenes en el empaque original, de latas abiertas con películas no expuestas o de películas procesadas.

La película fotográfica tiene que protegerse contra el agua, el moho, el daño químico o físico, así como de la humedad relativa y el calor extremos. La cantidad de humedad retenida por una película fotográfica llega a un equilibrio, determinado por sus propiedades químicas y por la humedad relativa del aire.

La humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua que hay realmente en el aire y la mayor cantidad posible que podría retener a la misma temperatura; esto es, si contiene la mitad de su capacidad su humedad relativa es del 50%. La humedad relativa puede medirse con un sicrómetro, un higrómetro o hasta con un indicador de humedad calibrado. La humedad relativa siempre debe tenerse en cuenta en el almacenamiento de película, pero se vuelve especialmente crítica a altas temperaturas, porque la capacidad de transporte de humedad del aire caliente es mayor que la del aire frío. Por ello, exactamente cuando la película es

más susceptible al cambio inducido por temperaturas elevadas, es también cuando se halla más vulnerable al ataque de la humedad.

Sabemos que las reacciones químicas se aceleran a temperaturas altas; la película fotográfica, ya sea virgen o procesada, también se ve afectada por ellas. El tiempo es importante también, pero está estrechamente relacionado con la temperatura y la humedad relativa.

La luz indeseada, desastrosa para la película no expuesta, es menos perjudicial para la ya procesada. Diversas sustancias químicas o sus vapores pueden tener diferentes efectos en la película virgen o la procesada; en cambio, la radiactividad solo afecta a la película virgen.

### **1.2.1 Almacenamiento de película virgen.**

Cuando la película virgen alcanza un equilibrio apropiado después de su fabricación, se guarda cuidadosamente en latas selladas, antes de venderla al productor cinematográfico o usuario.

Las latas son bastante herméticas a los niveles normales de humedad relativa, pero a niveles excesivamente altos (arriba de 70%) pueden oxidarse, y las cajas de cartón y las etiquetas se deterioran. La baja humedad relativa no presenta riesgos mientras los paquetes de película se mantengan sellados. Su efecto es secar la película hasta el punto de hacerla quebradiza; no obstante, si la película no resulta dañada físicamente en esa etapa, puede recobrar sus características.

Las bajas temperaturas son excelentes para ser más lentos los inevitables cambios en la sensibilidad. Si se tiene que guardar película en blanco y negro o de color por períodos hasta de seis meses, son apropiadas las temperaturas de 13°C (55°F) o menos. Las películas no mejoran su calidad con la edad. Si la película virgen tiene que guardarse más de seis meses, debe almacenarse en una unidad congeladora a una temperatura de entre -18°C y -23°C (0 a -10°F).

Después de esa conservación, hay que asegurarse de dejar que la película se descongele lentamente. El tiempo de acondicionamiento necesario para prevenir la condensación de la humedad y las manchas varía de

acuerdo con el grosor del empaque o la envoltura, el tipo de aislamiento utilizado, la temperatura y el punto de congelamiento del aire exterior.

Para paquetes normales, deben observarse los siguientes periodos de ambientación:

**Periodo de ambientación aproximado de paquetes  
de película, para evitar la condensación de la  
humedad, después de sacarlos del congelador.  
Temperaturas del exterior menos temperaturas del**

	refrigerador			
	-4°C (25°F) 70% HR	90% HR	38°C (100°F) 70% HR	90%HR
Rollo sencillo de 16 mm	¼ Hr.	1	1	1.5
Rollo sencillo de 35 mm				
(o dos rollos de 16 mm)	1.5	3	3	5
Paquetes de 10 rollos	12	28	30	46

Tabla 1.1 Periodos de ambientación.

La película virgen debe protegerse también de los vapores dañinos y la radiación. Algunos de los vapores más perjudiciales son los formaldehídos, sulfuro de hidrógeno, bióxido de azufre, amoníaco, el gas de iluminación (gas de carbón) y el de escape de motores. Deben evitarse también los vapores de solventes, bolas de naftalina, limpiadores, trementina, preventivos contra el moho y los hongos, y del mercurio. Todos éstos pueden atacar la emulsión fotográfica. Algunos penetran lentamente por la cinta que sella la lata.

Así mismo, hay que conservar la película virgen al abrigo de la radiación, así como del agua y del calor excesivo. Estos frágiles materiales son especialmente sensibles hasta que se han expuesto y procesado bien; por esta razón es necesario revelar las películas lo antes posible, una vez expuestas.

## 1.2.2 Almacenamiento y conservación de la película procesada.

### *1.2.2.1 Protección requerida.*

Además de proteger la película contra los peligros mas evidentes, hay que resguardarla de la alta humedad relativa que acelera el desvanecimiento de los colorantes; del daño a la gelatina y del crecimiento de hongos, así como de la descomposición de la base de nitrato. La humedad relativa elevada acelera también el encogimiento de la película, al grado de duplicar el encogimiento permanente en algunas películas cuando el índice de humedad relativa se encuentra entre 60 y 90%. La alta humedad relativa causa ferrotipia, formación de marcas lustrosas sobre la emulsión, y llega aun a causar la adhesión, cuando al enrollar la película queda la emulsión en contacto con la base.

La baja humedad relativa produce enroscamiento temporal de la película y disminución de flexibilidad. Por fortuna, estas condiciones pueden invertirse cuando aumenta la humedad. La humedad relativa muy baja en el almacenamiento de la película puede ocasionar que ésta se agriete o se rompa durante su manejo. Los negativos almacenados con humedad relativa muy baja pueden producirles marcas de electricidad estática en la película virgen, durante la impresión.

Algunas de las distorsiones de la película cinematográfica resultan de almacenar los rollos a índices de humedad relativa muy diferentes del índice de equilibrio de la película. Por ejemplo, si unos rollos que están en equilibrio con el aire a una humedad relativa de 50% se almacenan a 20% de humedad relativa, pueden deformarse porque los bordes pierden humedad más rápidamente que el interior del rollo. Por otro lado, la película puede quedar con los bordes acanalados u ondulados si está en equilibrio con una humedad relativa de 50% y se almacena a 70%.

Las bajas temperaturas no perjudican si hay oportunidad de ambientar la película lo suficiente para evitar la condensación de la humedad. Las altas temperaturas, sin embargo, causan daños al acelerar el desvanecimiento de las imágenes del color, el encogimiento de la película y las distorsiones físicas; y en el caso de las películas con base de nitrato, la descomposición de estas.

### **1.2.3 Clasificación de las películas para su almacenamiento.**

Son varias las combinaciones entre los períodos de almacenamiento medio, largo y de archivo para materiales de imagen en blanco y negro o a color, con base de seguridad o de nitrato. Es preciso recordar que si bien las películas de color con base de nitrato no se califican como de "archivo", las condiciones de almacenamiento adecuadas pueden prolongar su vida útil.

Se debe de clasificar a la película para su almacenamiento según la clase de película, su valor documental y el tiempo que debe durar almacenada. He aquí una lista de verificación como guía:

La necesidad de almacenamiento que se tiene es:

- A mediano plazo: hasta 10 años.
- A largo plazo: por lo menos 100 años.
- A plazo de archivo: más de un siglo, "permanente".
- Una combinación de estos términos.

Las películas que es necesario almacenar son:

- De acetato o de Base ESTAR.
- En blanco y negro (de plata).
- En color.
- De nitrato.
- Se está trabajando con:
- Originales de cámara.
- Copias de proyección.

- Algún tipo intermedio.

En realidad, sólo la película de seguridad (con base de acetato o de poliéster) con imágenes de plata puede usarse para documentos de archivo. Sin embargo, es posible que se tenga una combinación de películas con base de nitrato y de acetato, ya sea con imágenes de plata o de color que tenga gran valor histórico. Quizá haya necesidad de preservar estas películas de seguridad en blanco y negro. En primer lugar, se deben (o mejor digamos: se tiene que) separar las películas de acetato y las de nitrato para su almacenamiento. Se recordará que el nitrato es muy inflamable. Aun cuando se hayan tomado precauciones a toda prueba contra esa particularidad, de todos modos la base de acetato puede ser atacada químicamente por los gases que despiden la descomposición de la inestable película con base de nitrato. Por esta razón, debe separarse. No es necesario separar las películas en blanco y negro de las de color, que tengan igual base.

## **1.2.4 Almacenamiento comercial de la película de acetato.**

### ***1.2.4.1 Preparación para el almacenamiento.***

Antes de guardar cualquier película, es preciso repararla y limpiarla. Hay que montar los negativos sobre núcleos adecuados, y las copias en núcleos o carretes; poner los rollos dentro de latas limpias, de preferencia un rollo por lata. Se dejan las latas en posición vertical y se evita la entrada de aire muy húmedo.

Para personas con conocimientos empíricos de cinematografía, los cuales utilizan películas es necesario que consideren el lugar adecuado para almacenarlas. Este puede ser un cuarto bastante sencillo o un armario que se mantenga a una temperatura de  $21.1 \pm 9^\circ\text{C}$  ( $70 \pm 5^\circ\text{F}$ ). Si la temperatura ambiente es por lo general superior a  $21^\circ\text{C}$  ( $75^\circ\text{F}$ ), se necesita un sistema de acondicionamiento de aire que permita mantener la humedad relativa entre 15% y 60%; lo mejor es una humedad relativa de 25% a 30%, así que hay que deshumidificar o humidificar de acuerdo a las condiciones presentes en el lugar de almacenamiento. En general, son preferibles las temperaturas bajas, pero si se usan hay que asegurarse de dar tiempo de ambientación y mantener la humedad relativa por encima de 15%. A cualquier temperatura extrema puede ocurrir el encogimiento o volverse quebradiza la película. Las películas no deben estar expuestas a la luz solar directa aun cuando éstas se

encuentren dentro de las latas, debido a que éstas pueden calentarse demasiado aun a una temperatura ambiente normal. Se recomienda el almacenamiento vertical, para las películas a corto plazo y que viajan mucho, debido a que esta posición permite la libre circulación del aire y el fácil acceso. Para períodos más prolongados el almacenamiento horizontal reduce los problemas potenciales de distorsión de la película.

Para almacenar la película de seguridad los núcleos o carretes deben encontrarse en buen estado. Los que están doblados, abollados, desportillados, raspados o rotos casi siempre dañan la película.

#### ***1.2.4.2 Cuarto de almacenamiento.***

La película cinematográfica con base de seguridad puede almacenarse apropiadamente en cualquier cuarto adecuado, por un período razonable. Si la película de acetato no se almacena con aire acondicionado, colóquela al menos en uno de los pisos principales del edificio; los sótanos son generalmente muy húmedos y los pisos altos pueden ser demasiado calientes en ciertas temporadas.

Con respecto a los estantes, el anaquel más bajo debe de estar al menos 15 centímetros por encima del nivel del suelo. Todos deben de estar alejados de conductos de vapor, radiadores, tubos de aire caliente y otras fuentes de calor. Si se van a almacenar grandes rollos de película por períodos más o menos largos, deben colocarse en forma horizontal para reducir al mínimo la distorsión física, pero sin estar en columnas de más de seis u ocho latas de altura.

Lo ideal para el cuarto de almacenamiento es quedar lejos del área de tránsito y trabajo. El equipo mínimo consta de un termómetro y un higrómetro; los pisos desnudos son lo mejor, de preferencia de azulejos o mosaicos (fáciles de limpiar, disminuye la posibilidad de generar electricidad y atraer polvo); para la limpieza se debe de utilizar aspiradora, no escoba; no se debe comer, beber ni fumar dentro del área de almacenamiento de las películas.

#### ***1.2.4.3 La humedad relativa de almacenamiento.***

La película procesada se procesa mejor a temperatura y humedad moderadas. Es importante asegurarse de poner un control o estabilizador de humidificación aproximadamente al 50% de la humedad relativa, para impedir la



sobrehumidificación. Ese punto medio es el más satisfactorio para la humedad relativa de almacenamiento, aunque los límites de 30 y 60% son utilizables generalmente para el almacenamiento comercial.

Los negativos (originales o maestros) que se usan para imprimir de cuando en cuando, deben almacenarse con la misma humedad relativa que tienen los cuartos de impresión. Este equilibrio de un cuarto a otro previene el cambio dimensional de la película, lo cual a su vez ayuda a mantener el registro preciso durante la edición. A índices superiores al 60% de humedad relativa hay que vigilar la posible aparición de defectos causados por hongos o humedad.

La alta humedad relativa puede destruir la película; la baja no, aunque por lo seco puede hacerla quebradiza, hasta que se vuelva a la humedad relativa normal. Las temperaturas alta y baja corren más o menos paralelas a la humedad relativa en lo referente a sus efectos en la película: la alta temperatura puede destruir la imagen; la baja, la mantiene casi inalterable durante largo tiempo.

#### ***1.2.4.4 La temperatura de almacenamiento.***

Las películas con base de acetato son sensibles sólo a temperaturas mayores de 24°C (75°F). A unos 27°C (80°F), lo más probable es que se produzca encogimiento y distorsión, especialmente de los negativos. Sin embargo, durante dos o tres semanas a temperaturas de 32 a 38°C (90 a 100°F) no hay problema grave, a menos que la humedad exceda los niveles recomendados. Las bajas temperaturas de almacenamiento son convenientes mientras la humedad relativa no pase del 60%, en este caso se debe tener presente que las películas deben dejarse ambientar antes de abrir las latas, para impedir la condensación de la humedad. Estas condiciones son convenientes para períodos de almacenamiento hasta de 10 años. Las películas de color se conservan mejor, en general, a temperaturas y humedades relativas bajas.

En la tabla 1.2 se resumen las condiciones atmosféricas recomendables para el almacenamiento a mediano plazo de la película procesada:

### Condiciones de almacenamiento a mediano

plazo<sup>a</sup> que se recomiendan para la película

cinematográfica procesada.

Tipo de película	Temperatura	Humedad relativa <sup>b</sup>
B. Y n. Con base de éster de celulosa	25°C <sup>c</sup> máxima (77°F)	15% a 50%
B. Y n. Sobre base de poliéster	25°C <sup>c</sup> máxima (77°F)	30% a 50% <sup>d</sup>
De color con base de éster de celulosa	10°C <sup>e</sup> (50°F)	15% a 30%
De color con base de poliéster	10°C <sup>e</sup> (50°F)	25% a 30%

<sup>a</sup>Hasta 10 años, según se define en las normas ISO-2803 o ANSI PH1.43-1981, Practice for storage of processed safety photographic film.

<sup>b</sup>No debe excederse la humedad relativa de 60% para un almacenamiento a mediano plazo.

<sup>c</sup>Es preferible el almacenamiento a menos de 20°C (68°F).

<sup>d</sup>La humedad relativa para la película en blanco y negro con base de poliéster no debe ser inferior a 30%.

<sup>e</sup>Para el almacenamiento comercial normal a corto plazo 21°C (70°F) con 40% ó 50% de humedad relativa, son condiciones adecuadas.

Tabla 1.2 Condiciones de almacenamiento para películas a mediano plazo.

#### 1.2.4.5 Almacenamiento con aire acondicionado automático.

El acondicionamiento automático de aire puede controlar tanto la temperatura como la humedad relativa. Este es el método ideal, suponiendo que se pueda costear; para esto es necesario la consulta de un ingeniero experto en aire acondicionado, debido a que no es una tarea sencilla.

Otra alternativa es el empleo de un deshumidificador. Lo cual hay que hacerlo en un cuarto pequeño y razonablemente hermético para disminuir la entrada de aire húmedo, y sellar contra el vapor las paredes,

recubriéndolas con una capa de pintura de asfalto, pintura de aluminio o, mejor aún, envoltura de papel laminado de aluminio. Los intersticios y rendijas de puertas y ventanas deben sellarse; sólo entonces se puede instalar la unidad eléctrica de deshumidificación, pues antes le sería imposible realizar su función. Se debe de poner un control, que apague la máquina cuando la humedad relativa se haya reducido a 40% aproximadamente.

El último método se basa en el uso de recipientes herméticos, que no dejan pasar el vapor, para mantener la humedad relativa apropiada a la que se acondicione la película antes de almacenarla. Se requiere de un gabinete de acondicionamiento, provisto de aire a la temperatura y humedad relativa apropiadas; en dicho gabinete se hace pasar la película a una velocidad determinada (fig. 1.2), y se enrolla con el contenido adecuado de humedad. La desventaja de este método es que se tiene que reacondicionar la película cada vez que se usa, antes de volver a guardarla. Asimismo, la durabilidad incierta de la cinta adhesiva hace necesario reemplazar ésta antes de que se pierda su protección contra la humedad.

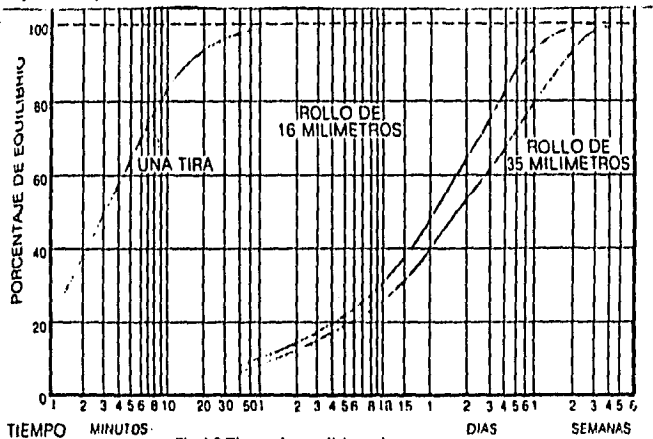


Fig. 1.2 Tiempo de acondicionamiento.

### 1.2.5 Almacenamiento de archivo de película de acetato procesada.

Para fines de archivo sólo pueden usarse las imágenes (de plata) en blanco y negro sobre base de seguridad. Sin embargo, si se necesita almacenar por largo plazo películas en blanco y negro y de color, con base de acetato o

de nitrato, se tiene que encontrar la mejor manera de conservarlas en condiciones utilizables para el período más largo posible. Una de las mejores formas de proporcionar la máxima protección para registros importantes es guardar una o más copias en lugares distintos. Pero, por muchas precauciones que se tomen siempre puede ocurrir un accidente. En el caso de películas cinematográficas, guardar el duplicado o negativo original en un lugar y una copia en otro es muy sensato; se puede utilizar esta última para proyectar y así, guardar el negativo original para realizar copias posteriores cuando éstas se necesiten.

#### ***1.2.5.1 Especificaciones para el almacenamiento de archivo.***

A continuación se listan los siete pasos a seguir para almacenar películas de archivo:

**1.2.5.1.1** Úsese la película que llene los requisitos de las normas ISO 4331-1977 o ANSI PH 1.28-1981, de las Especificaciones para Película Fotográfica para Registros de Archivo, en blanco y negro sobre base de éster de celulosa (véase el Apéndice). También son aceptables las bases de poliéster que cumplen las normas ISO 4332-1977 o ANSI PH 1.41-1981.

**1.2.5.1.2** Almacénese la película en núcleos y dentro de latas adecuadas, resistentes a la corrosión, colocadas horizontalmente en anaqueles.

**1.2.5.1.3** Ubíquese y constrúyase el almacén como una bóveda resistente a seis horas de incendio, conforme a los reglamentos de construcción estatales y locales, salvo que se permita una instalación autorizada de aire acondicionado.

**1.2.5.1.4** Protéjase la película de los daños que pueda causar el agua, ya sea por goteras o escurrimientos, descarga de un aspersor contra incendios o inundación del piso.

**1.2.5.1.5** Provéase el aislamiento suficiente con un sello adecuado para vapor, a fin de permitir un control satisfactorio de la temperatura en toda época del año y para prevenir la condensación de humedad sobre las paredes o en el interior de ellas.

**1.2.5.1.6** Acondiciónese y contrólense el aire automáticamente, entre 25% y 30% de humedad relativa, y de preferencia no por encima de 21°C (70°F). Tómense las precauciones necesarias para impedir la condensación de la humedad sobre las películas cuando se saque ésta de la bóveda. Para las películas de color se recomiendan las temperaturas de almacenamiento más frías y las humedades relativas más bajas.

**1.2.5.1.7** En los casos en que sea necesario, fíltrese el aire para eliminar el polvo y limpiarlo de gases ácidos. Introdúzcase continuamente aire fresco suficiente, para mantener una presión positiva ligera y proporcionar ventilación a las personas que trabajen en la bodega.

### ***1.2.5.2 Preparación para el almacenamiento.***

Si existen dudas de que el fijado y el lavado de las películas sean adecuados para cumplir con las normas ISO 0 ANSI, análcelas en busca de residuos de hiposulfito o fijador (el cual puede causar decoloración y desvatecimiento). Si se encuentra más hiposulfito del que permiten las normas, vuélvanse a enjuagar las películas, pero solo después de ver que la gelatina de la emulsión no se haya dañado por formación de hongos o de humedad y se haya vuelto soluble al agua.

Cuando esté lista, enróllela en núcleos adecuados a prueba de oxidación, y colóquela en las mejores latas de que disponga, reemplazando los recipientes viejos cuando sea necesario. Se debe de asegurar que las tapas queden holgadas para que dejen entrar el aire acondicionado a la vez que eviten la entrada del polvo. Si se tiene que usar la película almacenada de archivo o valiosa en una zona donde la humedad relativa esté por debajo de 25% o arriba de 60%, permita que se reacondicione a la humedad relativa de almacenamiento antes de devolverla a su lata.

### ***1.2.5.3 Bóveda de almacenamiento.***

La bóveda de almacenamiento de archivo para película de acetato o de poliéster tiene que estar protegida de todo eventual incendio exterior, aunque la película en sí no constituya riesgo de incendio. Sin embargo, los edificios a prueba de incendios nos vuelven confiados, y nos olvidamos de que el mobiliario, los cables eléctricos y otros elementos pueden constituir riesgos.

Si la bóveda se construye para resistir seis horas de exposición severa al fuego, quizá sea bastante segura. Una protección de menor duración será menos costosa; habrá que decidir lo más adecuado económicamente en cada caso. De todos modos se necesita el apoyo de una compañía experta de ingenieros, y observar las especificaciones detalladas de bóvedas de archivos valiosos (ubicación, materiales de construcción, grosor de paredes, tipo de puerta, etc.).

Esta bóveda puede situarse tanto en planta baja como en pisos superiores, siempre que la estructura del edificio y los pisos superiores sean lo bastante fuertes. Los sótanos con frecuencia son húmedos e incluso se inundan. Puede ser que se prefiera una estructura aparte, en cuyo caso se necesitarán cimientos adecuados, techado, entrada, etcétera. Si se planea un gran depósito de películas, quizá sea más conveniente construir una serie de bóvedas pequeñas.

En la figura 1.3 se muestra (sólo en forma ilustrativa) un proyecto de una bóveda con resistencia de seis horas contra incendio. Sus convenientes dimensiones son 2.44 metros de ancho por 4.50 a 6.10 metros de largo y 3.00 metros de altura. Los estantes de acero normales, a lo largo de ambas paredes laterales, permiten la colocación horizontal de las latas de película.

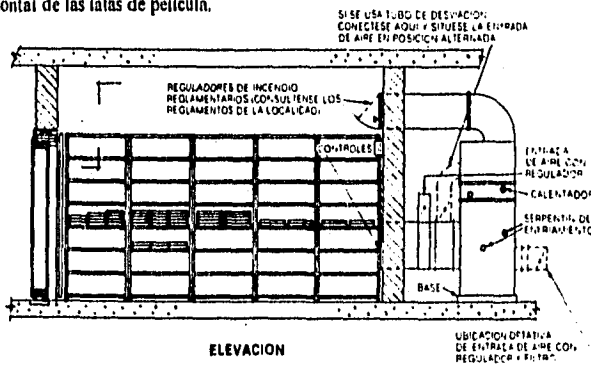


Fig. 1.3 Diagrama de bóveda resistente al fuego durante seis horas.

Los estantes deben ser de unos 30.5 cm de ancho para rollos de 1,000 pies (305 m), y de 46 cm de ancho para rollos de 2,000 pies (610 m). Recuérdese que las películas pueden colocarse verticalmente para el almacenamiento normal, pero para períodos largos debe ponerse horizontales.

Con respecto al acondicionamiento de aire, la Asociación Nacional de Protección contra Incendios, de Estados Unidos, lo desaconseja en bóvedas de archivo valioso (de papel), por el posible riesgo de incendio del exterior. Sin embargo, en la mayoría de las zonas climatológicas del mundo quizá no quede otro remedio. El aire acondicionado apropiado es esencial casi siempre para la preservación a largo plazo de las películas de archivo. El riesgo de incendio que implican en la bodega las aberturas para los conductos del aire acondicionado puede contrarrestarse con el uso de reguladores automáticos de control de incendio, aprobados por las aseguradoras, que se instalen en los conductos de acuerdo con las recomendaciones de la citada asociación.

No se necesita un sistema automático de aspersores en el interior de una bóveda resistente al fuego en la que sólo se guarde película de seguridad. Su eliminación reduce el peligro de que la película sufra daño accidental por causa del agua. No obstante, si no se instala el sistema de aspersores se debe de dejar afuera todo el mobiliario y los materiales combustibles.

Si en la bóveda se instala equipo extintor de incendios automático de bióxido de carbono, para evitar daños por causa del agua, debe haber un dispositivo de advertencia que permita a quien esté en la bodega escapar antes de que se libere el bióxido de carbono.

#### ***1.2.5.4 Acondicionamiento de aire.***

El clima de la localidad es un factor fundamental; se necesita aire fresco suficiente para mantener la bodega bajo una ligera presión positiva, a fin de dar ventilación e impedir la entrada de aire no tratado. Para el mejor funcionamiento del sistema lo ideal es que el acondicionador quede situado fuera de la bóveda, esto debido a que es más fácil darle mantenimiento y se previene que escurra agua al interior del depósito en caso de avería. La caja del acondicionador y los conductos deben quedar bien aislados. Las condiciones de la bodega requieren instrumentos apropiados, como un termostato de bulbo seco y uno de bulbo húmedo, un higróstato o un controlador del punto de rocío.

La unidad de refrigeración probablemente debe ser una máquina condensadora-compresora recíproca que utilice freón (F-12) como refrigerante. Es indistinto que el condensador sea de enfriamiento por aire o por

agua. Se puede economizar hasta cierto punto, aprovechando el margen de los requisitos de temperatura y humedad relativa de las películas de archivo. Sin embargo, hay que recordar que las películas de color se conservan mejor a temperatura y humedades relativas más bajas. También es posible hacer pasar aire por un serpentín de enfriamiento para congelar el exceso de humedad y luego recalentarlo, en vez de usar una cámara de rocío. Esta técnica impide la humedad alta (el mayor peligro para las películas), pero no la humedad baja en temporadas secas. Asimismo, acaso se decida por el término medio de dejar que las temperaturas asciendan hasta 11°C (52°F) por encima de los niveles recomendados, en ciertos días de verano.

Todo equipo de acondicionamiento de aire necesita cierto grado de mantenimiento. Son muy convenientes los termómetros de bulbo húmedo y de bulbo seco. En todo caso, se debe verificar la temperatura y la humedad relativa diariamente con un sicrómetro (termómetro de bulbos húmedo y/o seco), que provea la velocidad del aire requerida sobre los bulbos del termómetro.

Desde luego, se tiene que limpiar la bóveda con frecuencia para prevenir la acumulación de pelusa de la ropa, polvo de los zapatos, etcétera. Si se usa cámara de rocío en el acondicionador de aire, y se hace recircular el agua, límpiense también ésta y el equipo, para impedir la formación de un limo biológico que al cabo del tiempo se descompondrá y despedirá sulfuro de hidrógeno, uno de los enemigos químicos de la película. Las unidades de purificación de aire precisan también de servicio ocasional, y hay que revisar periódicamente todo ese equipo.

#### ***1.2.5.5 Purificación del aire.***

Todo el aire que se suministre a la bodega tiene que filtrarse para eliminar el polvo. La eliminación del bióxido de azufre, el sulfuro de hidrógeno y otros gases requiere consideración especial; estos gases a menudo forman concentraciones dañinas en la atmósfera de las zonas urbanas e industriales. Es necesario determinar en qué medida deben tomarse en cuenta esas concentraciones en cada caso específico. Esta situación se complica un poco por el hecho de que no se han establecido normas seguras para estos gases, en relación con el almacenamiento de película. No se puede sugerir un límite real y seguro de concentración de bióxido de azufre



para el almacenamiento de película de archivo; basta decir que incluso una concentración de bajo nivel, junto con otros contaminantes del aire presentes en el ambiente, puede ser dañina para la película almacenada por un lapso prolongado.

## **1.2.6 Almacenamiento y manejo de película de nitrato procesado.**

### ***1.2.6.1 Películas con base de nitrato.***

La base de nitrato, precursora de las bases de películas cinematográficas, se retiró de nuestras cámaras y laboratorios hace 30 años o más, pero dejó una estela muy larga de notables películas comerciales y documentos filmicos que se conservan aún en muchas bóvedas. Las películas con base de nitrato tienen que manejarse con mucho cuidado.

La base de nitrato de celulosa es relativamente inestable; en cantidad considerable llega a constituir un riesgo de incendio, si bien se requiere un poco de insistencia para que se incendie espontáneamente.

En la película el enemigo es la descomposición del nitrato de celulosa. La película llega a encogerse al grado de quedar inutilizable. Más aún, a medida que la cinta se descompone, despiden óxido nítrico, bióxido de nitrógeno y otros gases que toman amarilla la base de la película y la gelatina, a la que también reblandecen, y oxidan la imagen de plata. Posteriormente, la base se arruga; se vuelve muy quebradiza y luego pegajosa. Por último, se desintegra del todo. Este deterioro inevitable suele ser gradual, pero las temperaturas elevadas y la humedad lo aceleran mucho.

A medida que se deteriora, la película con base de nitrato convierte en una especie de olla de presión la lata en la que se encuentra, en especial si está cerrada herméticamente. Si los gases no pueden escapar, el calor se acumula y la combustión espontánea puede no ser muy remota. Por esta razón, la película de nitrato nunca debe estar encerrada. Por otro lado los gases tóxicos que se escapan, poderosos agentes oxidantes, pueden atacar también las películas de acetato y de base ESTAR cercanas. Así pues, las películas de nitrato ocasionan muchos problemas en las áreas de almacenamiento; hay que guardarlas en lugares especiales, y no demasiado apañadas. Sin embargo, y éste es un detalle muy importante, si las condiciones son las adecuadas, sus capas de imágenes

llegan a durar muchos años. Su gran valor implicó que muchas se reprodujeran sobre base de seguridad mas duradera. Sin embargo, todavía nos quedan algunas películas de nitrato; por lo que es conveniente saber el adecuado manejo y almacenamiento de ésta.

### **1.2.6.2 Condiciones de almacenamiento de la película de nitrato.**

A continuación se recomiendan las condiciones del aire para el almacenamiento de película de nitrato. Para almacenamiento temporal o a mediano plazo, se consideran satisfactorias las temperaturas hasta de 20°C (70°F) y la humedad relativa entre 25 y 60%.

Cuando se excede este máximo de temperatura y de humedad, y no se dispone de acondicionamiento de aire completo, la deshumidificación con máquina, sin enfriamiento, puede ser ventajosa debido al costo económico. El simple enfriamiento, sin control automático de humedad relativa, también es bueno, ya que puede condensarse un grado considerable de humedad del aire en los serpentines de enfriamiento. Las películas de nitrato, la mayoría antiguas, deben almacenarse de acuerdo a la tabla 1.3:

	Almacenamiento de película de nitrato			
	Mediano plazo		Largo plazo (valor histórico)	
	Temperatura	% HR	Temperatura	% HR
Blanco y negro	abajo de 21°C (70°F)	25 a 60	abajo de 10°C (50°F)	40 a 50
Color	abajo de 21°C (70°F)	25 a 60	abajo de 0°C (32°F)	40 a 50

Tabla 1.3 Almacenamiento de película de nitrato.

Es importante que nunca se sellen los recipientes herméticos en que se guarden las películas de nitrato, aun después de haberla acondicionado o secado. Es imprescindible dejar escapar los gases y el calor que produce su descomposición.

Una vez duplicada, debe de destruirse. Sólo se pueden desechar cantidades pequeñas de película en buen estado por los medios normales de eliminación de basura. Las películas de nitrato inestables o muy deterioradas tienen que manejarse en forma muy semejante o como se haría con explosivos. Desde el punto de vista ambiental, el método más seguro y correcto de eliminación de películas de nitrato es la incineración a alta temperatura, combinada con el control eficaz de la contaminación del aire. Si no se cuenta con instalaciones adecuadas, hay que emplear los servicios de una compañía comercial de eliminación de basura. La "quema abierta" al aire libre de la película de nitrato desechada puede ser peligrosa, además de estar en algunos países reglamentada por las leyes ambientales federales, estatales o municipales. Estas películas nunca deben quemar en calderas de calefacción, por que los gases que despiden producen alta presión y son sumamente tóxicos.

### *1.3 Daños a la película.*

#### **1.3.1 Tipos de daño**

##### *1.3.1.1 Abrasión*

Al tirar fuerte del extremo de la película para ceñirla bien al carrete, se le puede causar abrasión o rozaduras innecesarias y distrayentes.

Los rayones finos que llamamos abrasión pueden encontrarse tanto en el lado de la emulsión como en el de la base. En el área de la imagen, la abrasión se identifica por rayones cortos longitudinales o transversales, habitualmente debido a la acción de la suciedad que se encaja en las vueltas de la película en rollos flojos. Durante el rebobinado, el manejo y el embarque, las vueltas flojas de las películas pueden tallarse entre sí, provocando la abrasión. Los rayones continuos a lo largo de la película son causados generalmente por medios externos, como el contacto con piezas del equipo, o con rodillo sucio y gastados en el trayecto de la película. Independientemente de la causa, la abrasión excesiva en la imagen de la película puede distraer la atención del espectador. De igual manera, en la pista de sonido puede causar ruidos distrayentes, sobre todo en los pasajes silenciosos.

La abrasión del lado de la emulsión es menos tolerable, en general, que la del lado de la base. Las líneas más marcadas y frecuentes pueden calificarlas de daño moderado. El daño abrasivo importante mostraría muchas líneas y aparecería quizá en todo el rollo.

### **1.3.1.2 Rayaduras.**

Las rayaduras son ejemplos de abrasión grave; dañan físicamente la superficie de la película y pueden ser la causa de que se retire ésta del servicio.

Una rayadura del ancho de un cabello humano se proyectará a casi 1.9 cm de ancho con formato super 8, a 1 cm de ancho con película de 16 mm y casi a 6 mm de ancho con película de 35 mm, en pantalla de 1.83 metros. De acuerdo al tamaño de la pantalla en la que se proyecta la película, esa será la medida del cuidado con la que tiene que protegerla de las rayaduras. Una rayadura es una sola línea definida entre un punto y otro. Estas rayaduras también pueden encontrarlas sobre la base o la emulsión. Las de la base aparecen en la pantalla como líneas negras, porque la luz que brilla a través de la capa transparente de la base es refractada por la superficie desigual de la rayadura. Las rayaduras de la emulsión de la película en blanco y negro aparecen normalmente como líneas negras en la pantalla, pero cuando han cortado a fondo esa capa se ven como líneas blancas. En la película de color, una leve rayadura en la emulsión aparece negra, pero si cala profundamente en las tres capas de color, se proyectará verde, amarilla o incluso blanca. El blanco indica que la rayadura ha atravesado toda la emulsión, hasta la base.

Unas cuantas rayaduras en la emulsión pueden tolerarse si no hacen desmerecer materialmente la proyección de la película. Desde luego, las rayaduras de cierta magnitud de la emulsión no son deseables, pero las cortas y las ligeras que se ven sólo con la luz reflejada pueden considerarse menores. Sin embargo, la presencia de rayaduras blancas o de color que persisten, especialmente si zigzaguean, debe hacer que se considere el retiro de la copia. Las rayaduras profundas en el área de la pista de sonido pueden ser objetables también, en especial cuando se llenan de suciedad y producen ruido casual.

Las rayaduras menores de la base pueden remediarse a veces, pero las graves implican comúnmente la reposición del tramo o retiro de la película.

La presencia de rayaduras debe llevarle a revisar la limpieza de todos los rodillos, ventanillas y canales por los que pasa la película, y especialmente el contacto de ésta con otras piezas del equipo, objetos agudos y partículas.

#### ***1.3.1.3 Daños en las perforaciones.***

Los rodillos dentados son indispensables, desde luego, para transportar la película perforada a través del proyector y colocar los cuadros en forma sucesiva y precisa, para su fugaz proyección en la pantalla. A menudo se encuentran daños en las perforaciones al principio del rollo de la película, porque frecuentemente resultan de un enhebrado incorrecto de la misma. Mediante la inspección con un lente de aumento, a menudo se descubrirán daños que comenzaron como perforaciones agrietadas, astilladas o alargadas, para convertirse en agujeros rasgados y sufrir finalmente deterioro grave en verdad: perforaciones por completo desgarradas en su periferia, acaso lo suficiente para desprender el borde de la película perforada.

Lo mejor para evitar los daños a las perforaciones, además de enhebrar correctamente la película y de dejarle la holgura necesaria, es asegurarse de que no esté quebradiza, de que esté debidamente lubricada, que los carretes no den tirones al recibir la película después de su paso por el proyector y, por último, que los dientes y uñas de los carretes de transporte del proyector no estén gastados.

#### ***1.3.1.4 Daños en el borde.***

Una muesca, grieta, cortadura o desgarró en el borde de una película cinematográfica aumenta grandemente las posibilidades de que ésta sufra roturas. No se deben dejar pasar inadvertido los daños en los bordes. Las causas principales de estos desperfectos son los carretes en el mal estado, los movimientos de ejes torcidos y la película seca o quebradiza. Vuelta tras vuelta, el daño del carrete se transfiere al borde de la película.

El daño en el borde amenaza obviamente a la pista de sonido, al igual que a la imagen. Si el daño puede acomodarse adecuadamente bajo la cinta de empalmar, y si la película no da señal de dobleces, arrugas u otras distorsiones físicas, puede aplicarse un empalme de cinta sobre el desperfecto, sin eliminar cuadro alguno.

#### ***1.3.1.5 Roturas.***

La película seca, encogida y quebradiza, los empalmes mal hechos y los procedimientos incorrectos de proyección son algunas de las causas importantes de las roturas. Al reparar una rotura, asegúrese de no predisponer la película a otra, con la reparación inadecuada o desalineada de su empalme. Si una película se sigue rompiendo por cualquier motivo, a la larga empieza a perder segmentos de sonido e imagen, y esto distrae mucho al proyectarla.

#### ***1.3.1.6 Película quebradiza.***

No puede restaurarse una película al grado de devolverle su calidad original. La película de acetato que ha perdido mucho de su humedad se vuelve quebradiza. Gran parte de la humedad puede reponerse con el almacenamiento y la restauración adecuados, pero quizá sólo temporalmente. Las películas de poliéster son más resistentes al estado quebradizo.

En general se puede reconocer el estado quebradizo cuando ya no es posible doblar la película en ángulo agudo (con la emulsión por fuera) sin que cruja o se rompa. Si se hace esta prueba con películas viejas de nitrato, es probable que se rompan, independientemente de la orientación del doblez. Como el encogimiento suele acompañar al estado quebradizo, puede ser también que las perforaciones se ajusten más ceñidamente a los pemos de los empalmadores de película y de otros aparatos similares, con los que se dañarán a veces los bordes de la perforación. Puede observarse que la sección de la película que se almacena normalmente al exterior del carrete suele estar más quebradiza que la queda en el centro, pues las vueltas externas han estado más expuestas a las condiciones atmosféricas.

Los grados del estado quebradizo van de ligero, en el que el pliegue puede invertirse sin que se rompa o agriete la película, a las señales del agrietamiento o rotura y el caso extremo en que la película cruje, tal vez hasta

antes de doblarla. La película quebradiza puede estar ya destinada a descartarse por otros daños y pérdidas. La película en extremo quebradiza debe retirarse de la circulación, sea cual fuere su aparente integridad, porque es muy probable que se rompa más de una vez durante la proyección.

#### ***1.3.1.7 Encogimiento.***

Este daño a la película no puede repararse por completo. Como en el estado quebradizo, la causa fundamental la constituye la pérdida de humedad y de solventes en la base de acetato. También en este caso el poliéster parece menos susceptible a la pérdida de humedad y no tiene solventes residuales. A menudo se puede repuner la humedad perdida mediante almacenamiento adecuado; lo que no puede remediarse es la pérdida de solventes. Por esta razón, es necesario atender con cuidado cualquier eventualidad que pudiera modificar la humedad o los solventes de la película.

#### ***1.3.1.8 Deterioro de la emulsión.***

Debido a que la película está compuesta por elementos de origen animal, vegetal y mineral, el deterioro de la emulsión es producto de los hongos y el moho. Estos microorganismos atacan la parte orgánica de la emulsión de la película, especialmente con humedades relativas superiores a 60%. Con el paso del tiempo éstos pueden dejar a la película inutilizable, por lo que es importante el cuidado de la humedad relativa para evitar que ocurra este tipo de daño.

### **1.3.2 Reparaciones comunes.**

#### ***1.3.2.1 Eliminación de metraje.***

Eliminar metraje dañado de una película, sin reemplazarlo, suele implicar una decisión estética. Supuestamente, cada metro de película terminada está donde está porque contribuye al mensaje total. Por tal razón, el extraer simplemente el metraje dañado puede tener consecuencias notables. Se debe evaluar el daño que ocasionaría el cortar un metro de película; si este no afecta la continuidad de la película es conveniente hacer la eliminación del metraje.

antes de doblarla. La película quebradiza puede estar ya destinada a descartarse por otros daños y pérdidas. La película en extremo quebradiza debe retirarse de la circulación, sea cual fuere su aparente integridad, porque es muy probable que se rompa más de una vez durante la proyección.

#### ***1.3.1.7 Encogimiento.***

Este daño a la película no puede repararse por completo. Como en el estado quebradizo, la causa fundamental la constituye la pérdida de humedad y de solventes en la base de acetato. También en este caso el poliéster parece menos susceptible a la pérdida de humedad y no tiene solventes residuales. A menudo se puede reponer la humedad perdida mediante almacenamiento adecuado; lo que no puede remediarse es la pérdida de solventes. Por esta razón, es necesario atender con cuidado cualquier eventualidad que pudiera modificar la humedad o los solventes de la película.

#### ***1.3.1.8 Deterioro de la emulsión.***

Debido a que la película está compuesta por elementos de origen animal, vegetal y mineral, el deterioro de la emulsión es producto de los hongos y el moho. Estos microorganismos atacan la parte orgánica de la emulsión de la película, especialmente con humedades relativas superiores a 60%. Con el paso del tiempo éstos pueden dejar a la película inutilizable, por lo que es importante el cuidado de la humedad relativa para evitar que ocurra este tipo de daño.

### **1.3.2 Reparaciones comunes.**

#### ***1.3.2.1 Eliminación de metraje.***

Eliminar metraje dañado de una película, sin reemplazarlo, suele implicar una decisión estética. Supuestamente, cada metro de película terminada está donde está porque contribuye al mensaje total. Por tal razón, el extraer simplemente el metraje dañado puede tener consecuencias notables. Se debe evaluar el daño que ocasionaría el cortar un metro de película; si este no afecta la continuidad de la película es conveniente hacer la eliminación del metraje.



### **1.3.2.2 Reposición de metraje.**

Para ésta, los distribuidores venden metraje de reposición a precio relativamente moderado. Antes de hacer el pedido, se debe de evaluar la calidad física de la película, ya que dependiendo de ésta se determina si es conveniente o no comprar el metraje de reposición.

### **1.3.2.3 Cinta para perforaciones.**

La cinta para perforaciones, una cinta adhesiva delgada, angosta y muy flexible con base de poliéster y perforaciones idénticas a las de la película, constituye un firme refuerzo muy resistente a los solventes limpiadores y, durante corto tiempo, a las temperaturas altas de proyección.

Sin embargo, no se debe de aplicar más de 3 metros (10') de cinta para reparar perforaciones en una compostura permanente, y debe aplicarse de ambos lados de la película.

### **1.3.2.4 Cinta borradora de sonido.**

Es una cinta adhesiva opaca, diseñada para borrar errores de sonido, impropiedades y sonido defectuoso. Puede usarse para eliminar los molestos chasquidos y crujidos que se asocian habitualmente con los empalmes. Cuando se aplica la cinta borradora sobre la pista de sonido (en la unión del empalme) siguiendo un trazo triangular o semicircular, la respuesta de la fotocelda o del diodo se atenúa y luego aumenta gradualmente, de modo que no se percibe ruido.

## **1.3.3 Rejuvenecimiento y tratamiento de la película.**

El rejuvenecimiento es darle temporalmente nueva vida a una película muy usada, inspeccionándola y limpiándola, probándola y reparando sus daños, aplicándole a menudo recubrimientos protectores, reponiendo secciones muy gastadas, eliminando o atenuando rayaduras, y acondicionándola en cuanto a humedad. Todas requieren de alguna habilidad especial, pero los principios básicos son conocidos. Por principio de cuentas, nada se puede hacer para mejorar una película cuya emulsión ha sufrido abrasiones y en que la imagen se ha perdido, apareciendo en su lugar surcos claros. No hay tratamiento capaz de reparar tal tipo de daños. Se pueden reducir y a veces eliminar las abrasiones leves en la emulsión, aplicando laca o algún recubrimiento similar, mientras que

las abrasiones en la base pueden tratarse en diferentes formas; por ejemplo, con la aplicación controlada de un solvente activo que suaviza en parte los bordes de la abrasión y los hace menos visibles al proyectar la película. Entre otros métodos figura el de usar una rueda caliente para que los bordes de abrasión se redondeen y se aplanen a medida que la película, sometida a tensión, pasa sobre una rueda de superficie plana.

A veces se puede lograr que una película distorsionada o quebradiza quede en condiciones de usarse, pero los resultados del tratamiento son temporales; es por esto, que vale la pena considerar la posibilidad de duplicar las películas que se encuentren en tal estado, sólo si lo justifica su valor o importancia histórica, antes de que por su fragilidad se vuelvan imposibles de manejar.

También es posible reparar otros deterioros físicos, como perforaciones dañadas o faltantes, si no están muy extendidos y si la película resiste la proyección subsecuente. En suma, si una copia dañada no justifica el costo de la reimpresión, puede optarse por rejuvenecerla; pero es conveniente obtener costos comparativos.

# CAPITULO 2

## **ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE.**

### *2.1 TEORÍA DE LA REFRIGERACIÓN.*

#### **2.1.1 Calor y frío.**

El calor es una forma de energía que se radia de un cuerpo a otro. Como se sabe, la principal fuente de calor es el sol, produciéndose también por otros medios: combustión, fricción, electricidad, reacciones químicas y por la compresión de aire o vapor.

La teoría del calor se define por el movimiento molecular. Cuanto más energético resulta dicho movimiento, mayor es el calor que proporciona al cuerpo. Al desprenderse este calor disminuye el movimiento de las moléculas, que no desaparece hasta llegar al cero absoluto. Así, pues, en todo cuerpo que se halle por encima de esta temperatura existe teóricamente calor.

En cuanto al frío, no existe teóricamente como término positivo, sino que representa simplemente ausencia de calor. El frío no puede desprenderse ni radiarse.

*La refrigeración debe considerarse como un proceso de extracción de calor.*

#### **2.1.2 Transmisión del calor.**

El calor pasa siempre del cuerpo más caliente al más frío, a través de todo objeto, no existiendo materia que intercepte totalmente esta transmisión.

Existen tres métodos de transmisión de calor:

**2.1.2.1 Radiación.**

Es la transmisión del calor a través de sustancias intermedias, sin calentar éstas.

**2.1.2.2 Convección.**

Es el calor que se transmite por mediación de un agente: líquido o vapor. Las corrientes de aire son los agentes más comunes en la transmisión de calor por convección.

**2.1.2.3 Conducción.**

Es la transferencia de calor a través de un cuerpo sólido llamado conductor. Los metales son buenos conductores de calor, siendo llamados aislantes los malos conductores.

**2.1.3 Calor sensible.**

El calor que puede sentirse o medirse se llama calor sensible. Este es el calor que causa un cambio en la temperatura de una sustancia, pero no un cambio en el estado.

**2.1.4 Calor específico.**

Es la capacidad de un cuerpo para absorber calor. Para determinar la cantidad de calor necesaria para cierto cambio de temperatura se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Peso en kg.} \times \text{Calor específico} \times \text{Dif. de}$$

$$\text{temperatura a absorber} = \text{Calor necesario}$$

La unidad con que se mide el calor es la Caloría; representa el calor necesario para aumentar en un grado centígrado la temperatura de un litro de agua.

Esta unidad es de dos clases; la pequeña caloría o grano-caloría (caloría) y la gran caloría o kilo-caloría (Caloría). La kilo-caloría o Caloría equivale a 3.968 B.T.U. (British Thermal Units), o sea, la unidad de medida usada en Inglaterra y Norteamérica, que representa a su vez la cantidad de calor necesaria para subir o bajar un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua.

En refrigeración se emplean usualmente, como unidad de medida, la frigoría, que es, a la inversa, la cantidad de calor que se debe extraer a un litro de agua para rebajar un grado centígrado su temperatura. La frigoría es simplemente una kilo-caloría y se emplea para expresar la carga de refrigeración o capacidad de una planta frigorífica. Otro término usado muy a menudo para denotar la capacidad de una planta frigorífica es la *Tonelada de Refrigeración*, que es la cantidad de calor absorbida para la fusión de una tonelada de hielo sólido en 24 horas. En Inglaterra equivale a 12 253 BTU por hora, y en América, donde la tonelada tiene 2 000 libras a 12 000 BTU por hora, aproximadamente 3 000 kilo-calorías por hora. En el Sistema Internacional la unidad es el watt y una frigoría-hora equivale a 1.1626 W ó 1 T.R. (12 000 BTU-hora)= 3 516.85 W.

### **2.1.5 Calor latente.**

Es la cantidad de calor necesario para cambiar el estado de un cuerpo sin alterar su temperatura. Es ley fundamental que cuando un cuerpo cambia su estado de sólido a líquido, o bien de líquido a vapor, este proceso, aunque no va acompañado de un cambio de temperatura perceptible, tiene por resultado la absorción de cierta cantidad de calor. Este calor permanece oculto o latente, y de ahí su denominación.

### **2.1.6 Principios de la refrigeración.**

Los tres principios que gobiernan la producción de refrigeración son:

#### ***2.1.6.1 Todos los líquidos al evaporarse absorben calor de cuanto les rodea.***

Este principio hace posible la producción del frío tal como se efectúa hoy día. Para enfriar un cuerpo se aplica este principio, haciendo evaporar un determinado líquido en un aparato adecuado, a fin de que el calor latente necesario para la evaporación se extraiga de las sustancias que deseamos enfriar.

#### ***2.1.6.2 La temperatura a que hierve o se evapora un líquido depende de la presión que se ejerce sobre dicho líquido.***

La importancia de este principio reside en que si podemos disponer de una presión distinta sobre el líquido que está evaporando y produciendo frío, se alterará la temperatura a que se evapora y, por consiguiente, podrá variarse también el grado de frío producido.

**2.1.6.3 Todo vapor puede volver a condensarse, convirtiéndose en líquido, si se comprime y enfría debidamente.**

Este principio permite recoger el vapor formado por la evaporación del líquido, comprimirlo en un compresor adecuado, enfriarlo en un condensador y convertirlo nuevamente en líquido, que puede evaporarse otra vez y producir más frío.

**2.1.7 Refrigerantes.**

He aquí, pues, claramente definido ya el ciclo de un equipo frigorífico, el cual se completa con el empleo de líquido, llamados refrigerantes y más comúnmente gases, cuyos puntos de ebullición sean bien bajos. Los refrigerantes más conocidos (aunque los dos primeros, anhídrido sulfuroso y cloruro de metilo, se hallen ya en desuso) son los que se detallan:

Anhídrido sulfuroso	(SO <sub>2</sub> )-10°C
Cloruro de metilo	(CH <sub>3</sub> CL)-24°C
Amoniaco	(NH <sub>3</sub> )-33.3°C
Freón-12	(CCL <sub>2</sub> F <sub>2</sub> )-29.8°C
Freón-22	(CHClF <sub>2</sub> )-40.1°C
Freón-502	(CHCL/C <sub>2</sub> CLF <sub>3</sub> )-45.6°C

Debido a sus puntos de ebullición tan bajos, estos refrigerantes son extremadamente volátiles y, por consiguiente, aunque se conserven en un depósito hermético, el calor extraído de la atmósfera sería suficiente para causar su ebullición. Esto se evita sometiendo a presión.

Por lo tanto, mientras que los líquidos volátiles (refrigerantes) se evaporan a bajas temperaturas cuando están sometidos a la presión atmosférica, no lo harán nunca bajo una alta presión de un depósito herméticamente cerrado.

### **2.1.8 Principio de la refrigeración.**

Queda bien definido que cuando se evapora un refrigerante absorbe calor, reduciendo la temperatura de la cámara donde se instale la unidad evaporadora. El problema consiste ahora en controlar la ebullición de dicho refrigerante, obtener la cantidad de frío necesaria y mantener la temperatura adecuada.

### **2.1.9 Componentes de una instalación frigorífica.**

Toda instalación frigorífica consta de tres unidades principales, a saber:

#### **2.1.9.1 Refrigerador.**

Se trata simplemente de la cámara debidamente aislada, en cuyo interior se desea mantener una temperatura inferior a la del ambiente exterior.

#### **2.1.9.2 Evaporador.**

Recipiente que va colocado en el interior de la cámara donde se evapora el refrigerante líquido. Va conectado a la «unidad condensadora» por medio de tuberías, una para el suministro de líquido refrigerante (línea de líquido), y otra, para el retorno (línea de aspiración) del refrigerante evaporado a la citada unidad.

#### **2.1.9.3 Unidad condensadora.**

Es el conjunto formado de compresor y condensador que comprime los vapores refrigerantes que vienen del evaporador, expulsando su calor latente, y los retorna al estado líquido.

### **2.1.10 Presiones y temperaturas.**

Todo aumento de temperatura da por resultado un aumento de presión en el refrigerante y viceversa, el descenso de temperatura da lugar también a un descenso de presión. A la inversa, el cambio de presión motiva a su vez un



cambio de temperatura en igual relación de más o menos. Por lo tanto, cuanto más alta sea la temperatura del medio refrigerador en el condensador (aire o agua), mayor deberá ser la presión del gas comprimido.

La presión tiene la misma propiedad del calor, tendiendo a equilibrarse entre los dos lados del sistema, a menos de que, por algún medio mecánico, se evite esta igualdad.

### **2.1.11 Humedad.**

La presencia de vapor de agua en la atmósfera queda demostrada por la condensación de dicho vapor que se observa, por ejemplo, sobre la superficie de una botella de agua fría. Cuanto más elevada es la temperatura del aire, mayor es la cantidad de vapor de agua que el aire puede contener. El aire saturado es aquel que contiene la máxima cantidad de vapor de agua que por su temperatura le corresponde.

*Humedad absoluta* es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire no saturado, a una temperatura cualquiera y *humedad relativa* o grado higrométrico es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene el aire y la máxima que pueda contener, expresándose esta última en %.

## **2.2 REFRIGERACIÓN.**

La *refrigeración* es la rama de la ciencia que trata de reducir y mantener mas baja que su alrededor, la temperatura de un espacio dado o de un producto.

La *carga de calor* es la cantidad de calor que debe retirarse del espacio por refrigerar, para reducir o mantener la temperatura deseada.

En la mayoría de los casos, la carga de calor es la suma del calor que se fuga al espacio refrigerado a través de paredes, rendijas, ranuras, etc., más el calor que produce algún producto por refrigerar o motores eléctricos, alumbrado, personas, etc..

En cualquier proceso de refrigeración, el cuerpo empleado como absorbente de calor se llama *agente de refrigeración o agente refrigerante*.

Los procesos de refrigeración se clasifican en sensible y latente. El proceso es sensible, cuando la temperatura del refrigerante varía al absorber calor. Es latente cuando la temperatura del refrigerante, al absorber calor, permanece constante y causa cambio de estado. En los dos procesos, la temperatura del agente de refrigeración es menor que la temperatura del espacio por refrigerar.

Los agentes de refrigeración pueden ser sólidos o líquidos. Entre los sólidos, se incluyen, sobre todo, el hielo y el  $\text{CO}_2$ . Hasta hace poco, el hielo era el que más se usaba en refrigeración doméstica, pero hoy en día, en la mayoría de los casos ha sido substituido por otros refrigerantes que superan las desventajas que tiene el hielo, como son:

1. No se pueden obtener tan bajas temperaturas como con otras sustancias. Con el cloruro de sodio o el de calcio, se consiguen  $0^\circ\text{F}$ ; en cambio, con el hielo sólo  $32^\circ\text{F}$ .

2. Es necesario reponer manualmente el hielo.

3. Produce condensado.

4. Es difícil controlar la refrigeración.

La capacidad de los líquidos de absorber calor mientras se evaporan, es la base de la refrigeración moderna. Entre las muchas ventajas de un refrigerante líquido están:

1. Control de la cantidad de calor absorbido.

2. Se sigue una recirculación continua de refrigerante, sin necesidad de reponerla.

3. Se consiguen rangos de temperatura muy altos, pues existen una gran cantidad de refrigerantes líquidos con diferentes puntos de ebullición.

## 2.2.1 Ciclo mecánico de compresión.

### 2.2.1.1 Ciclo de refrigeración.

El refrigerante, para evaporarse, absorbe el calor latente de evaporación a una temperatura constante (temperatura de saturación a la presión correspondiente); este calor lo toma del espacio que rodea al vaporizador.

El dispositivo que se utiliza para llevar a cabo la evaporación es el *evaporador*.

A cada temperatura de evaporación de cierto refrigerante, le corresponde una presión. Por tanto, para conseguir una temperatura determinada es necesario controlar la presión y para hacerlo, se necesita controlar con una válvula la cantidad de refrigerante que se evapora. Si la válvula se mantiene cerrada, la temperatura del líquido llegará a la temperatura del ambiente que lo rodea y su presión será la que corresponda a esa temperatura. Si se necesitan temperaturas inferiores, se necesitaría abatir la presión por medio de una bomba que succione el vapor y baje la presión a la que corresponda la temperatura deseada.

Para regular el flujo es indispensable tener una válvula reguladora; la más utilizada para el control es la válvula de expansión termostática. Esta controla el flujo a través de un serpentín que hace las veces de evaporador.

Es sumamente indispensable recuperar el refrigerante por razones de economía y conveniencia. Por esto, el vapor que sale del evaporador se debe recolectar y condensar para usarlo nuevamente; en esta operación se utiliza el *condensador*. Para que el refrigerante se pueda condensar es necesario un agente o medio del condensador, por lo general éste es aire o agua.

Para que el calor del refrigerante pueda fluir al medio del condensador, se requiere que el medio del condensador tenga menos temperatura que el refrigerante. Esto parece imposible, ya que el refrigerante tiene la temperatura del líquido evaporado, la cual es muy baja. Es necesario, por ello, incrementar la temperatura del refrigerante, comprimiéndolo con el compresor, a una determinada temperatura superior a la del medio del condensador.

Una vez comprimido el vapor a alta presión y a alta temperatura, se descarga al condensador, en donde la condensación se realiza a presión y temperatura constantes. En esta forma se completa el ciclo de refrigeración (Fig. 2.1). Las funciones de cada uno de los elementos que componen el sistema se pueden resumir como sigue:

#### 2.2.1.1.1 Evaporador.

Provee la superficie de calefacción necesaria para pasar al refrigerante el calor del espacio por refrigerar.

#### 2.2.1.1.2 Línea de succión.

Transporta el vapor de baja presión del evaporador al compresor.

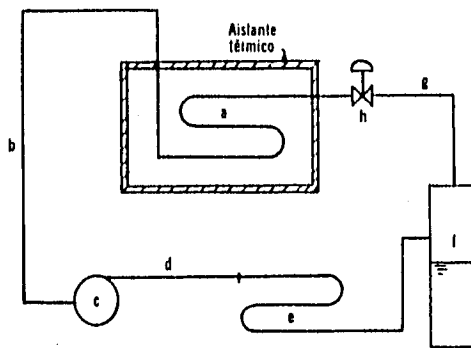


Fig. 2.1 Ciclo completo de refrigeración.

#### 2.2.1.1.3 Compresor.

Tiene la función de remover el vapor del evaporador, además de bajar la presión del evaporador y subir la presión y la temperatura del vapor.

#### 2.2.1.1.4 Línea de descarga.

Transporta, del compresor al condensador, el vapor de alta presión.

#### 2.2.1.1.5 Condensador.

Provee la superficie de calefacción necesaria para que el calor fluya del refrigerante al medio del condensador.

#### 2.2.1.1.6 Tanque receptor.

Almacena refrigerante, a fin de que exista un continuo suministro cuando se requiera.

#### 2.2.1.1.7 Línea líquida.

Transporta refrigerante líquido, del tanque receptor a la válvula de control de flujo.

#### 2.2.1.1.8 Válvula de control de flujo.

Controla la cantidad necesaria de refrigerante al evaporador y reduce la presión del líquido que entra al evaporador, de modo que el líquido se evapore en el evaporador a la presión y temperatura deseadas.

## 2.2.2 Ciclo termodinámico.

### 2.2.2.1 Ciclo de Carnot.

El ciclo inverso de Carnot, es la teoría básica para cualquier sistema práctico de refrigeración.

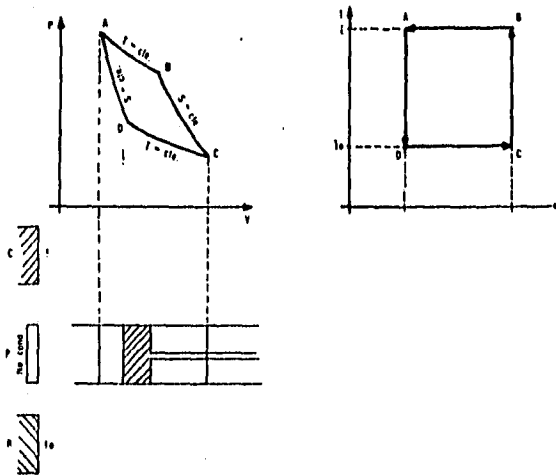


Fig. 2.2 Ciclo de Carnot.

La máxima cantidad de trabajo se puede obtener dejando pasar una cantidad de vapor de un cuerpo, que sea una fuente de calor, a otro que sea un receptor, a través de una máquina que trabaje de manera reversible. Reversible no sólo respecto de su acción interna, sino también de la transferencia de calor de la fuente de calor a la máquina y de la máquina al receptor de calor.

El ciclo de Carnot, para un gas perfecto, consiste de cuatro operaciones sucesivas (fig. 2.2).

AB) Expansión isotérmica

El calor se toma a una temperatura  $T$  del depósito caliente C.

BC) Expansión adiabática

La temperatura del fluido baja de  $T$  a  $T_0$ .

CD) Compresión isotérmica

El calor es cedido al cuerpo frío R, a una temperatura de  $T_0$ .

DA) Compresión adiabática

La temperatura del gas se incrementa de  $T_0$  a  $T$ .

### 2.2.2.1.1 Índice de eficacia o coeficiente de funcionamiento del ciclo.

El índice de eficacia de un sistema de refrigeración no es una eficiencia, sino la relación conocida por coeficiente de funcionamiento (COP), que se define como el calor suministrado (efecto deseado) dividido entre el trabajo neto realizado (lo que se suministró y es lo que cuesta):

$$\text{COP} = Q_{\text{enf}} / W_{\text{net}}$$

En el caso de un ciclo inverso de Carnot se tiene

$$\text{COP} = T_L \Delta S / (T_H - T_L) \Delta S = T_L / (T_H - T_L).$$

(Los subíndices H y L significan alta=*high* y baja=*low*, respectivamente).

Como el ciclo inverso de Carnot es el mejor u óptimo posible, el COP correspondiente a tal ciclo suele utilizarse como base de comparación de los valores de COP obtenidos con otros ciclos.

Supónganse el ciclo invertido de Carnot mostrado en los diagramas PV y TS de la figura 2.3 usando un gas refrigerante.

Empezando por el punto (1), se comprime adiabáticamente de 1 a 2, en seguida viene una compresión isotérmica de 2 a 3, luego una expansión adiabática de 3 a 4 y regresa a (1) con una expansión isotérmica de 4 a 1. Sobre el gas se realizará trabajo durante la compresión, y el gas realizará trabajo durante la expansión, con un trabajo neto, que es la diferencia representada en el diagrama PV como el área 1 2 3 4 1.

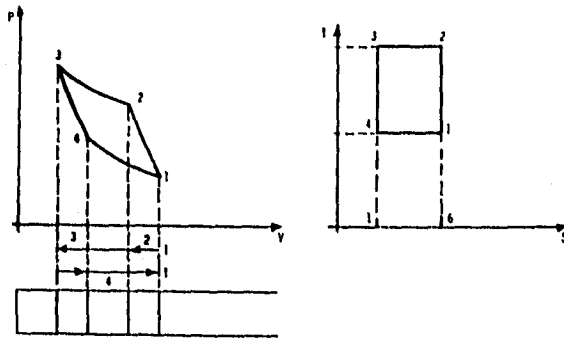


Fig. 2.3 Ciclo teórico cuando se usa gas refrigerante.

En el diagrama T-S, el calor cedido por el sistema, está representado por el área 2 3 5 6 2 que es  $T_2(S_2 - S_3)$ . El calor suministrado al sistema es,  $T_1(S_1 - S_4)$ ; la diferencia es la energía que se suministra en forma de trabajo.

El proceso de 1 a 2 se realiza en el compresor, de 2 a 3 en el condensador, de 3 a 4 en la válvula de expansión y de 4 a 1 en el evaporador.

### 2.2.2.2 Ciclo de un vapor refrigerante.

El ciclo de un vapor refrigerante puede considerarse como una modificación o desviación del ciclo de Carnot.

En resumen, el ciclo teórico de un refrigerante se define en cuatro procesos:

- 1-2. Compresión adiabática reversible.
- 2-3. Suministro de calor a presión constante reversible.
- 3-4. Expansión irreversible.
- 4-1. Absorción de calor a presión constante reversible. (Fig. 2.4)

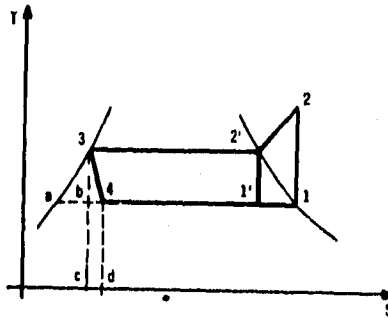


Fig. 2.4 Ciclo de un refrigerante en el diagrama T-S.



## 2.2.3 Ciclos actuales o reales.

En el ciclo real existen ciertas modificaciones al ciclo teórico.

### 2.2.3.1 Efectos de sobrecalentamiento en la succión del compresor.

Este efecto de sobrecalentamiento, ya se ha observado al estudiar el ciclo del refrigerante. En el ciclo teórico, se supone que el vapor entra al compresor como vapor saturado y seco (punto C de la fig. 2.5), pero en realidad, después que el líquido se evapora completamente, el vapor permanece absorbiendo calor y sobrecalentándose antes de entrar al compresor (punto C').

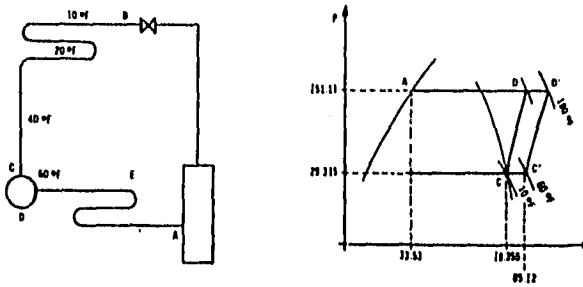


Fig. 2.5 Efecto de sobrecalentamiento en la succión del compresor. (Fredón (2)).

En el sobrecalentamiento en algunas ocasiones se puede absorber calor útil en el mismo evaporador, o bien, absorber calor después del evaporador, lo cual no produce ningún beneficio. Sin embargo, en general se prefiere el sobrecalentamiento, pues de este modo no hay posibilidad de que entre vapor húmedo al compresor, lo cual puede ser perjudicial.

El sobrecalentamiento del vapor se lleva a cabo, en el evaporador produciendo "frio útil". Sin embargo, no es económico, ya que el evaporador no está diseñado para transferir calor sensible. También se lleva a cabo en el tubo de succión del compresor, en cuyo caso no produce "frio útil".

### 2.2.3.2 Efectos de subenfriamiento del líquido.

En un ciclo real, después del condensador, el líquido no sale saturado como se supone en un ciclo teórico (punto A de la fig. 2.6), sino que hay un subenfriamiento (punto A').

En esta existe un subenfriamiento de 20°F, o sea el líquido se subenfrió de 100°F a 80°F, antes de llegar a las válvulas de expansión.

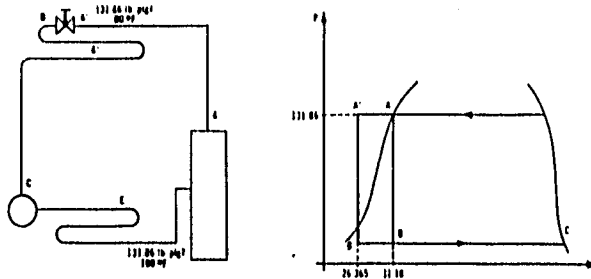


Fig. 2.6 Efecto de subenfriamiento del líquido que sale del condensador.

Ya se ha visto que cuando el líquido se subenfrió antes de llegar a las válvulas de control, el efecto de refrigeración aumenta una cantidad igual a  $h_D - h_{D'}$ .

Por lo tanto, con el subenfriamiento se ahorra refrigerante y es muy deseable, y a veces llega a instalarse un enfriamiento doble o adicional, ya sea integral al condensador, o bien, un cambiador de calor "subenfriamiento-sobrecalentamiento".

El subenfriamiento ocurre en varios lugares y de diferentes maneras: en el tanque almacenador de refrigerante, en la tubería y en el mismo condensador.

### **2.2.3.3 Efecto de las pérdidas de presión debido a la fricción.**

La fig. 2.7 muestra el efecto de las pérdidas de fricción en tubería y accesorios, por donde fluye refrigerante. La línea C'-C'' es la pérdida a través del tubo que une el evaporador y el compresor, y C''-C''' es la pérdida a través de las válvulas de succión y pasadizos del compresor hasta llegar al cilindro.

La línea C'''-D'' representa el proceso de compresión. Se necesita comprimir a una presión considerablemente mayor que la presión de condensación, para forzar a que el vapor salga del cilindro a través de las válvulas y llegue al condensador a la presión D'.

La línea D''-D' representa la presión requerida (caída), para forzar a que abran las válvulas de descarga del compresor. La línea D'-A representa la caída en las líneas de descarga y en el condensador. La línea A-A' representa la caída de presión, para forzar a que el refrigerante entre en el tanque receptor, y la pérdida en la línea del líquido del receptor a la válvula de expansión.

## **2.2.4 Carga de refrigeración.**

### **2.2.4.1 Carga de refrigeración tratándose de aire acondicionado para comodidad.**

En un espacio a refrigerar, la cantidad de calor que debe removerse en el equipo de refrigeración, se llama carga de refrigeración, y se debe principalmente a las siguientes ganancias de calor:

#### **2.2.4.1.1 Ganancia de calor debida a la transmisión a través de barreras.**

La transmisión de calor a través de barreras se calcula de la siguiente manera:

$$Q_1 = UA(T_e - T_i)$$

donde

$Q_1$ - carga de calor en BTU/hr.

$U$ - coeficiente de transmisión de calor en BTU/(hr ft<sup>2</sup> °F),

$A$ - área neta en ft<sup>2</sup>

$T_e$ - temperatura de diseño exterior en °F.

$T_i$ - temperatura de diseño interior en °F.

Por lo general, la temperatura de diseño se considera entre 70°F y 80°F (en aire acondicionado) y la temperatura exterior de diseño se selecciona de las tablas, según el lugar. La temperatura de bulbo seco exterior de diseño tiene, por lo general, su máximo a las 16:00 horas.

La diferencia de temperaturas  $T_e - T_i$  se afecta en ocasiones, debido al "efecto solar", pero esta consideración es un método para tomar en cuenta esta carga, que muchas veces no se utiliza.

#### 2.2.4.1.2 Ganancia de calor debido al efecto solar.

El calor del sol, que recibe la tierra, varía desde un mínimo de cerca de 415 BTU/(hr ft<sup>2</sup>) a 445 BTU/(hr ft<sup>2</sup>). La cantidad que llega a la superficie terrestre se reduce considerablemente por dispersión o reflexión al espacio y por absorción de la atmósfera. El calor del sol que llega a la Tierra a través de la atmósfera se conoce como radiación directa, y el calor que se dispersa se llama radiación del cielo o espacio.

El calor que se gana en un espacio a través de los cristales depende de lo siguiente:

- Latitud del lugar.
- Orientación de los cristales.
- Claridad de la atmósfera.
- Tipo de cristal usado.
- Dispositivos para sombrear.

Un cristal ordinario absorbe alrededor del 6% de la energía solar y refleja o transmite el resto (ver la fig. 2.7).

La relación de la energía transmitida con la energía reflejada depende del ángulo de incidencia..

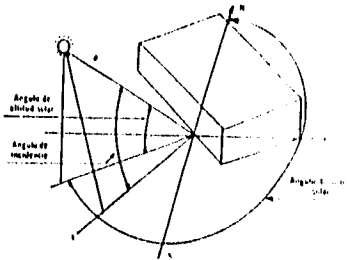


Fig. 2.7 Ángulos solares.

Existen tablas experimentales que según la latitud, tiempo del año y orientación de la ventana proporcionan la energía solar que entra al espacio considerado. Se supone que la energía radiante transmitida por una ventana no afecta la diferencia de temperatura que hay a los lados de dicha ventana.

Cuando los rayos solares chocan contra una ventana de cristal ordinario, se comportan como se aprecia en la fig. 2.8.

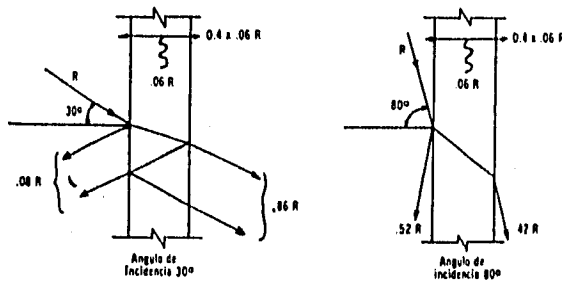


Fig. 2.8 Comportamiento de los rayos solares al chocar contra el cristal de una ventana.

El calor que absorbe el cristal, es el 6% del calor total incidente; de este 6% se transmite al espacio 40% o sea, 2.4%. El 40% transmitido al espacio depende del coeficiente de la película exterior ( $2.8 \text{ BTU}/(\text{hr } \text{ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F})$ ) y el coeficiente de la película interior ( $1.8 \text{ BTU}/(\text{hr } \text{ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F})$ ) ver fig. 2.9.

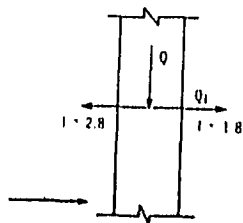


Fig. 2.9 Distribución del calor absorbido por el cristal.

Cuando el ángulo de incidencia es de  $30^\circ$ , el calor ganado en el espacio vale  $0.4 \cdot 0.06R + 0.6R = 0.88R$ , y cuando el ángulo de incidencia es de  $80^\circ$ , el calor ganado en el espacio vale  $0.4 \cdot 0.06R + 0.42R = 0.44R$ . Donde  $R$  es el calor recibido en el cristal.

Cuando los cristales no son ordinarios, éstos absorberán más calor si son de mayor espesor y viceversa. Además, existen otros cristales tratados especialmente para absorber una mayor cantidad de calor.

La distribución del calor en un cristal que absorbe el 52% se representa gráficamente en la figura 2.10

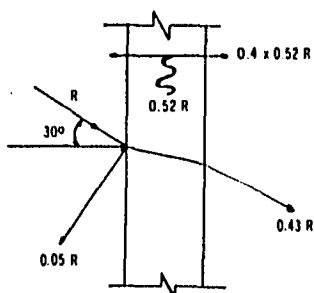


Fig. 2.10 Distribución del calor recibido por un cristal.

Como puede verse, este cristal especial que absorbe más calor, permite menos paso de calor que uno ordinario.

Calcular el calor solar ganado a través de muros y techos es más complejo, ya que cuando el sol calienta la superficie se inicia un flujo de calor hacia el interior del espacio, hasta llegar a un máximo; después, el flujo disminuye poco a poco durante la noche y vuelve a aumentar cuando el sol calienta de nuevo la pared.

Este cálculo se simplifica usando el concepto de "temperatura aire-sol", desarrollado por Mackey y Wright. La temperatura aire-sol es una temperatura del aire tal, que en la ausencia de efectos de radiación da al espacio interior la misma cantidad de calor que la combinación de radiación incidente del sol, energía radiante del espacio y convección del espacio exterior.

Para resolver este problema de encontrar el calor ganado por el sol, se han preparado tablas que indican la temperatura equivalente que se debe usar en paredes o en techos.

#### **2.2.4.1.3 Ganancia de calor debida a la infiltración de aire.**

Para determinar el volumen de aire y las ganancias de calor latente y sensible, se deben de considerar las pérdidas por infiltraciones debida a las ranuras en puertas y ventanas y a la abertura más o menos constante de puertas. Ambos valores se pueden encontrar en tablas.

#### **2.2.4.1.4 Ganancia de calor debida a personas.**

La ganancia de calor producida por los ocupantes del espacio a enfriar está tabulada y depende de la propia actividad que las personas desarrollen dentro del espacio y de la temperatura de ese ambiente.

El calor ganado puede considerarse en dos partes: sensible y latente. También existen curvas y tablas que proporcionan el calor generado por personas a partir de la temperatura de comodidad o bien, a partir de los ft lb/hr que desarrolla un individuo. Así mismo, hay curvas que según la temperatura y la actividad proporcionan la cantidad de evaporación de un individuo por hora.

#### **2.2.4.1.5 Ganancia de calor debida al equipo misceláneo.**

Para obtener la ganancia de calor debida al equipo que se tenga instalado en el espacio para acondicionar, se recurre a tablas experimentales.

Siempre se debe considerar una parte de la ganancia total que, en ocasiones, puede ser muy importante; a veces, se acostumbra incrementar esta ganancia un 10% por alguna contingencia imprevista que pudiera ocurrir.

#### 2.2.4.1.6 Ganncia de calor debhda al aire por ventilación.

El aire que se requiere para ventilación se debe suministrar en cantidades suficientes para cumplir con ciertos códigos, reglamentos o recomendaciones. Es evidente que para mantener un nivel bajo de olor se requiere cierta cantidad mínima de aire.

Por lo general se debe de considerar un mínimo de 7.5 ft<sup>3</sup>/(min-persona), cuando no se considera humo de cigarro; si se considera, se debe tomar de 25 a 40 ft<sup>3</sup>/(min-persona) que fuma. El aire para ventilación se debe considerar independientemente de la propia carga de calor del espacio, ya que ésta pasa antes por el acondicionador en contraste con el aire debido a la infiltración que entra directamente al espacio por refrigerar.

La cantidad de aire debe ser adecuada para manejar la carga de refrigeración, calentando el aire desde la temperatura de entrada a la temperatura del espacio. Mientras la temperatura de entrada sea inenor, menos cantidad de aire se requerirá, pero es lógico que esta temperatura no puede ser menor de ciertos límites.

La temperatura de entrada del aire varía de 5°F a 20°F por debajo de la temperatura deseada. La temperatura de entrada debe de ser por regla general 2°F por debajo de la temperatura del cuarto por cada pie entre el piso y el techo..

Los esquemas de la fig. 2.11 muestran como se puede manejar el aire requerido en un espacio por refrigerar. Una vez obtenida la carga de refrigeración de un espacio, la cantidad de aire se calcula tomando en cuenta la carga del calor sensible.

$$Q_s = MC_p(T_r - T_d)$$



donde  $Q_s$ - ganancia de calor sensible en BTU/hr

$M$ - aire suministrado en lb/hr

$T_1$ - temperatura del espacio en °F (BS)

$T_2$ - temperatura de entrada al espacio en °F (BS).

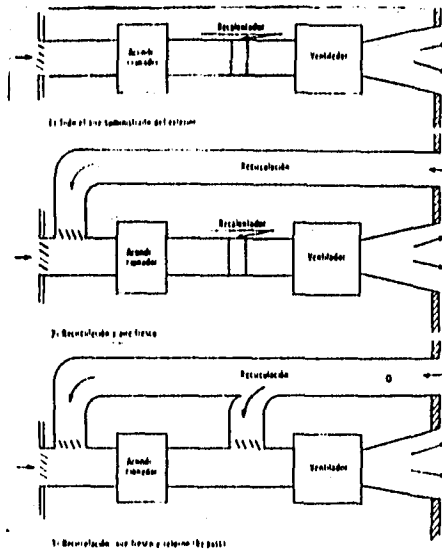


Fig. 2.11 Instalaciones para manejar el aire requerido para un espacio por acondicionar.

#### 2.2.4.2 Carga de refrigeración tratándose de refrigeración industrial.

El cálculo de la carga de refrigeración, para el caso presente, es similar que para el aire acondicionado, excepto dos o tres partidas que se mencionarán a continuación.

Las cargas más comunes son:

##### 2.2.4.2.1 Transmisión de calor a través de barreras. (Ver punto 2.2.4.1.1).

##### 2.2.4.2.2 Ganancia de calor debida al efecto solar.

Se recomienda tomar en cuenta la ganancia de calor debida al efecto solar incrementando la diferencia entre la temperatura de diseño exterior y la del diseño interior, al calcular la ganancia por transmisión en barreras, debido a la diferencia de temperaturas, o sea:

$$Q_1 = UA(T_e - T_i + K)$$

donde K es el incremento en °F, debido al efecto solar y que se encuentra tabulada de acuerdo con la orientación y calor de la pared. (Ver apéndice).

#### **2.2.4.2.3 Ganancia de calor debida a la infiltración de aire.**

En los frigoríficos industriales por lo general no tienen ventanas y las puertas están selladas de tal manera que no existe la infiltración por ranuras. Sin embargo, se acostumbra tomar en cuenta los cambios de aire debido a aberturas de puertas y filtración de aire. En tablas (ver apéndice), pueden verse los cambios promedio de aire en 24 horas que pueden esperarse en un almacén de acuerdo con el volumen del cuarto y con la temperatura.

#### **2.2.4.2.4 Ganancia de calor debida a las personas. (Ver punto 2.2.4.1.4).**

#### **2.2.4.2.5 Ganancia de calor debida al equipo misceláneo. (Ver punto 2.2.4.1.5).**

#### **2.2.4.2.6 Ganancia de calor debida al aire por ventilación.**

Tratándose de refrigerar ciertos productos, en muchas ocasiones se requiere de una ventilación especial, así como controlar rigurosamente la humedad del aire para preservar el producto a refrigerar. Una vez que se tiene la cantidad de aire de ventilación, se calcula la ganancia correspondiente.

#### **2.2.4.2.7 Ganancia de calor debida a los productos por refrigerar.**

##### **2.2.4.2.7.1 Calor sensible arriba del punto de congelación.**

Cuando un producto entra a un espacio refrigerado, con una temperatura mayor que la del propio espacio, el producto cede calor hasta que se enfría a la temperatura del ambiente. Cuando esa temperatura está arriba del

punto de congelación, el calor cedido ( $Q_1$ ) se llama "*calor sensible arriba del punto de congelación*", y se calcula como sigue:

$$Q_1 = WC_1(T_2 - T_1)$$

donde  $Q_1$ - calor cedido en BTU/hr

$C_1$ - calor específico del producto en BTU/(lb·°F) arriba del punto de congelación.

$W$ - peso del producto manejado en lb/hr

$T_1$ - temperatura del espacio en °F

$T_2$ - temperatura de entrada en °F.

#### 2.2.4.2.7.2 Calor latente de congelación.

Si el producto se congela, éste cederá su calor latente mientras cambia de estado a la temperatura de congelación.

$$Q_2 = WH_c$$

donde  $Q_2$ - calor latente de congelación cedido al espacio en BTU/hr

$W$ - peso del producto en lb/hr

$H_c$ - calor latente de congelación del producto en BTU/lb.

#### 2.2.4.2.7.3 Calor sensible por debajo del punto de congelación.

Cuando se requiere refrigerar el producto por debajo del punto de congelación, la carga de calor se calcula de la siguiente manera:

$$Q_3 = WC_2(T_c - T_1)$$

donde  $Q_3$ - calor cedido en BTU/hr

$C_2$ - calor específico del producto por debajo del punto de congelación en BTU/(lb·°F)

$T_c$ - temperatura de congelación en °F.

$T_3$ - temperatura final en °F.

#### 2.2.4.2.8 Ganancia de calor debida al calor por respiración de algunos productos.

Los vegetales y las frutas se encuentran aún vivas después de ser cortadas y continúan sufriendo cambios metabólicos en el lugar de almacenamiento.

El cambio más importante, se debe a la respiración, proceso durante el cual el oxígeno del aire se combina con los carbohidratos resultando bióxido de carbono y calor. El calor que se obtiene se llama "calor de respiración" y debe considerarse para la carga total de refrigeración.

$$Q = WR$$

donde Q- calor de respiración en BTU/hr

W- peso del producto en lb

R- calor por respiración en BTU/(lb-hr)

#### 2.2.4.2.9 Ganancia de calor debida a la descongelación del evaporador.

La temperatura del evaporador, a veces es más baja que la del punto de congelación de la humedad del aire, por lo que en los serpentines se forma una capa de hielo, que baja la transmisión del calor y, por lo tanto, la eficiencia. Es pues, indispensable eliminar esa capa de hielo, lo cual se lleva a cabo de varias maneras.

##### 2.2.4.2.9.1 Descongelamiento cuando se interrumpe el ciclo.

Este sistema consiste en dejar recircular el líquido antes de la expansión durante el tiempo necesario para que se realice el descongelamiento total. Este sistema consume bastante tiempo y, por lo tanto, se requiere recuperar la carga pérdida durante ese lapso.

#### 2.2.4.2.9.2 Descongelamiento con agua.

En este sistema se interrumpe el ciclo y se hace pasar agua por el exterior del serpentín hasta que se descongela.

#### 2.2.4.2.9.3 Descongelamiento automático.

En este caso se calientan los tubos del evaporador, por medios ajenos al sistema, como calentadores eléctricos, de agua caliente o gases calientes que salen del compresor.

Como en todos los sistemas descritos se interrumpe el ciclo, por lo tanto, se requiere recuperar el calor que se dejó de absorber durante ese tiempo. Supongamos que el tiempo que se interrumpe un sistema es de dos horas diarias, entonces:

$$\frac{\text{Carga modificada}}{h} = \frac{\text{Carga calculada en 24 horas}}{22}$$

#### 2.2.4.2.10 Ganancia de calor debida a las envolturas o envases.

Cuando el producto esta contenido en botellas, cajas, envolturas, etc., el calor cedido por éstos debe considerarse en el cálculo de la carga total

$$Q = WC_e(T_2 - T_1)$$

donde Q- calor en BTU/hr.

$C_e$ - calor específico del material en BTU/(lb °F).

$T_2$ - temperatura de entrada en °F.

$T_1$ - temperatura de salida en °F.

# **CAPITULO 3**

## **DISEÑO DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA.**

### ***3.1 Datos generales del proyecto.***

El horario en el cual trabajan las bóvedas es de 24 horas al día. De acuerdo a las recomendaciones para el diseño de cámaras frigoríficas tenemos que el número de watts de luz y equipo por pie<sup>2</sup> es de 2 y 1 respectivamente.

Debido a que las bóvedas se encuentran en la ciudad de México, D.F., la altura sobre el nivel del mar es de 2,200 metros y la presión barométrica es de 22.9 pulgadas de mercurio, con 19° de latitud. La temperatura de bulbo seco y húmedo exterior para este caso son de 89°F (31.6°C) y 64°F (17.7°C), respectivamente; la temperatura de diseño de bulbo seco interior es de 45°F (7.22°C) y la humedad relativa de diseño interior es de 30%.

### ***3.2 Tipo de sistema.***

El sistema empleado para las bóvedas es uno de volumen de aire constante y temperatura variable, es decir, el caudal de aire que es inyectado a las bóvedas permanece constante, mientras que la temperatura varía de acuerdo con la diversidad de la carga.

### 3.2.1 Propiedades del sistema.

El sistema de inducción a volumen constante posee muchas propiedades favorables, entre las que destaca: control individual de la temperatura del local; flexibilidad en el diseño de distribución de aire; suministro de aire primario, mantenimiento y deshumidificación centralizados; sistema simplificado de control; economía de funcionamiento y eficiencia de filtraje entre otras.

El sistema consta de una unidad central, compuesta por una unidad generadora de agua refrigerada (UGAR) con condensador enfriado por aire. Este equipo se encarga de enfriar el agua a 25°F (-3.8°C). Para evitar daño alguno en la tubería o en los equipos por congelamiento, se le agrega al agua una mezcla de etileno glicol al 25% para bajar su punto de congelación. Esta agua enfriada es bombeada por una bomba centrífuga a las unidades manejadoras de aire, las cuales se encargan de abastecer del aire necesario para que el cuarto mantenga la temperatura deseada. Esto se efectúa mediante una válvula mezcladora de tres vías, actuada por un motor modulante y gobernada por un termostato que garantiza la temperatura en el cuarto. El funcionamiento de esta válvula es dejar pasar menor o mayor cantidad de agua refrigerada hacia el serpentín de la manejadora de aire, cuando el agua no pasa por el serpentín y regresa a la misma temperatura a la UGAR ésta corta su capacidad hasta que se requiera más agua refrigerada en las manejadoras de aire.

El aire que inyecta la manejadora de aire, es distribuido a toda la bóveda a través de una red de ductos, lo cual hace que este aire se reparta en forma uniforme en toda la bóveda. El retorno de aire a la manejadora es de tipo abierto, esto es, que no lleva ductería.

La bomba está ubicada en la azotea junto con la UGAR, mientras que cada una de las manejadoras se encuentra en su bóveda respectiva. Las manejadoras de aire están conectadas a la bomba y a la UGAR, a través de tubería, la que se diseñó del tipo de retorno inverso que nos permite igualar presiones y por lo tanto seleccionar una bomba de menor cabalaje, reflejándose esto en un ahorro en la energía eléctrica.



### 3.3 Cálculos.

#### 3.3.1 Cálculo de coeficiente U de conductividad térmica.

##### 3.3.1.1 Muros bóvedas A, C, D y E.

De acuerdo con tablas para cada material tenemos un coeficiente U. Para el caso de los muros de las bóvedas, primero se considera una superficie de aire exterior con resistencia (R) de  $0.685 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ , luego se considera ya la formación del muro; éste está constituido por una capa de una pulgada de cemento ( $0.200 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), 5.51 pulgadas de ladrillo ( $1.102 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), 0.08 pulgadas de fieltro permeable ( $0.060 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), dos pulgadas de poliuretano expandido ( $12.5 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ) y una pulgada de materiales agregados ( $0.190 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ); por último se considera una superficie de aire interior ( $0.167 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ). La suma de todas las R's de los diferentes materiales nos da la R total de  $14.904 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$  con un espesor de pared total de 9.59 pulgadas. Por lo tanto el coeficiente U para los muros es el inverso de la resistencia R y es igual a  $0.0671 \text{ BTU}/(\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F})$ .

##### 3.3.1.2 Techo bóvedas A, C, D y E.

Procediendo de la misma manera que para los muros, se tiene: una superficie de aire exterior ( $0.685 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), una capa de cemento de una pulgada ( $0.200 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), una capa de yeso de 4.90 pulgadas ( $0.392 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), una placa de concreto agregado de arena y grava de 4.70 pulgadas ( $0.373 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), 0.08 pulgadas de fieltro permeable ( $0.060 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), dos pulgadas de poliuretano expandido ( $12.5 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), una pulgada de materiales agregados ( $0.190 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ) y por último una superficie de aire interior ( $0.167 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ). Con estos datos tenemos una R total de  $14.570 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$  con un espesor de 13.68 pulgadas; por lo tanto el coeficiente U para el techo es de  $0.0686 \text{ BTU}/(\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F})$ .

##### 3.3.1.3 Muros bóveda B.

Para la bóveda B se tiene un diferente tipo de muro, el cual consta de una superficie de aire exterior ( $0.685 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), una capa de media pulgada de cemento ( $0.100 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), seis pulgadas de ladrillo ( $1.200 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), una pulgada de materiales agregados ( $0.860 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ) y por último se considera una

superficie de aire interior ( $0.167 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ); teniendo como valor total de resistencia  $3.012 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$  con un espesor de pared de siete y media pulgadas. Por lo tanto el coeficiente de conductividad térmica total es de  $0.3435 \text{ BTU}/(\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F})$ .

#### **3.3.1.4 Techo bóveda B.**

Al igual que los muros, el techo de la bóveda B es diferente del de las demás bóvedas, éste está constituido por una superficie de aire exterior ( $0.685 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), una pulgada de cemento ( $0.200 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), seis pulgadas de tezontle relleno para azoteas ( $5.280 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), 4.70 pulgadas de concreto agregado de arena y grava ( $0.376 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ), una pulgada de materiales agregados ( $0.860 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ) y por último se considera la superficie de aire interior ( $0.167 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ); dándonos como valor total de  $R$   $7.568 \text{ hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}/\text{BTU}$ , con un espesor de pared de 12.70 pulgadas. Por lo tanto, el valor del coeficiente  $U$  es de  $0.1321 \text{ BTU}/(\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F})$ .

### **3.3.2 Cálculo de la carga térmica para las bóvedas.**

#### **3.3.2.1 Bóvedas A, C, D y E.**

En las bóvedas A, C, D y E, el material a almacenar es película a color, las dimensiones aproximadas de estas bóvedas son de 53.3 ft de largo, 53.3 ft de ancho y 17 ft de alto. Las condiciones de diseño son: temperatura de bulbo seco exterior  $89^\circ\text{F}$ , temperatura de bulbo húmedo exterior  $63^\circ\text{F}$ ; tomando las mismas temperaturas para el aire de infiltración. La temperatura de bulbo seco interior se desea de  $45^\circ\text{F}$  con una humedad relativa del 30%.

##### **3.3.2.1.1 Bóveda A.**

###### **3.3.2.1.1.1 Carga por transmisión.**

Para la bóveda A tenemos cuatro paredes, una partición, techo y piso. Se considera que las paredes orientadas al Norte y al Sur tienen menos transmisión de calor debido a que es en las paredes Este y Oeste en las que el sol ejerce más influencia, por lo tanto, para las paredes Norte y Sur se agregan dos grados a la diferencia de temperatura, mientras que a las paredes Oeste y Este se les agregan cuatro grados a la diferencia de temperatura:

para la partición no se le suma nada debido a que no está en contacto directo con el sol. Para el techo que tiene mayor contacto con el sol se le suman nueve grados a la diferencia y para el piso se toma una diferencia de temperaturas de dieciocho grados. Por lo tanto, tenemos:

$$Q = UA(\Delta T),$$

	Área (A)	Coefficiente U	Dif. temp. ( $\Delta T$ )	Carga en 24 hr.
	[F <sup>2</sup> ]	[BTU/(hr·ft <sup>2</sup> ·°F)]	[°F]	[BTU/24 hr]
Pared Sur	933	0.067	44+2	69,012
Pared Oeste	808	0.067	44+4	62,364
Pared Este	612	0.067	44+4	47,237
Pared Norte	541	0.067	44+2	40,018
Partición	612	0.067	44+0	43,301
Techo	2,862	0.068	44+9	247,550
Piso	2,841	0.213	18	261,418
<b>Carga total por transmisión</b>				<b>770,900</b>

### 3.3.2.1.1.2 Carga interna.

La carga interna para la bóveda, se calcula de la siguiente manera: la máxima cantidad de personas que estarán adentro de la cámara es de cuatro, de acuerdo con tablas para la temperatura de 45°F el factor de carga es de 780 BTU/persona; estas personas se encontraran en un promedio de cuatro horas por día, por lo tanto la carga debida a personas es:

$$Q = (\# \text{ de gentes}) (\text{Factor de carga en BTU/persona}) (\# \text{ de horas})$$

$$Q = (4) (780) (4) = 12,480 \text{ BTU/24 hr.}$$

Para el motor, la carga derivada de éste se calcula de la siguiente forma:

$$Q = (\text{HP}) (\text{Factor de carga en BTU/HP}) (\# \text{ de horas})$$

$$\therefore Q = (1) (3750) (24) = 90,000 \text{ BTU/24 hr.}$$

La carga debida a las luces y otros equipos se calcula así:

$$Q = (\text{Watts}) (3.413) (\# \text{ de horas})$$

$$\therefore \text{ para las luces } Q = (5,681)(3.413)(4) = 77,557 \text{ BTU/24 hr.}$$

$$\text{Y para el deshumidificador } Q = (1,158)(3.413)(24) = 94,854 \text{ BTU/24 hr.}$$

Entonces la carga total interna es de  $Q = 274,891 \text{ BTU/24 hr.}$

### 3.3.2.1.1.3 Carga por infiltraciones.

Para calcular la carga por infiltraciones, se necesita utilizar la carta psicrométrica o las ecuaciones psicrométricas para poder conocer las entalpías y densidades del aire exterior (infiltración) y del aire del cuarto (refrigerado).

Para el aire de infiltración, tenemos una temperatura de bulbo seco de 89°F y de bulbo húmedo de 63°F, por lo que el diagrama psicrométrico nos da una entalpía de 23.7 BTU/lb y una densidad de 0.055 lb/ft<sup>3</sup>. Para el aire refrigerado tenemos una temperatura de bulbo seco de 45°F y una humedad relativa del 30%, por lo tanto la entalpía de este aire es de 13.2 BTU/lb y la densidad de 0.059 lb/ft<sup>3</sup>.

El método utilizado para el cálculo de la carga por infiltración es el del área de puerta, el cual es el más recomendable para este tipo de cargas:

$$Q = 60VA(h_e - h_r)\rho_e$$

donde Q- carga de refrigeración sensible y latente [BTU/hr],

V- promedio de velocidad del aire [ft/min],

A- área de la puerta [ft<sup>2</sup>],

$h_i$ - entalpia del aire de infiltración [BTU/lb],

$h_r$ - entalpia del aire refrigerado [BTU/lb].

$\rho_r$ - densidad del aire refrigerado [lb/ft<sup>3</sup>]

$$\therefore Q = (60)(60)(6.8 \times 3.3)(23.7 - 13.2)(0.059) = 50,153 \text{ BTU/hr}$$

La carga total de infiltración se calcula de la siguiente manera:

$$Q = 50,153 (1)(0.75)(1 - 0.8) = 7,523 \text{ BTU/24 hr.}$$

donde el 0.75 representa el 75% del flujo a través de la puerta y el 0.8 el 80% de la eficiencia de la protección en la puerta; y el 1 es el numero de horas que ocurre la infiltración en un día.

#### **3.3.2.1.1.4 Carga debida al compresor.**

Esta carga se calcula de acuerdo a cuanto tiempo va a estar trabajando el compresor durante un día y es un factor de la carga total debida a transmisión, interna e infiltración.

$$Q_c = (\Sigma Q_i) (24/\# \text{ de horas} - 1)$$

$$Q_c = (1'053,314)(24/18 - 1) = 351,105 \text{ BTU/24 hr.}$$

#### **3.3.2.1.1.5 Carga de seguridad.**

Para esta carga se utiliza un factor de seguridad del 10%, por lo tanto esta carga es del 10% de la carga total debida a transmisión, a la carga interna, a la infiltración y al compresor.

$$Q = 0.10(1'404,419) = 140,442 \text{ BTU/24 hr.}$$

Por lo tanto la carga total es de **Q= 1'544,861 BTU/24 hr** equivalente a **5.364 T.R.**

### 3.3.2.1.2 Bóveda C.

#### 3.3.2.1.2.1 Carga por transmisión.

Para la bóveda C procedemos de la misma manera que par la bóveda A, por lo cual:

$$Q = UA(\Delta T),$$

	Área (A)	Coefficiente U	Dif. temp.( $\Delta T$ )	Carga en 24 hr.
	[F <sup>2</sup> ]	[BTU/(hr-ft <sup>2</sup> -°F)]	[°F]	[BTU/24 hr]
Pared Sur	933	0.067	44+2	69,012
Pared Norte	808	0.067	44+2	59,766
Pared Oeste	612	0.067	44+4	47,237
Pared Este	541	0.067	44+4	41,757
Partición	612	0.067	44+0	43,301
Techo	2,862	0.068	44+9	247,550
Piso	2,841	0.213	18	261,418
Carga total por transmisión				770,041

#### 3.3.2.1.2.2 Carga interna.

La carga interna para la bóveda C es idéntica a la de la bóveda A, por lo tanto:

La carga total interna es de Q= 274,891 BTU/24 hr.

#### 3.3.2.1.2.3 Carga por infiltraciones.

La carga por infiltraciones es igual a la bóveda anterior, entonces:

La carga total de infiltración es de  $Q = 7,523$  BTU/24 hr.

#### 3.3.2.1.2.4 Carga debida al compresor.

Esta carga se calcula de acuerdo a cuanto tiempo va a estar trabajando el compresor durante un día y es un factor de la carga total debida a transmisión, interna e infiltración.

$$Q_c = (\Sigma Q_i) (24/\# \text{ de horas} - 1)$$

$$Q_c = (1'052,455)(24/18-1) = 350,818 \text{ BTU/24 hr.}$$

#### 3.3.2.1.2.5 Carga de seguridad.

Para esta carga se utiliza un factor de seguridad del 10%, por lo tanto esta carga es del 10% de la carga total debida a transmisión, a la carga interna, a la infiltración y al compresor.

$$Q = 0.10(1'403,273) = 140,327 \text{ BTU/24 hr.}$$

Por lo tanto la carga total es de  $Q = 1'543,600$  BTU/24 hr equivalente a **5.359 T.R.**

#### 3.3.2.1.3 Bóveda D.

##### 3.3.2.1.3.1 Carga por transmisión.

Para la bóveda D la carga interna es semejante a la bóveda anterior, por lo tanto:

$$Q = UA(\Delta T),$$

	Área (A)	Coefficiente U	Dif. temp. ( $\Delta T$ )	Carga en 24 hr.
	[F <sup>2</sup> ]	[BTU/(hr-ft <sup>2</sup> -°F)]	[°F]	[BTU/24 hr]
Pared Oeste	933	0.067	44+4	72,013
Pared Norte	808	0.067	44+2	59,766
Pared Sur	612	0.067	44+2	45,268

Pared Este	541	0.067	44+4	41,757
Partición	612	0.067	44+0	43,301
Techo	2,862	0.068	44+9	247,550
Piso	2,841	0.213	18	261,418
Carga total por transmisión				771,073

### 3.3.2.1.3.2 Carga Interna.

La carga interna para la bóveda D es idéntica a las anteriores, por lo cual:

La carga total interna es de  $Q = 274,891 \text{ BTU/24 hr.}$

### 3.3.2.1.3.3 Carga por Infiltraciones.

La carga por infiltraciones es igual a la bóveda anterior, entonces:

La carga total de infiltración es de  $Q = 7,523 \text{ BTU/24 hr.}$

### 3.3.2.1.3.4 Carga debida al compresor.

Esta carga se calcula de acuerdo a cuánto tiempo va a estar trabajando el compresor durante un día y es un factor de la carga total debida a transmisión, interna e infiltración.

$$Q_c = (\Sigma Q_i) (24/\# \text{ de horas} - 1)$$

$$Q_c = (1'053,487)(24/18-1) = 351,162 \text{ BTU/24 hr.}$$

### 3.3.2.1.3.5 Carga de seguridad.

Para esta carga se utiliza un factor de seguridad del 10%, por lo tanto esta carga es del 10% de la carga total debida a transmisión, a la carga interna, a infiltración y al compresor.

$$Q = 0.10(1'404,649) = 140,465 \text{ BTU/24 hr.}$$



Por lo tanto la carga total es de  $Q = 1'545,114 \text{ BTU}/24 \text{ hr}$  equivalente a 5.365 T.R.

### 3.3.2.1.4 Bóveda E.

#### 3.3.2.1.4.1 Carga por transmisión.

Para la bóveda E procedemos de la misma manera que para las anteriores, por lo tanto:

$$Q = UA(\Delta T),$$

	Área (A) [F <sup>2</sup> ]	Coefficiente U [BTU/(hr-ft <sup>2</sup> -°F)]	Dif. temp.(ΔT) [°F]	Carga en 24 hr. [BTU/24 hr]
Pared Este	933	0.067	44+4	72,013
Pared Norte	808	0.067	44+2	59,766
Pared Sur	612	0.067	44+2	45,268
Pared Oeste	541	0.067	44+4	41,757
Partición	612	0.067	44+0	43,301
Techo	2.862	0.068	44+9	247,550
Piso	2,841	0.213	18	261,418
<b>Carga total por transmisión</b>				<b>771,073</b>

#### 3.3.2.1.4.2 Carga Interna.

La carga interna para la bóveda E es idéntica a las anteriores, por lo tanto:

La carga total interna es de  $Q = 274,891 \text{ BTU}/24 \text{ hr}$ .

#### 3.3.2.1.4.3 Carga por infiltraciones.

La carga por infiltraciones es igual a la bóveda anterior, entonces:

La carga total de infiltración es de  $Q = 7,523 \text{ BTU/24 hr.}$

#### **3.3.2.1.4.4 Carga debida al compresor.**

Esta carga se calcula de acuerdo a cuánto tiempo va a estar trabajando el compresor durante un día y es un factor de la carga total debida a transmisión, interna e infiltración.

$$Q_c = (\Sigma Q_i) (24/\# \text{ de horas} - 1)$$

$$Q_c = (1'053,487)(24/18-1) = 351,162 \text{ BTU/24 hr.}$$

#### **3.3.2.1.4.5 Carga de seguridad.**

Para esta carga se utiliza un factor de seguridad del 10%, por lo tanto esta carga es del 10% de la carga total debida a transmisión, a la carga interna, a infiltración y al compresor.

$$Q = 0.10(1'404,649) = 140,465 \text{ BTU/24 hr.}$$

Por lo tanto la carga total es de  **$Q = 1'545,114 \text{ BTU/24 hr}$**  equivalente a **5.365 T.R.**

#### **3.3.2.2 Bóveda B.**

El material a almacenar en esta bóveda son cartelones, los cuales no requieren de una temperatura tan baja como las películas a color, por lo tanto en esta bóveda la carga no se trata de refrigeración, sino de aire acondicionado. Las dimensiones de esta bóveda son 40.4 ft de ancho, 40.4 ft de largo y 15.7 ft de alto.

Para la ciudad de México, D.F., de acuerdo con tablas, la hora pico es a las 18:00 horas del mes de julio; debido al acumulamiento de calor durante el transcurso del día, para este mes la temperatura de bulbo seco y húmedo exterior son de 90°F y 65°F respectivamente. Las condiciones a las cuales va a estar la bóveda interiormente son de 45% de humedad relativa y 72°F de temperatura de bulbo seco.

Los granos de agua por libra de aire, también llamados como humedad específica. Para definir la cantidad específica de humedad en el aire, usamos su peso comparado con el del aire. Esto es como contar las moléculas de agua y sumar su peso en conjunto. El peso es medido en granos, y hay 7,000 granos en una libra.

Este valor puede ser encontrado en algunas cartas psicrométricas. Otras cartas nos proporcionan el radio de humedad, que es la masa del agua dividida por la masa de aire; lo que nos enseña lo mismo, ya que si se multiplica por 7,000 se convierte el radio de humedad en granos de agua por libra de aire.

La diferencia de granos interior con exterior está dada por la carta psicrométrica y tiene un valor de 14.73 granos de humedad. El factor de corrección para temperaturas de diseño interior, exterior y rango promedio diario diferentes de 78°, 85° y 21°F respectivamente, se calcula:

$$IO = ODB - \{(0.5 \cdot DR) + T_i + (85 - 78)\},$$

donde IO- factor de corrección (°F),

OBD- temperatura de bulbo seco exterior, (°F)

DR- rango promedio diario (°F)

T<sub>i</sub>- temperatura de bulbo seco interior, (°F).

$$IO = 90 - \{(0.5 \cdot 20) + 72 + (85 - 78)\} = 1$$

### 3.3.2.2.1 Carga por transmisión.

Para la bóveda B tenemos:

$$Q = cUA(\Delta T),$$

donde Q- ganancia debida a techo, paredes o particiones (BTU/hr),

c- factor de color del techo, pared o partición.

U- coeficiente de conductividad térmica (BTU/(hr·ft²·°F)),

A- área de la superficie (ft²).

ΔT- diferencia de temperatura para techo, pared o partición (°F).

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Para el techo:

$$\Delta T = [(\Delta T_i + LM) \cdot K + IO] \cdot f$$

donde  $\Delta T$ - diferencia de temperatura para techos corregido ( $^{\circ}\text{F}$ ),

$\Delta T_i$ - diferencia de temperatura para techos (de tablas) ( $^{\circ}\text{F}$ ),

LM- corrección por latitud debida al mes ( $^{\circ}\text{F}$ ),

K- ajuste por color,

IO- factor de corrección ( $^{\circ}\text{F}$ ),

f- factor por ductos sobre el techo.

$$\Rightarrow \Delta T = [(66+1)(1) + 1] \cdot 1 = 67^{\circ}\text{F}$$

$$\therefore Q = (1)(0.132)(1,632)(67) = 14,433 \text{ BTU/hr.}$$

Para las paredes tenemos:

$$\Delta T = (\Delta T_i + LM) \cdot K + IO$$

donde  $\Delta T$ - diferencia de temperatura para paredes corregido ( $^{\circ}\text{F}$ ),

$\Delta T_i$ - diferencia de temperatura para paredes (de tablas) ( $^{\circ}\text{F}$ ),

LM- corrección por latitud debida al mes ( $^{\circ}\text{F}$ ),

K- ajuste por color,

IO- factor de corrección ( $^{\circ}\text{F}$ ).

Para la pared Sudeste:

$$\Rightarrow \Delta T = [(33-4)(1) + 1] = 30^{\circ}\text{F}$$

$$\therefore Q = (0.833)(0.343)(757)(30) = 6,491 \text{ BTU/hr.}$$

Para la pared Sudoeste:

$$\Rightarrow \Delta T = [(43-4)(1) + 1] = 40^\circ\text{F}$$

$$\therefore Q = (0.833)(0.343)(752)(40) = 8,598 \text{ BTU/hr.}$$

Para la pared Noroeste:

$$\Rightarrow \Delta T = [(32+3)(1) + 1] = 36^\circ\text{F}$$

$$\therefore Q = (0.833)(0.343)(850)(36) = 8,747 \text{ BTU/hr.}$$

Para la pared Noreste:

$$\Rightarrow \Delta T = [(26+3)(1) + 1] = 30^\circ\text{F}$$

$$\therefore Q = (0.833)(0.343)(360)(30) = 3,087 \text{ BTU/hr.}$$

Para la partición:

$$Q = (1)(0.343)(1,489)(10) = 5,107 \text{ BTU/hr.}$$

La carga total por transmisión es de  $Q = 46,463 \text{ BTU/hr.}$

### 3.3.2.2.2 Carga Interna.

De acuerdo con las especificaciones para este cálculo se recomienda un factor de dos watts de luz por  $\text{ft}^2$  y un watt de equipo por  $\text{ft}^2$ ; la fórmula empleada para la ganancia debido a la luz y equipo es:

$$Q = 3.41 \cdot W$$

donde  $Q$ - ganancia debida a las luces o equipos (BTU/hr),

3.41- factor de conversión (BTU/hr/watt),

W- watts de luz o equipos.

$$\Rightarrow Q = 3.41 (2)(1,632) = 11,130 \text{ BTU/hr para las luces y}$$

$$Q = 3.41 (1,632) = 5,565 \text{ BTU/hr para equipos.}$$

La ganancia debida a la gente, se calcula de la siguiente manera:

$$Q = p \cdot G$$

donde Q- ganancia debida a la gente (BTU/hr),

p- promedio de gente en el espacio (persona),

G- ganancia de calor sensible o latente por persona (de tablas) (BTU/hr/persona).

Por lo que la ganancia sensible de calor es de  $Q = 3(255) = 765 \text{ BTU/hr}$ ; y la ganancia latente es de  $Q = (3)(255) = 765 \text{ BTU/hr}$ .

Por lo tanto la ganancia sensible total interna es de  $Q = 17,460 \text{ BTU/hr}$  y la ganancia de calor latente total interna es de  $Q = 765 \text{ BTU/hr}$ .

### 3.3.2.2.3 Carga por infiltraciones.

Para ésta, se calculan las infiltraciones solamente para el verano:

$$CFM = (AC \cdot W \cdot L \cdot H) / 60$$

donde CFM- volumen de aire infiltrado (ft<sup>3</sup>/min),

AC- cambios de aire por hora según diseño,

W- ancho de la zona (ft),

L- longitud de la zona (ft),

H- altura de la zona (ft),

$$\Rightarrow \text{CFM} = [(0.10)(40.4)(40.4)(15.7)]/60 = 43 \text{ ft}^3/\text{min}$$

La ganancia de calor sensible es:

$$Q = 1.1 \cdot \text{CFM} \cdot \Delta T \cdot F$$

donde Q- ganancia sensible debida a infiltraciones (BTU/hr),

CFM- volumen de aire infiltrado (ft<sup>3</sup>/min),

$\Delta T$ - diferencia de temperatura interior exterior para la hr pico (°F),

F- factor de altitud.

$$Y \quad F = P/29.921$$

$$\Rightarrow F = 22.784/29.921 = 0.7615$$

La temperatura de bulbo seco para la hora pico es:

$$\text{OT(hora)} = \text{OTD} \cdot (M \cdot F/100)$$

donde OT(hora)- temperatura exterior a la hora indicada (°F),

OTD- temperatura exterior de diseño (°F),

M- rango promedio diario (°F),

F- factor de reducción dependiendo de la hora del día (de tablas).

$$\text{OT}(18) = 90 \cdot (20 \cdot 21/100) = 85.8 = 86^\circ\text{F}.$$

$$\Rightarrow Q = 1.1(43)(86-72)(0.7615) = 504 \text{ BTU/hr}$$

La ganancia de calor latente es:

$$Q = 0.68 \cdot \text{CFM} \cdot \Delta G \cdot F$$

donde  $Q$ - ganancia latente debida a infiltraciones (BTU/hr).

CFM- volumen de aire infiltrado (ft<sup>3</sup>/min),

$\Delta G$ - diferencia del radio de humedad interior y exterior (granos de humedad),

F- factor de altitud.

$$Q = 0.68 (43)(14.73)(0.7615) = 328 \text{ BTU/hr.}$$

#### 3.3.2.4 Carga de seguridad.

Para esta carga se utiliza un factor de seguridad del 10%, por lo tanto esta carga es el 10% de la carga total debida a transmisión, a la carga interna y a la infiltración.

$$Q_s = 0.10 (64,427) = 6,443 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_i = 0.10 (1,093) = 109 \text{ BTU/hr}$$

Por lo tanto la carga total es de  $Q = 72,072 \text{ BTU/hr}$ , equivalente a **6.01 T.R.**

### 3.3.3 Cálculo de la humedad a remover.

#### 3.3.3.1 Transmisión de vapor al espacio deshumidificado.

Para los muros, techo y piso la fórmula empleada es:

$$W_p = f \cdot A \cdot \Delta P,$$

donde  $W_p$ - carga por transmisión en granos/hr.

f- factor de permeabilidad en granos/(hr-ft<sup>2</sup>-in Hg)

A- área en ft<sup>2</sup>.



$\Delta P$ - diferencia de presión de vapor en pulgadas de mercurio.

Por lo tanto, para las paredes tenemos  $W_p = (0.29) (3,506) (0.90) = 915.07$  granos/hr

Para el techo,  $W_p = (0.21) (2,862) (0.90) = 540.92$  granos/hr

Para el piso,  $W_p = (0.38) (2,841) (0.90) = 971.62$  granos/hr.

La carga total es la sumatoria de las anteriores  $W_p = 2,427.61$  granos/hr.

### **3.3.3.2 Carga por personas.**

De acuerdo con tablas, tenemos un factor de carga por persona de 2,000 granos/hr, como solamente va a estar una persona a la vez en el interior, entonces  $W_p = 2,000$  granos/hr.

### **3.3.3.3 Carga por infiltraciones.**

La carga por infiltraciones se divide en dos partes, la primera debida a las puertas y la segunda debida a las rendijas en puertas y ventanas, para este caso sólo en puertas ya que las bóvedas no tienen ventanas. Para la puerta la fórmula empleada es:

$$W_i = V \cdot A \cdot d \cdot m \cdot \Delta \text{ granos/lb}$$

donde  $W_i$  - carga por infiltración en granos/hr.

$V$  - velocidad en ft/min.

$A$  - área de la puerta en ft<sup>2</sup>.

$d$  - densidad en lb/ft<sup>3</sup>.

$m$  - minutos que la puerta está abierta en min/hr.

$$\Rightarrow W_i = (8.5) (22.44) (0.054) (2.5) (142.86) = 3,678.63 \text{ granos/hr.}$$

Para las rendijas tenemos:

$$W_i = v \cdot h \cdot d \cdot \Delta \text{ granos/lb,}$$

donde  $W_i$ - carga por infiltración en granos/hr,

$v$ - factor de uso para puertas en  $\text{ft}^3/\text{hr}/\text{ft}$ ,

$h$ - longitud de las rendijas en ft,

$d$ - densidad en  $\text{lb}/\text{ft}^3$ .

$$W_i = (20) (3.28) (0.054) (142.86) = 506.07 \text{ granos/hr.}$$

La carga total por infiltraciones es la suma de las dos anteriores  $W_i = 4,184.70$  granos/hr.

La carga total de humedad a remover es la sumatoria de las anteriores, lo que nos da una carga total de

$$W = 8,612.3 \text{ granos/hr.}$$

$$\underline{W = 1.23 \text{ lb/hr.}}$$

### 3.3.4 Diseño de ductos.

Para el diseño de los ductos, primero calculamos la presión barométrica para la altura de la ciudad de México:

$$P = (407.1894) [1 - (6.8754 \text{E} - 6 \text{H})]^{5.2561}$$

donde  $P$ - presión barométrica (in  $\text{H}_2\text{O}$ ) y

$H$ - altura sobre el nivel del mar (ft)

$$\Rightarrow P = (407.1894) [1 - (6.8754 \text{E} - 6)(7500)]^{5.2561} = 308.29 \text{ in } \text{H}_2\text{O.}$$

Ahora calculamos la densidad del aire con esta presión:

$$\rho = P / [(T + 460) \cdot 10.26563],$$

donde  $\rho$ - densidad del aire (lb/ft<sup>3</sup>),

P- presión barométrica (in H<sub>2</sub>O) y

T- temperatura del aire (°F),

$$\Rightarrow \rho = 308.29 \cdot [(45+460) \cdot 10.26563] = 0.0595 \text{ lb/ft}^3.$$

### 3.3.4.1 Condiciones psicrométricas bóvedas A, C, D y E.

De acuerdo con la carta psicrométrica ajustada para la presión y altura sobre el nivel del mar de la ciudad de México, tenemos que para el aire exterior con la temperatura de bulbo seco de 89°F y de bulbo húmedo de 63°F, se obtienen valores para la entalpía y el volumen específico de 32.95 BTU/lb y 18.58 ft<sup>3</sup>/lb respectivamente.

Para el aire del cuarto (interior), con una temperatura de bulbo seco de 45°F y una humedad relativa de 20% (la humedad relativa de diseño es de 30% se toma el 20% para asegurar de esta manera que siempre exista menos del 30% cumpliéndose el requisito), nos dan valores de temperatura de bulbo húmedo de 30.4°F, entalpía de 12.3 BTU/lb y volumen específico de 16.81 ft<sup>3</sup>/lb.

La mezcla de los dos aires anteriores nos da el aire de mezcla con las siguientes características: temperatura de bulbo seco 44.04°F, temperatura de bulbo húmedo 30.47°F, humedad relativa de 20.07%, entalpía de 12.32 BTU/lb y volumen específico de 16.82 ft<sup>3</sup>/lb. El flujo volumétrico de aire se calcula de la siguiente forma:

$$\text{CFM} = G \cdot A,$$

donde CFM- flujo volumétrico de aire (ft<sup>3</sup>/min),

G- valor recomendado de tablas ((ft<sup>3</sup>/min)/ft<sup>2</sup>) y

A- área refrigerada (ft<sup>2</sup>).

$$\Rightarrow \text{CFM} = (2.9)(2,862) = 8,300 \text{ ft}^3/\text{min}.$$

### 3.3.4.2 Cálculo de las dimensiones de troncales y salidas bóvedas A, C, D y E.

De acuerdo con la figura 3.1, y utilizando un ductulador, calculamos las dimensiones de los ductos. Al utilizar el ductulador, consideramos el método de la presión igual, esto es, la caída de presión a lo largo de todo el sistema es la misma e igual a 0.1 in H<sub>2</sub>O por cada cien pies de longitud; con este valor y con el flujo de aire en cada tramo se obtiene, leyendo directamente en el ductulador, el valor de las dimensiones del ducto.

Aquí cabe aclarar que un troncal es una parte de la red de ductos que se divide en dos o más troncales y/o salidas; una salida es aquella que no se subdivide y es por donde desemboca el aire hacia el lugar a acondicionar a través de un difusor o una rejilla.

Aclarado lo anterior, para el troncal #10 (ver fig. 3.1) tenemos 8,300 ft<sup>3</sup>/min de flujo de aire, por lo tanto las dimensiones para este ducto son 46" x 18". Para los demás troncales y salidas se procede de la misma manera que en el anterior, de esta forma se obtienen las dimensiones mostradas en la tabla 3.1.

#### 3.3.4.2.1 Velocidades.

Para esta aplicación encontramos en tablas que la máxima velocidad permisible para troncales y salidas es de dos mil quinientos pies por minuto y la mínima velocidad en el sistema debe de ser de mil pies por minuto, entonces para cada troncal y salida calculamos la velocidad:

$$V = \text{CFM} \cdot 183.85 / D^2,$$

donde V- velocidad del aire (ft/min),

CFM- flujo de aire (ft<sup>3</sup>/min),

D- diámetro equivalente (in).

$$Y \quad D = (1.30)(A \cdot B)^{0.625} / (A + B)^{0.25},$$

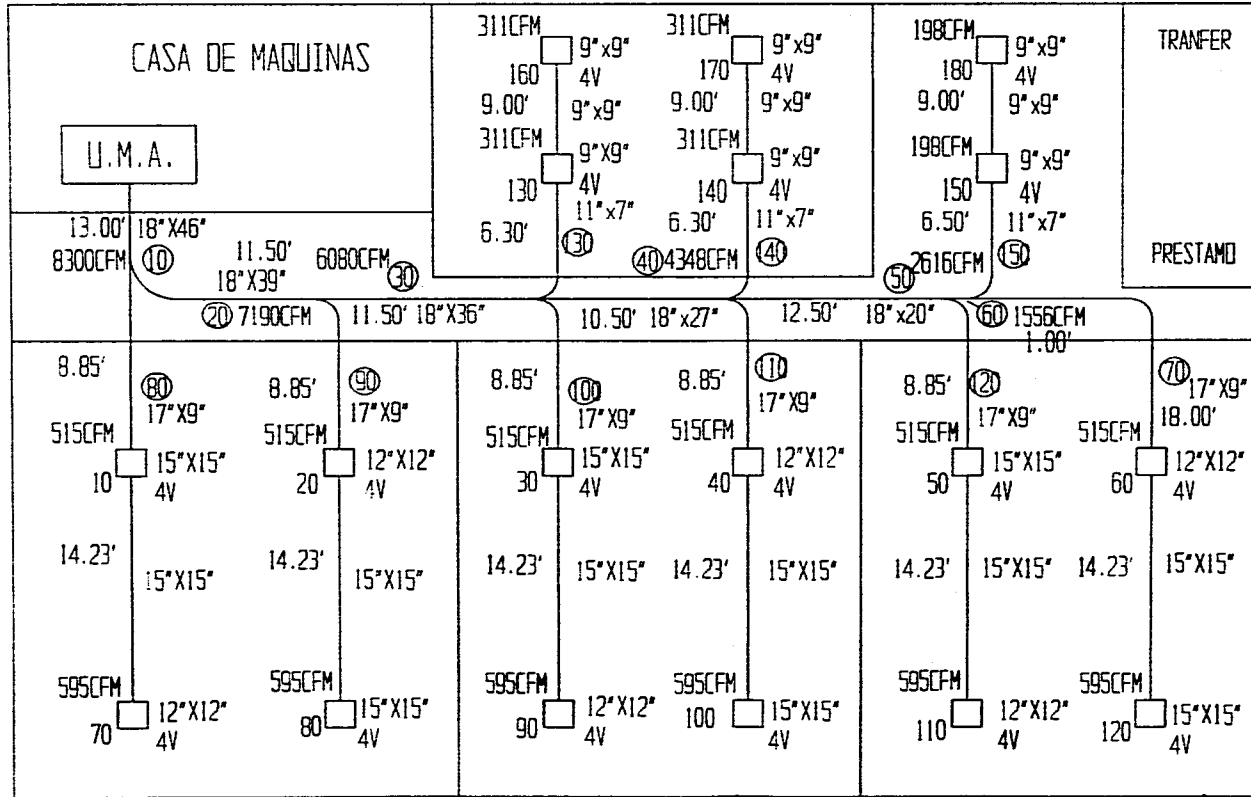
donde A- ancho del ducto (in),

B- altura del ducto (in).

Troncal #	Ancho A (in)	Alto B (in)	Diam. eq. (in)	Flujo vol. [ft <sup>3</sup> /min]	Velocidad [ft/min]
10	46	18	31	8300	1622
20	39	18	28	7190	1630
30	36	18	27	6080	1483
40	27	18	24	4348	1387
50	20	18	21	2816	1116
60	18	18	20	1506	713
70	17	9	13	1110	1141
80	17	9	13	1110	1141
90	17	9	13	1110	1141
100	17	9	13	1110	1141
110	17	9	13	1110	1141
120	17	9	13	1110	1141
130	11	7	10	622	1255
140	11	7	10	622	1255
150	11	7	10	398	799

Salida #	Ancho A (in)	Alto B (in)	Diam. eq. (in)	Flujo vol. [ft <sup>3</sup> /min]	Velocidad [ft/min]
10	15	15	16	515	351
20	15	15	16	515	351
30	15	15	16	515	351
40	15	15	16	515	351
50	15	15	16	515	351
60	15	15	16	515	351
70	15	15	16	595	406
80	15	15	16	595	406
90	15	15	16	595	406
100	15	15	16	595	406
110	15	15	16	595	406
120	15	15	16	595	406
130	9	9	10	311	589
140	9	9	10	311	589
150	9	9	10	198	375
160	9	9	10	311	589
170	9	9	10	311	589
180	9	9	10	198	375
Total				8300	

Tabla 3.1 Dimensiones y velocidades ductos bóvedas A, C, D y E.



10 - SALIDAS  
 (10) - TRONCALES

Fig. 3.1 Diseño de ductos bóvedas A, C, D y E

### 3.3.4.3 Condiciones psicrométricas bóveda B.

Para ésta bóveda, las condiciones son diferentes, ya que ésta mantiene unas condiciones que pueden considerarse como aire acondicionado. Las temperaturas de bulbo seco y húmedo exterior son (estas están corregidas por latitud, mes y día pico de acuerdo con el cálculo de la carga térmica) 86°F y 64°F respectivamente, con 82.3 granos de humedad por libra de aire seco, con una entalpía de 33.25 BTU/lb y un volumen específico de 18.6 ft<sup>3</sup>/lb. El flujo volumétrico de aire se calcula de la misma forma que para refrigeración, solamente que el valor de G difiere y es igual a 2.2 (ft<sup>3</sup>/min)/ft<sup>2</sup>, por lo tanto

$$\text{CFM} = (2.2)(1,632) = 3,600 \text{ ft}^3/\text{min}.$$

### 3.3.4.4 Cálculo de las dimensiones de troncales y salidas bóveda B.

Para la bóveda B se hacen las mismas consideraciones de velocidades máximas y mínimas pero con una caída de presión por cada cien pies de 0.25 in H<sub>2</sub>O. Basándose en la figura 3.2 y utilizando de la misma manera el ductulador y las fórmulas para diámetro equivalente y velocidad, obtenemos los datos tabulados en la tabla 3.2.

Troncal #	Ancho A [in]	Alto B [in]	Diam. eq. [in]	Flujo vol. [ft <sup>3</sup> /min]	Velocidad [ft/min]
10	16	16	17	3600	2158
20	14	12	14	1800	1646
Salida #	Ancho A [in]	Alto B [in]	Diam. eq. [in]	Flujo vol. [ft <sup>3</sup> /min]	Velocidad [ft/min]
10	10	10	11	900	1381
20	10	10	11	900	1381
30	10	10	11	900	1381
40	10	10	11	900	1381
Total				3600	

Tabla 3.2 Dimensiones y velocidades ductos bóveda B.

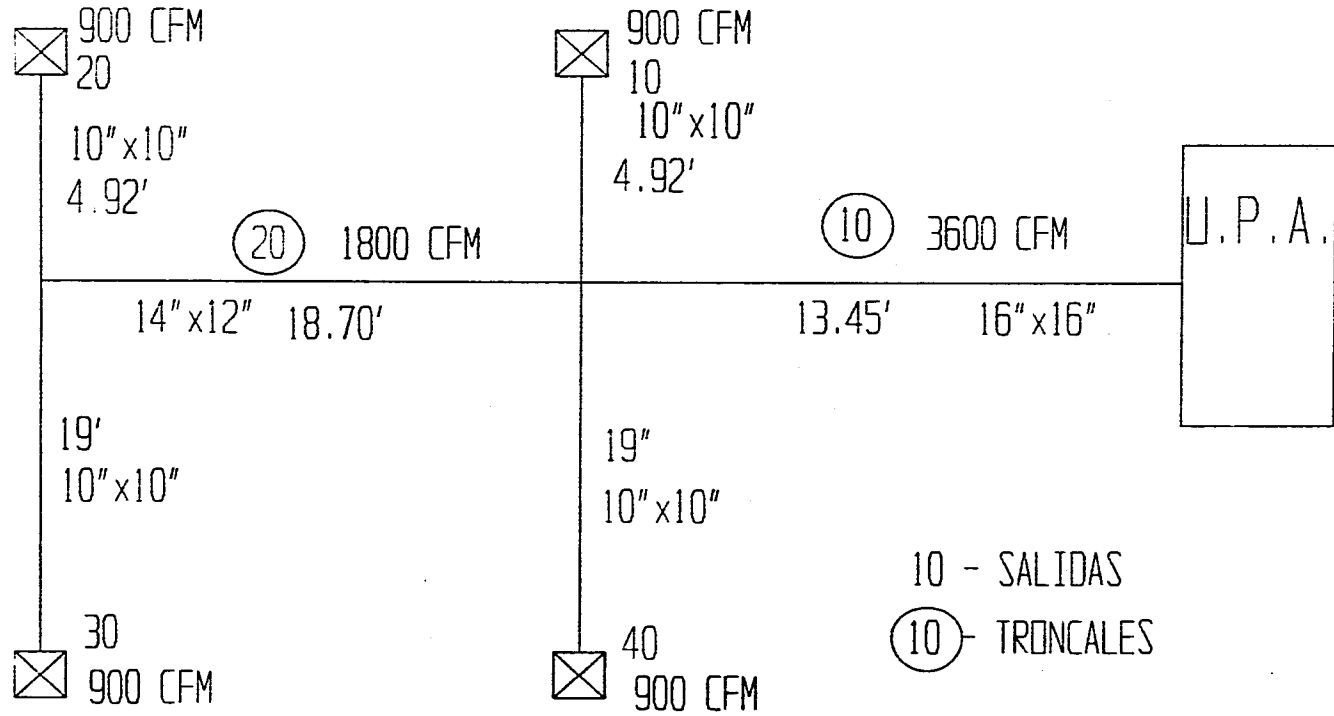


Fig. 3.2 Diseño de ductos Bóveda B



### 3.3.5 Diseño de tubería.

El diseño de la tubería para el agua refrigerada es de retorno inverso, el cual nos ayuda a igualar presiones y seleccionar así una bomba de menor potencia. Para dimensionar la tubería, nos basamos en la figura 3.3, en la cual se muestran las longitudes de cada tramo, las cuales se tomaron directamente de los planos proporcionados por la Cineteca Nacional; además de las conexiones y válvulas que tienen. En la misma figura se muestra el flujo de agua que circula por cada tramo en galones por minuto. Para seleccionar el diámetro de la tubería se entra en una tabla con el galonaje y se cruza con la velocidad permisible, encima de este cruce se encuentra el diámetro que debe de tener ese tramo.

El diseño de un sistema de tubería es limitado por: la velocidad máxima permisible y las pérdidas por fricción. Es por esto que debe de escogerse el diámetro óptimo, ya que si éste es demasiado pequeño causará mayores velocidades en el sistema, lo que ocasionaría ruido y mayor erosión en la tubería; por el contrario si el diámetro es muy grande se ocasionan pérdidas mayores además de un costo inicial más alto. Las velocidades permisibles recomendadas son las que se muestran en la tabla 3.3..

Servicio	Velocidad (ft/seg)
Descarga de bomba	8.0 a 12.0
Succión de bomba	4.0 a 7.0
Línea de drenaje	4.0 a 7.0
Cabezal (tubería ppal.)	4.0 a 15.0
Línea vertical	3.0 a 10.0
Servicio general	5.0 a 10.0
Agua de la ciudad	3.0 a 7.0

Tabla 3.3 Velocidades recomendadas para flujo de agua.

El galonaje de cada manejadora de aire fue determinado de acuerdo con los datos proporcionados por el fabricante, el valor proporcionado por ellos fue de 21 galones por minuto y una caída de presión en el serpentín de tres pies de columna de agua. Se considera una caída de presión para el intercambiador de calor de siete pies de columna de agua. Los valores de diseño y los resultados se muestran en las tablas 3.4 y 3.5 respectivamente.

# DISEÑO DE TUBERIA

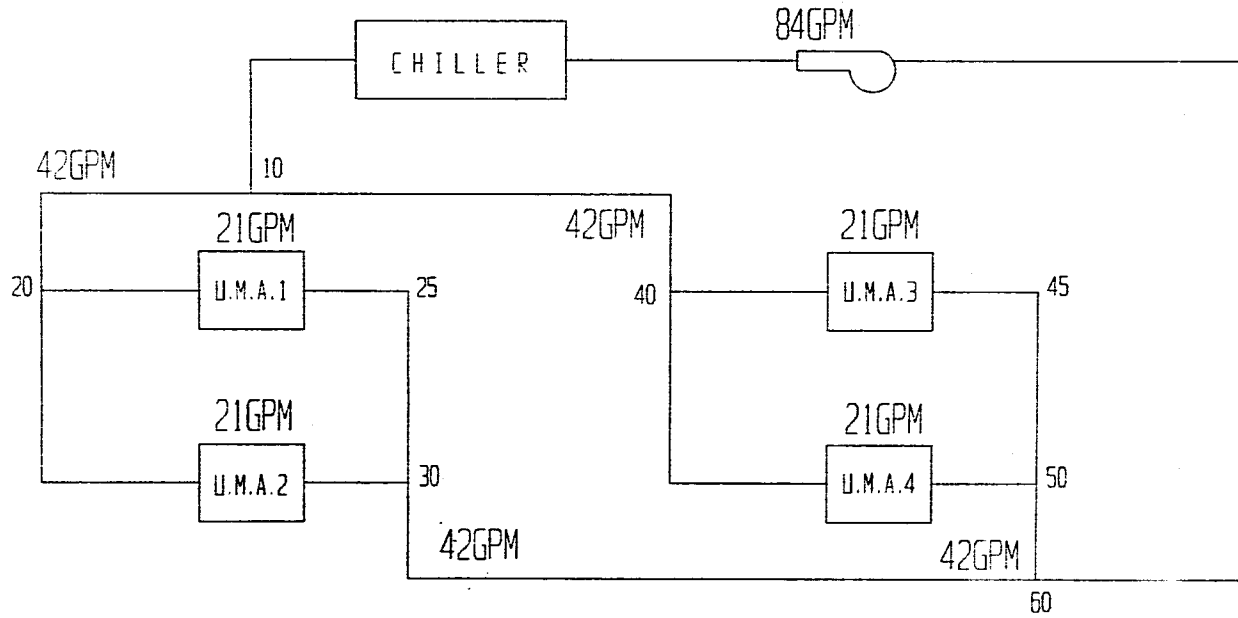


Fig. 3.3 Diseño de la tubería

Tramo	Long. (ft)	Codo 90° (Pza)	Codo 45° (Pza)	Válvulas (Pza)	Tee (Pza)	
60 @ 10	26.24	6.00	0.00	3.00	1.00	
10 @ 20	6.56	0.00	0.00	0.00	1.00	
10 @ 40	143.00	0.00	2.00	0.00	1.00	
20 @ 30	274.00	6.00	2.00	2.00	0.00	UMA 2
40 @ 50	193.40	6.00	2.00	2.00	0.00	UMA 4
30 @ 60	291.00	2.00	2.00	0.00	0.00	
50 @ 60	326.00	2.00	3.00	0.00	0.00	
20 @ 30	293.00	7.00	2.00	2.00	1.00	UMA 1
40 @ 50	178.00	7.00	1.00	2.00	0.00	UMA 3

Tabla 3.4 Valores de diseño.

Tramo	Diám. (in)	Velocidad (ft/seg)	Caída de presión (ft H2O/100 ft)	Long. tubería (ft)	Long. eq. 90° (ft)	Long. eq. 45° (ft)	Long. eq. válv. (ft)	Long. eq. tea (ft)	Caída de presión (ft H2O)
60 @ 10	2 1/2	5.3	6.9	26.24	39	0	4.2	14	5.76
10 @ 20	2	4.1	5.3	6.56	0	0	0	12	0.98
10 @ 40	2	4.1	5.3	143.00	0	5	0	12	8.48
20 @ 30	1 1/4	5.4	15.5	274.00	21	3.2	1.6	0	46.47
40 @ 50	1 1/4	5.4	15.5	193.40	21	3.2	1.6	0	33.98
30 @ 60	2	4.1	5.3	291.00	10	5	0	0	16.22
50 @ 60	2	4.1	5.3	326.00	10	7.5	0	0	18.21
20 @ 30	1 1/4	5.4	15.5	293.00	24.5	3.2	1.6	7.5	51.12
40 @ 50	1 1/4	5.4	15.5	178.00	24.5	1.6	1.6	0	31.88

Caída de presión en cadenas	(ft H2O)
60 @ 10 @ 40c @ 50 @ 80 (UMA 3)	74.33
60 @ 10 @ 40c @ 50 @ 60 (UMA 4)	76.42
60 @ 10 @ 20c @ 30 @ 60 (UMA 1)	84.08 Máxima presión en el sistema.
60 @ 10 @ 20c @ 30 @ 60 (UMA 2)	79.43

Tabla 3.5 Diámetros finales para la tubería.

# **CAPITULO 4**

## **Análisis económico.**

### **4.1 Análisis de precios unitarios.**

Para este análisis se consideró lo siguiente, los rendimientos en la mano de obra se tomaron en base a una jornada de ocho horas, esto es, el rendimiento equivale al tiempo en el cual el oficial y su ayudante tardan en realizar el trabajo ya sea de instalación, fabricación y/o montaje. El precio de la mano de obra está actualizado para junio de 1995 y es igual a N\$175.00 y N\$75.00 para oficiales y ayudantes respectivamente.

En el precio de los materiales de importación se tomó una paridad de N\$6.30/U.S.\$, que era la vigente en la fecha de ejecución. Para el caso de lámina galvanizada y forro de fibra de vidrio se considera un desperdicio del diez por ciento.

El mando intermedio es una función del total de la mano de obra, y de acuerdo con el manual de precios unitarios es igual al diez por ciento. De igual manera el equipo y herramienta es una función del total de materiales, y es igual al dos y medio por ciento. El análisis completo se muestra en la tabla 4.1.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Partida	Descripción	Materiales	Rendimiento	Mano de obra	Mando intermedio	Equipo y herramienta	Costo directo	Precio de venta
1	U.G.A.R. Trane CGADC-50	\$157,701.60	1.5200	\$380.00	\$38.00	\$3,942.54	\$162,062.14	\$194,474.57
2	Evaporador Recold YAH-140	\$20,034.00	6.4500	\$1,612.50	\$161.25	\$500.85	\$22,308.60	\$26,770.32
3	Bomba Taco FM-2010	\$6,852.90	1.0000	\$250.00	\$25.00	\$171.32	\$7,299.22	\$8,759.07
4	Deshumidificador HC-150	\$22,018.50	1.0000	\$250.00	\$25.00	\$550.46	\$22,843.96	\$25,128.36
5	Unidad paquete Trane 7.5 T.R.	\$21,703.50	1.0900	\$272.50	\$27.25	\$542.59	\$22,545.84	\$27,055.01
6	Cortina de plastico mod. 200	\$630.40	1.0000	\$250.00	\$25.00	\$15.76	\$921.16	\$1,133.03
7	Tubo Fo No 1 1/4" (32mm)	\$17.61	0.0456	\$11.40	\$1.14	\$0.44	\$30.59	\$37.63
8	Tubo Fo No 2" (51mm)	\$28.13	0.0621	\$15.53	\$1.55	\$0.70	\$45.91	\$56.47
9	Tubo Fo No 2 1/2" (63mm)	\$47.88	0.0730	\$18.25	\$1.83	\$1.20	\$69.15	\$85.06
10	Codo Fo No 1 1/4" (32mm) x 45°	\$6.52	0.0870	\$21.74	\$2.17	\$0.16	\$30.60	\$37.64
11	Codo Fo No 2" (51mm) x 45°	\$11.15	0.1250	\$31.25	\$3.13	\$0.28	\$45.80	\$56.33
12	Codo Fo No 2 1/2" (64mm) x 45°	\$25.07	0.1429	\$35.72	\$3.57	\$0.63	\$64.98	\$79.93
13	Codo Fo No 1 1/4" (32mm) x 90°	\$5.58	0.0900	\$22.50	\$2.25	\$0.14	\$30.47	\$37.48
14	Codo Fo No 2" (51mm) x 90°	\$10.60	0.1250	\$31.25	\$3.13	\$0.26	\$45.24	\$55.64
15	Codo Fo No 2 1/2" (63mm) x 90°	\$23.41	0.1429	\$35.72	\$3.57	\$0.59	\$63.28	\$77.83
16	Tee Fo No 2" (51mm)	\$15.31	0.2000	\$50.00	\$5.00	\$0.38	\$70.70	\$86.96
17	Tee Fo No 2 1/2" (63mm)	\$29.99	0.1876	\$46.91	\$4.69	\$0.75	\$82.33	\$101.27
18	Reducción campana Fo No 2" x 1 1/4" (51mmx32mm)	\$9.18	0.0100	\$2.50	\$0.25	\$0.23	\$12.16	\$14.95
19	Reducción campana Fo No 2 1/2" x 2" (63mmx51mm)	\$17.96	0.0100	\$2.50	\$0.25	\$0.45	\$21.15	\$26.02
20	Manguera flexible de 1 1/4" (32mm) x 2" (51mm) longitud	\$321.79	0.1200	\$30.00	\$3.00	\$8.04	\$362.83	\$446.29
21	Manguera flexible de 2" (51mm) x 2" (51mm) longitud	\$586.80	0.1700	\$42.50	\$4.25	\$14.67	\$648.22	\$797.31
22	Manguera flexible de 2 1/2" (63mm) x 2" (51mm) longitud	\$792.29	0.2100	\$52.50	\$5.25	\$19.81	\$869.85	\$1,069.91
23	Manguera flexible de 3" (75mm) x 2" (51mm) longitud	\$891.85	0.2300	\$57.50	\$5.75	\$22.30	\$977.40	\$1,202.20
24	Válvula compuerta roscada de 1 1/4" (32mm)	\$92.21	0.0758	\$18.95	\$1.90	\$2.31	\$115.36	\$141.89
25	Válvula compuerta roscada de 2" (51mm)	\$182.09	0.1133	\$28.33	\$2.83	\$4.55	\$217.80	\$267.89
26	Válvula compuerta roscada de 2 1/2" (63mm)	\$387.65	0.1277	\$31.93	\$3.19	\$9.69	\$432.46	\$531.93
27	Cople de Fo No liso de 1 1/4" (32mm)	\$4.55	0.0870	\$21.74	\$2.17	\$0.11	\$28.58	\$35.16
28	Cople de Fo No liso de 2" (51mm)	\$8.62	0.1250	\$31.25	\$3.13	\$0.22	\$43.21	\$53.15
29	Cople de Fo No liso de 2 1/2" (63mm)	\$17.68	0.1429	\$35.72	\$3.57	\$0.44	\$57.41	\$70.61
30	Válvula multipropósito Taco MPV-020	\$1,889.64	0.5000	\$125.00	\$12.50	\$47.24	\$2,074.38	\$2,551.49
31	Filtro de succión Taco SD025025	\$254.79	0.5882	\$147.05	\$14.71	\$56.37	\$2,472.91	\$3,041.69
32	Circuit setter Taco CS-100-T 1" (25mm)	\$343.98	0.2500	\$62.50	\$6.25	\$8.60	\$421.33	\$518.24
33	Aislamiento armaflex de 3/4" (19mm) p/tubo de 1 1/4" (32mm)	\$35.76	0.1429	\$35.73	\$3.57	\$0.89	\$75.95	\$93.42
34	Aislamiento armaflex de 3/4" (19mm) p/tubo de 2" (51mm)	\$46.40	0.1429	\$35.73	\$3.57	\$1.16	\$86.86	\$106.83
35	Aislamiento armaflex de 3/4" (19mm) p/tubo de 2 1/2" (63mm)	\$60.02	0.1429	\$35.73	\$3.57	\$1.50	\$100.81	\$124.00
36	Lámina galvanizada calibre 26	\$7.48	0.0300	\$7.50	\$0.75	\$0.19	\$15.92	\$19.58
37	Lámina galvanizada calibre 24	\$7.28	0.0300	\$7.50	\$0.75	\$0.18	\$15.71	\$19.33

Tabla 4.1. Análisis de Precios Unitarios.

38	Lámina galvanizada calibre 22	\$7.21	0.0300	\$7.50	\$0.75	\$0.18	\$15.64	\$19.23
39	Taquete de expansión de 1/4" (6mm) diámetro	\$2.15	0.0104	\$0.78	\$0.08	\$0.05	\$3.06	\$3.77
40	Forro de fibra de vidrio de 1.5" espesor para ductos	\$15.87	0.0500	\$12.50	\$1.25	\$0.40	\$30.02	\$36.92
41	Difusor de inyección Namm 4 vías c/c.v. 9" x 9"	\$87.55	0.1853	\$46.33	\$4.63	\$2.19	\$140.70	\$173.06
42	Difusor de inyección Namm 4 vías c/c.v. 15" x 15"	\$174.19	0.1853	\$46.33	\$4.63	\$4.35	\$229.50	\$282.29
43	Valvula de 3 vías J.C. VV54301417	\$1,506.92	0.1548	\$38.70	\$3.87	\$37.67	\$1,587.16	\$1,952.21
44	Modutrol J.C. M120JAA-1	\$1,693.44	0.3750	\$93.75	\$9.38	\$42.34	\$1,838.90	\$2,261.85
45	Sensor para ducto J.C. A80ABA-1	\$1,694.15	0.2500	\$62.50	\$6.25	\$42.35	\$1,805.25	\$2,220.46

Tabla 4.1 Análisis de Precios Unitarios.

## **4.2 Edición del presupuesto.**

Para la elaboración del presupuesto se tomo en cuenta el precio unitario calculado con anterioridad (ver tabla 4.1) y la cuantificación que se hace a continuación:

### **4.2.1 Cuantificación.**

#### **4.2.1.1 Tubería y conexiones.**

Para lograr estinar cuanta tubería y sus respectivas conexiones, se tomaron las medidas directamente de los planos proporcionados por la misma Cineteca Nacional. La trayectoria de los tubos se buscó fuera la más adecuada para no estorbar y que tuviera un fácil mantenimiento; además de procurar no poner cambios bruscos de dirección en el flujo para evitar grandes caídas de presión. Las válvulas compuerta puestas antes y después de los equipos son para lograr un fácil mantenimiento de cada uno, sin interrumpir el funcionamiento de los demás equipos. Para la bomba se seleccionan los controles especificados por el fabricante para su mejor desempeño y mejor control del flujo a través del sistema. Debido a que toda la tubería se encuentra en contacto con la atmósfera ésta se tiene que aislar con un aislamiento especial para intemperie. Las cantidades exactas de cada uno de los conceptos se especifica en la edición del presupuesto posteriormente.

#### **4.2.1.2 Ductería.**

De acuerdo con los planos proporcionados por la Cineteca Nacional y con el trazado de la red de ductos mostrado en las figuras 3.1 y 3.2, se estimaron las longitudes de los tramos de ductería. Acorde con el tamaño de los ductos diseñado y con el semiperímetro de éstos, se selecciona el calibre de lámina galvanizada; ya con el calibre se procede a cuantificar el área total de un mismo calibre y se multiplica por el peso por metro cuadrado respectivo. Se cauntifican también los taquetes necesarios para la fijación de los ductos mediante soportes fabricados de lámina galvanizada y fijados al techo mediante tomillo con taquete de expansión.



El forro de fibra de vidrio es indispensable para evitar la condensación en los ductos de inyección, es por esto que se considera al realizar la cuantificación en la red de ductos. Por último, es necesario considerar los difusores que se encargaran de inyectar el aire frío a las bóvedas. Las cantidades exactas de cada concepto se especifican en el presupuesto que se muestra posteriormente.

#### 4.2.1.3 Controles.

Para el adecuado funcionamiento del sistema es necesario contar con controles que sirvan para modular el flujo de agua refrigerada que entrará al serpentín de la manejadora de aire; esto se logra mediante el uso de una válvula motorizada de tres vías, la cual es controlada por un motor modulante y gobernada por un sensor de la temperatura del aire en los ductos (termostato). Si la temperatura del aire es la requerida, entonces la válvula de tres vías no deja entrar más agua al serpentín de la manejadora de aire y la regresa a la generadora de agua refrigerada; cuando la temperatura del agua que regresa a la generadora es igual a la que está enviando, la unidad generadora de agua refrigerada para su funcionamiento hasta que más agua refrigerada sea requerida.

#### 4.2.2 Presupuesto.

##### PRESUPUESTO DE OBRA.

##### EQUIPOS

Par.	Concepto	Unid	Can.	Precio Unitario	Importe
1	Unidad generadora de agua refrigerada marca Trane modelo CGADC-60, con capacidad nominal de 50 toneladas de refrigeración; con compresores tipo scroll y condensador enfriado por aire; lista para operar a 220/3/60.	Pza	2.00	\$194,479.57	\$388,959.14
2	Evaporador tipo cooler industrial marca Recold modelo YAH-140 XA 6/8 hileras para manejar 8,400 pies cúbicos por minuto contra una presión estática de 1.75" de columna de agua; con motor de 5 H.P. a 230/3/60.	Pza	4.00	\$26,770.32	\$107,081.28

El forro de fibra de vidrio es indispensable para evitar la condensación en los ductos de inyección, es por esto que se considera al realizar la cuantificación en la red de ductos. Por último, es necesario considerar los difusores que se encargaran de inyectar el aire frío a las bóvedas. Las cantidades exactas de cada concepto se especifican en el presupuesto que se muestra posteriormente.

#### 4.2.1.3 Controles.

Para el adecuado funcionamiento del sistema es necesario contar con controles que sirvan para modular el flujo de agua refrigerada que entrará al serpentín de la manejadora de aire; esto se logra mediante el uso de una válvula motorizada de tres vías, la cual es controlada por un motor modulante y gobernada por un sensor de la temperatura del aire en los ductos (termostato). Si la temperatura del aire es la requerida, entonces la válvula de tres vías no deja entrar más agua al serpentín de la manejadora de aire y la regresa a la generadora de agua refrigerada; cuando la temperatura del agua que regresa a la generadora es igual a la que está enviando, la unidad generadora de agua refrigerada para su funcionamiento hasta que más agua refrigerada sea requerida.

#### 4.2.2 Presupuesto.

##### PRESUPUESTO DE OBRA.

##### EQUIPOS

Par.	Concepto	Unid	Can.	Precio Unitario	Importe
1	Unidad generadora de agua refrigerada marca Trane modelo CGADC-50, con capacidad nominal de 50 toneladas de refrigeración; con compresores tipo scroll y condensador enfriado por aire; lista para operar a 220/3/60.	Pza	2.00	\$194,479.57	\$388,959.14
2	Evaporador tipo cooler Industrial marca Recold modelo YAH-140 XA 6/8 hileras para manejar 8,400 pies cúbicos por minuto contra una presión estática de 1.75" de columna de agua; con motor de 5 H.P. a 230/3/60.	Pza	4.00	\$26,770.32	\$107,081.28

<b>3 Bomba centrífuga marca Taco modelo FM-2010 con capacidad de bombeo de 83.6 galones por minuto contra una presión estática de 90 pies de columna de agua; con 2" (51mm) en la descarga y 2 1/2" (63mm) en la succión. Impulsada por un motor de 5 H.P. a 230/3/60.</b>	Pza.	2.00	\$8,769.07	\$17,518.14
<b>4 Deshumificador marca Munters Cargocaire modelo Honey Comba HC-160-I con capacidad para remover 1.2 libras por hora.</b>	Pza.	4.00	\$25,128.36	\$100,513.44
<b>5 Unidad acondicionadora de aire tipo paquete marca Trane modelo TC090C con capacidad nominal de 7.5 toneladas de refrigeración.</b>	Pza.	1.00	\$27,055.01	\$27,055.01
<b>6 Cortina para aire de PVC marca Artipac modelo 200 con dimensiones de 1.00 x 2.09 metros.</b>	Pza.	4.00	\$1,133.03	\$4,532.12
<b>Subtotal equipos</b>				<b><u>\$645,659.13</u></b>

**TUBERÍA Y CONEXIONES**

<b>7 Tubo de fierro negro cédula 40 para las líneas de agua refrigerada del sistema de 1 1/4" (32mm)</b>	Mt.	129.66	\$37.63	\$4,878.73
<b>8 Tubo de fierro negro cédula 40 para las líneas de agua refrigerada del sistema de 2" (51mm)</b>	Mt.	27.60	\$56.47	\$1,558.57
<b>9 Tubo de fierro negro cédula 40 para las líneas de agua refrigerada del sistema de 2 1/2" (63mm)</b>	Mt.	41.82	\$85.06	\$3,540.20
<b>10 Codo de fierro negro reforzado para las líneas de agua refrigerada del sistema de 1 1/4" (32mm) de diámetro x 45°.</b>	Pza.	10.00	\$37.64	\$376.40
<b>11 Codo de fierro negro reforzado para las líneas de agua refrigerada del sistema de 2" (51mm) de diámetro x 45°.</b>	Pza.	2.00	\$56.33	\$112.66
<b>12 Codo de fierro negro reforzado para las líneas de agua refrigerada del sistema de 2 1/2" (63mm) diámetro x 45°.</b>	Pza.	5.00	\$79.93	\$399.65
<b>13 Codo de fierro negro reforzado para las líneas de agua refrigerada del sistema de 1 1/4" (32mm) de diámetro x 90°.</b>	Pza.	16.00	\$37.48	\$599.68

14 Codo de fiero negro reforzado para las líneas de agua refrigerada del sistema de 2" (51mm) de diámetro x 90°.	Pza.	1.00	\$55.64	\$55.64
15 Codo de fiero negro reforzado para las líneas de agua refrigerada del sistema de 2 1/2" (63mm) de diámetro x 90°.	Pza.	4.00	\$77.83	\$311.32
16 Tee de fiero negro de 2" (51mm) de diámetro.	Pza.	2.00	\$86.96	\$173.92
17 Tee de fiero negro de 2 1/2" (63mm) de diámetro.	Pza.	1.00	\$101.27	\$101.27
18 Reducción campana de fiero negro de 2" (51mm) a 1 1/4" (32mm) de diámetro.	Pza.	3.00	\$14.95	\$44.85
19 Reducción campana de fiero negro de 2 1/2" (63mm) a 2" (51mm) de diámetro.	Pza.	1.00	\$26.02	\$26.02
20 Manguera flexible de acero inoxidable, con tramado sencillo, de 1 1/4" (32mm) de diámetro x 2" (51mm) de longitud.	Pza.	3.00	\$446.29	\$1,338.87
21 Manguera flexible de acero inoxidable, con tramado sencillo, de 2" (51mm) de diámetro x 2" (51mm) de longitud.	Pza.	1.00	\$779.31	\$779.31
22 Manguera flexible de acero inoxidable, con tramado sencillo, de 2 1/2" (63mm) de diámetro x 2" (51mm) de longitud.	Pza.	4.00	\$1,069.91	\$4,279.64
23 Manguera flexible de acero inoxidable, con tramado sencillo, de 3" (75mm) de diámetro x 2" (51mm) de longitud.	Pza.	1.00	\$1,202.20	\$1,202.20
24 Válvula compuerta roscada de 1 1/4" (32mm) de diámetro.	Pza.	7.00	\$141.89	\$993.23
25 Válvula compuerta roscada de 2" (51mm) de diámetro.	Pza.	1.00	\$267.89	\$267.89
26 Válvula compuerta roscada de 2 1/2" (63mm) de diámetro.	Pza.	3.00	\$531.93	\$1,595.79
27 Cople de fiero negro de 1 1/4" (32mm) de diámetro.	Pza.	12.00	\$35.16	\$421.92

28 Cople de fierro negro de 2" (51mm) de diámetro.	Pza.	3.00	\$53.15	\$159.45
29 Cople de fierro negro de 2 1/2" (63mm) de diámetro.	Pza.	4.00	\$70.61	\$282.44
30 Válvula multipropósito marca Taco modelo MPV-020.	Pza.	2.00	\$2,551.49	\$5,102.98
31 Filtro de succión marca Taco modelo SDO25025	Pza.	2.00	\$3,041.69	\$6,083.38
32 Válvula reguladora de flujo marca Taco modelo Circuit Setter CS-100-T de 1" (25mm) de diámetro.	Pza.	4.00	\$518.24	\$2,072.96
<b>Subtotal tubería y conexiones</b>				<b><u>\$36,758.97</u></b>

#### AISLAMIENTO TÉRMICO PARA TUBERÍAS.

33 Aislamiento térmico tipo armaflex de 3/4" (19m) de espesor para tubo de 1 1/4" (32mm) de diámetro, con acabado intemperie.	Mt.	129.65	\$93.42	\$12,111.90
34 Aislamiento térmico tipo armaflex de 3/4" (19m) de espesor para tubo de 2" (51mm) de diámetro, con acabado intemperie.	Mt.	27.60	\$108.83	\$2,948.51
35 Aislamiento térmico tipo armaflex de 3/4" (19m) de espesor para tubo de 2 1/2" (63mm) de diámetro, con acabado intemperie.	Mt.	41.62	\$124.00	\$5,160.88
<b>Subtotal aislamiento térmico para tuberías</b>				<b><u>\$20,221.29</u></b>

#### DUCTERIA

36 Lámina galvanizada calibra 26.	Kg.	294.50	\$19.58	\$5,766.31
37 Lámina galvanizada calibra 24.	Kg.	754.39	\$19.33	\$14,582.36
38 Lámina galvanizada calibra 22.	Kg.	570.88	\$19.23	\$10,978.02
39 Taquite de expansión de 1/4" (6mm) de diámetro	Pza.	114.00	\$3.77	\$429.78
40 Forro de fibra de vidrio de 1.5" (38mm) de espesor y acabado en papel Kraft-alum.	M <sup>2</sup>	18.00	\$36.92	\$664.56

41 Difusor de inyección marca Namm de 4 vías con control de volumen de 9" x 9" (23cm x 23cm).	Pza.	28.00	\$173.06	\$4,845.68
42 Difusor de inyección marca Namm de 4 vías con control de volumen de 15" x 15" (38cm x 38cm).	Pza.	48.00	\$282.29	\$13,549.92
<b>Subtotal ductería.</b>				<b><u>\$50,816.63</u></b>

**CONTROLES.**

43 Válvula de tres vías marca Johnson Controls modelo V54301417.	Pza.	4.00	1952.21	\$7,808.84
44 Motor modulante marca Johnson Controls modelo M120JAA-1	Pza.	4.00	2261.85	\$9,047.40
45 Sensor para ducto marca Johnson Controls modelo A80ABA-1.	Pza.	4.00	2220.46	\$8,881.84
<b>Subtotal controles</b>				<b><u>\$25,738.08</u></b>
			<b><u>TOTAL</u></b>	<b><u>\$779,194.10</u></b>

## CONCLUSIONES.

De acuerdo con el trabajo realizado, concluimos que la película cinematográfica debe de almacenarse a las condiciones dadas, ya que si éstas no se conservan a una humedad y temperatura bajas puede aparecer en la película hongo -debido a que es material orgánico- causando estragos en la misma, de igual manera necesitan almacenarse en empaques especiales para evitar las rayaduras. De lo contrario esta sufrirá daños que pueden llegar a ser irreversibles y perder para siempre el contenido de la misma; esto no puede llegar a suceder en nuestro caso debido a que el material por almacenar es de la Cineteca Nacional y es considerado como Patrimonio Nacional. Una consideración adicional se debe de tomar al sacar la película del anaquel, ésta es que se debe dejar la película a temperatura ambiente alrededor de unas dos horas, con motivo de que la película se hidrate y así evitar que se torne quebradiza.

Además se observa que el sistema de refrigeración y aire acondicionado propuesto para las bóvedas de almacenamiento filmico, es el más adecuado, debido a que el sistema de inducción de volumen de aire constante permite tener un sistema centralizado y no uno dividido el cual posee menos ventajas. Este sistema permite un mejor control de la temperatura de cada bóveda, mayor flexibilidad en el diseño del sistema de distribución de aire, mantenimiento centralizado y más económico, mayor eficiencia en el filtraje y un ahorro en el consumo de energía, ya que al estar mejor controlado, las bombas y las unidades generadoras de agua refrigerada (UGAR) solo operan cuando sea necesario que se suministre agua a las unidades manejadoras, de esta forma tanto bombas como UGARS no estarán operando al cien por ciento las 24 horas del día. El sistema utilizado en el diseño de la tubería, de retorno inverso, nos permite igualar las presiones en el sistema y así poder seleccionar una bomba de

menor potencia reflejándose en el ahorro del consumo de energía. Para evitar daños en la tubería y equipos por congelamiento de agua, se optó por recircular por el sistema una mezcla de agua con glicol al veinticinco por ciento para así bajar el punto de fusión del agua y poder manejar las temperaturas deseadas. El glicol es el anticongelante de un costo moderado y muy eficiente.

Este sistema, al estar todos los motores eléctricos fuera de las bóvedas, se puede utilizar para la película de nitrato de plata (la cual es sumamente explosiva), cambiando únicamente la regeneración del deshumidificador para que ésta sea de vapor en lugar de resistencias eléctricas.

Las opciones en los equipos fueron las más adecuadas para el tipo de sistema, ya que además de ser económicas son de buena calidad. Para la bóveda que no contenía película cinematográfica, sino cartelones, se escogió un sistema paquete de aire acondicionado, debido a que no era necesario hacer el gasto en un sistema de refrigeración para obtener baja temperatura y humedad como en el caso de las películas que sí necesitan de estas condiciones de humedad y temperatura bajas.



## **Apéndice A: Norma Internacional ISO 4331.**

La ISO (International Organization for Standardization) es una federación mundial de institutos nacionales de normas (organizaciones miembros de la ISO). El trabajo de crear las normas internacionales es realizado por comités técnicos de la ISO. Cada organización miembro interesada en un tema para el cual se haya integrado un comité técnico tiene derecho a estar representada en ese comité. También participan en la tarea organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales.

El anteproyecto de las normas internacionales adoptado por los comités técnicos se hace circular a las organizaciones miembros para su aprobación, antes de que las acepte como normas internacionales el consejo de la ISO.

La norma internacional ISO 4331 fue redactada por el comité técnico ISO/TC 42, fotografía, y se hizo circular a las organizaciones miembros en noviembre de 1975. Dicha norma ha sido aprobada por las organizaciones miembros de los siguientes países: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón, México, Polonia, Rumanía, Reino Unido de la Gran Bretaña, Turquía, Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, República de Sudáfrica y Yugoslavia.

**Fotografía-Película fotográfica procesada para archivos- Tipo de gelatina de plata sobre base de éster de celulosa- Especificaciones.**

### **0 INTRODUCCIÓN.**

Desde 1930 se han hecho grandes avances en el uso de las películas fotográficas para la conservación de registros. La conservación de registros filmados, por parte de gobiernos, bancos, compañías de seguros,

industrias y otras empresas, se ha visto estimulada por el reconocimiento de la economía en espacio de almacenamiento, la organización y la facilidad de reproducción y acceso que representa este recurso.

Durante el primer período de desarrollo del arte de copiar documentos, se usó a veces la película cinematográfica de 35mm con base de nitrato. Este material es sumamente inflamable y se deteriora con rapidez en condiciones desfavorables de almacenamiento. La película de nitrato no es aceptable para uso alguno como material de archivo. La fabricación de película de nitrato declinó después de la Segunda Guerra Mundial y cesó en la mayoría de los países en los años 50.

Por espacio de muchos años, las únicas películas adecuadas para el almacenamiento en archivo se hacían de algún tipo de base de éster de celulosa. A partir de entonces han aparecido varias bases de película de polímeros sintéticos. La vida útil del material del tipo de éster de celulosa se remonta apenas hacia 1908. La experiencia con la película durante ese tiempo y los resultados de las pruebas de envejecimiento acelerado y de otros estudios predicen, sin embargo, que el material es tan durable como puede serlo el papel de pasta de trapo en condiciones normales de almacenamiento.

La norma internacional se estableció para eliminar posibles riesgos para la permanencia, atribuibles a las características químicas o físicas de la película procesada. Algunas de esas características son responsabilidad del fabricante de la película; otras, de quien la procesa, y algunas más de ambos. Sin embargo, con sólo especificar las características químicas y físicas del material no se asegura el comportamiento satisfactorio de un material de archivo. Es esencial proveer la temperatura y humedad apropiadas de almacenamiento y la protección contra los riesgos de incendio, la acción del agua, la formación de hongos y la presencia de ciertos contaminantes atmosféricos.

## **I ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN.**

1.1 Esta norma internacional establece las especificaciones para película de seguridad del tipo de éster de celulosa que tienen emulsiones del tipo de gelatina de plata procesada para producir una imagen fotográfica estable en blanco y negro.

1.2 Se incluyen las imágenes de plata producidas por proceso de inversión completo. Se excluyen las imágenes de plata que se han alterado químicamente por tratamientos como el entonado, la reducción o la intensificación. Se excluyen las películas de color. Sin embargo, no se excluye el tratamiento de protección de oro. Y tampoco las imágenes de plata producidas por proceso en seco, proceso de transferencia por difusión, de monobalío y proceso de inversión de haluros.

1.3 Esta norma internacional es aplicable a los microfilmes, la película cinematográfica en rollo y la película en hoja para fines de archivo.

1.4 Se han aplicado capas de lacas y lubricantes a la película procesada, para protegerla de hongos y rayaduras, sin perjuicios para la conservación, hasta donde se sabe. Sin embargo, por la amplia variedad de los materiales que pueden usarse, las películas laqueadas y lubricadas se excluyen de esta norma internacional.

## 2 REFERENCIAS.

ISO 417, fotografía. Determinación de tisuato y otros residuos químicos en películas, placas y papeles fotográficos procesados. Método fotográfico del azul de metileno y método densitométrico de sulfuro de plata.

ISO 543, cinematografía. Películas cinematográficas de seguridad. Definición, pruebas y marcas.

ISO 5466, fotografía. Práctica para el almacenamiento de una película fotográfica de seguridad, procesada.

## 3 DEFINICIONES.

Para los propósitos de esta norma internacional, se aplican las siguientes definiciones:

3.1 Película de archivo: Película fotográfica compuesta y tratada de manera que, en óptimas condiciones de almacenamiento, sea adecuada para la conservación de materiales de archivo que tengan valor permanente.

3.2 Base de la película: Soporte plástico para las capas de emulsión y respaldo.

**3.3 Base de seguridad de éster de celulosa:** Base de la película compuesta principalmente de ésteres de celulosa de ácido acético, propiónico o -butírico, o de sus mezclas.

**3.4 Capas de emulsión:** Capa de gelatina y plata en que se forma la imagen en la película procesada.

**3.5 Capa de respaldo antienroscamiento:** Capa hecha comúnmente de gelatina, que se aplica en el lado de la base de la película opuesto al de la capa de la emulsión, para evitar el enroscamiento. Es comparable a la capa de la emulsión, y no se elimina con el proceso. (Se excluyen de esta definición las capas anti-halo y otras que se eliminan con el proceso).

**3.6 Resistencia a la penetración de líquidos:** Término que se emplea para indicar la resistencia a la penetración de líquidos en las capas de emulsión y respaldo. Es la fuerza mínima que se requiere para penetrar la capa de la emulsión con un estilete. Un alto valor denota gran resistencia a la penetración de líquidos.

#### **4 REQUERIMIENTOS FÍSICOS QUE CONTROLA EL FABRICANTE DE LA PELÍCULA.**

**4.1 Tipo de base la película:** La base que se emplea para la película de archivo será de tipo de seguridad de éster de celulosa y puede identificarse por el método que se especifica en el apartado 7.1.

**4.2 Retención de viscosidad:** La viscosidad relativa de una solución de base de película obtenida de la película procesada no deberá mostrar una pérdida que exceda del cinco por ciento como resultado del envejecimiento acelerado de la película procesada. El envejecimiento acelerado deberá darse como se especifica en el apartado 7.2, y la viscosidad deberá determinarse como se especifica en el párrafo 7.3.

**4.3 Tiempo de ignición:** La película habrá de cumplir los requisitos del tiempo de ignición que se especifican en la norma ISO 543.

**4.4 Tiempo de combustión:** La película habrá de cumplir los requisitos del tiempo de combustión que se especifican en la norma ISO 543.

**4.5 Contenido de nitrato:** La película no deberá contener más de 0.15% de nitrato, como se determina por el método especificado en la norma ISO 543.

**4.6 Acidez libre e incremento de acidez:** La película no deberá tener una acidez libre mayor del equivalente al 0.5ml de solución de hidróxido de sodio 0.1N, por gramo de película, cuando se mida como se especifica en el apartado 7.4. El volumen de solución de hidróxido de sodio 0.1N equivalente a la acidez libre de la película procesada no deberá aumentar más de 0.5ml con respecto a su valor original después del envejecimiento acelerado, como se especifica en el apartado 7.2.

**4.7 Adhesión de la capa.**

**4.7.1 Desprendimiento con cinta adhesiva:** En la película procesada no deberá aparecer desprendimiento alguno de las capas de emulsión o respaldo cuando se pruebe como se especifica en el apartado 7.5.

**4.7.2 Deterioro por ciclo de humedad:** Al probarse como se describe en el apartado 7.6, la capa de la emulsión o a las de respaldo de la película procesada no deberán mostrar separación o grietas que perjudiquen su uso.

## **5 PROPIEDADES FÍSICAS CONTROLADAS POR EL FABRICANTE Y QUIEN PROCESA.**

**5.1 Flexibilidad y pérdida de la misma:** Las muestras de la película habrán de procesarse y secarse en las condiciones empleadas para la película de archivo. (La película puede ponerse quebradiza si se saca a temperatura demasiado elevada).

**5.1.1 Película con grosor de 0.18mm o menos:** La película procesada deberá resistir el número de dobleces MIT dobles que se especifica en la línea 1 de la tabla I, cuando se prueben como se indica en el apartado 7. La pérdida en resistencia al dobles después del envejecimiento acelerado, como se especifica en el apartado 7.2, no deberá exceder el porcentaje que se establece en la línea 2 de la tabla I (el incremento en los límites del porcentaje de pérdidas de dobles al aumentar el grosor de la película es necesario, porque la prueba es menos precisa cuando el número de dobles es reducido).

**5.1.2 Película de más de 0.18mm de grosor:** Después del envejecimiento acelerado, como se especifica en el apartado 7.2, ni la película sin procesar ni la procesada deberán romperse o agrietarse cuando se pruebe su flexibilidad como se especifica en el apartado 7.8.

TABLA 1. Límites de la flexibilidad y pérdida de la misma.

CARACTERÍSTICAS	GROSOR TOTAL DE LA PELÍCULA	
	Menos de 0.13mm	0.13 a 0.18mm
1. Película sin calentar. Promedio mínimo permisible de dobleces MIT dobles.	20	10
2. Película después del envejecimiento acelerado. Porcentaje promedio máximo permisible de pérdida en dobleces.	25 %	35%

**5.2 Pérdida de resistencia a la penetración de líquidos:** La película procesada no deberá acusar pérdida en la resistencia a la penetración de líquido en la capa de emulsión y la capa de respaldo, que exceda el porcentaje especificado en la tabla 2 como resultado del envejecimiento acelerado. El valor habrá de determinarse como se especifica en el apartado 7.9, y el envejecimiento acelerado como se especifica en el 7.2.

**5.3 Obstrucción:** La película procesada no deberá mostrar evidencia de obstrucción (película pegajosa), desprendimiento de capas o daños en la superficie cuando se le pruebe como se especifica en el apartado 7.10. Será aceptable una ligera adhesividad de las muestras de la película, que produzca daño físico o cambio en el lustre de la superficie.

**5.4 Estabilidad de la imagen:** La imagen de la película no deberá cruzar de graduación que perjudique a la misma para el uso que pretenda dársele cuando se pruebe como se especifica en el apartado 7.11.

TABLA 2. Límites de la pérdida de resistencia a la penetración de líquidos después del envejecimiento acelerado.

CARACTERÍSTICAS	VALOR ORIGINAL DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE LÍQUIDOS.	
Pérdida permisible máxima de resistencia	$\leq 0.5N$	$\geq 0.5N$
a la penetración de líquidos.	50%	25%

### 6 CONCENTRACIÓN DE TIOSULFATO.

Esta característica la determinan las condiciones de proceso. (Ver el ANEXO A).

Las películas pueden fijarse en soluciones que contengan tiosulfato de sodio o tiosulfato de amonio. Después del proceso, la película no deberá contener una concentración de tiosulfato residual, calculada como iones de tiosulfato,  $S_2 O_3$ , mayor que la especificada en la tabla 3, cuando se determine como se establece en la norma ISO 417.

El análisis de tiosulfato deberá hacerse con una muestra de película transparente y no más de dos semanas después del proceso. (Ver ANEXO B). El método de prueba no mide cambio alguno en la muestra entre el momento del proceso y el análisis, pero se aplica para juzgar la conservación de la película después de la prueba.

TABLA 3. Límites para la concentración de tiosulfatos.

CARACTERÍSTICAS	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE DE IONES DE TIOSULFATO $S_2 O_3$ ( $g/cm^2$ ).
Películas positivas de duplicación, de grano fino	0.7
Películas de grano mediano de cámara, de tono continuo y películas de rayos X de grano grueso.	2.0

En las películas con capa fotográfica en ambos lados de la base, en las que tiene la emulsión de un lado y respaldo antienrosamiento por el reverso, se permite la concentración específica de tiosulfato residual en cada lado de la película.

Las películas se ordenan conforme a dos amplias clases de granos en la tabla 3. Si no se conoce el grano de la película, debe examinarse con un microscopio con aumento de 20X ó más una muestra de la película procesada, comparándola con muestras de las que ya se conozcan su clasificación por grano, la cual permitirá clasificarlas. Cualquier película que no pueda clasificarse claramente en cuanto a granos, deberá considerarse de grano fino, y se le aplicará el límite inferior de concentración de tiosulfato de la tabla 3.

## 7 MÉTODO DE PRUEBA.

**7.1 Identificación de la base de la película:** Las capas de emulsión y de respaldo se eliminarán totalmente de un espécimen de la película desconocida, ya sea por raspado o empleando una solución de una enzima. Luego se eliminarán todas las sub-capas por raspado. El material de la base se prepara entonces raspando la superficie con instrumentos adecuados, para producir un polvo muy fino. Este polvo se mezclará en un mortero con aproximadamente cien veces su masa de bromuro de potasio, con una finura que le permita pasar por tamiz 200. Se preparará una píldora o una tira como se describe en la literatura. De esta píldora, por medio de un espectrofotómetro de absorción infrarroja, se obtendrá una curva de absorción infrarroja. La identidad de la base desconocida puede establecerse por comparación con las curvas de polímeros conocidos.

**7.2 Condiciones de envejecimiento acelerado:** Las muestras de prueba deben montarse en una rejilla de muestras, para que estén libremente expuestas al aire circundante. La rejilla se colocará entonces en un recipiente deshidratador de cristal de laboratorio. El deshidratador se pondrá a calentar a 72 horas a  $100 \pm 2^\circ\text{C}$  en un horno de circulación de aire comprimido. El aire del interior del deshidratador se mantendrá a  $20 \pm 2\%$  de humedad relativa. Esta humedad relativa puede obtenerse poniendo en agua una solución de acetato de potasio saturada, en el fondo del deshidratador. Hay que asegurar de que la solución saturada contenga un exceso de cristales no disueltos a  $100^\circ\text{C}$ . La solución salina saturada debe cubrir por completo los cristales no disueltos, y el área



superficial de la solución debe ser lo más grande que resulte práctico. El deshidratador y la solución salina deberán estar a 100°C por lo menos desde 20 horas antes de su uso, para asegurar el equilibrio.

Como alternativa, la exposición a estas condiciones de temperatura pueden proporcionarse por medio de un gabinete de aire acondicionado. Hay que colgar las muestras para mantenerlas separadas entre sí. No debe haber otros materiales en el mismo ambiente en que se encuentran la muestras de prueba, durante el período de calentamiento.

En los apartados siguientes, a los especímenes sometidos a estas condiciones aceleradas se les denominará "especímenes calentados".

**7.3 Prueba de viscosidad relativa:** Las mediciones deben hacerse con dos especímenes de película procesada sin calentar y dos calentados, que tengan la misma densidad promedio de plata y una masa de 1000g cada una, después de acondicionarlos como se especifica en el apartado 7.5.2. Si la base de la película es soluble en acetona, cada espécimen se sumergirá aparte en un frasco volumétrico de 100 ml que contengan aproximadamente 95 ml de acetona de grado reactivo; si no lo es, la solución se sustituirá por una mezcla de 90% de cloruro de metileno y 10% de metanol, por masa, la base puede disolverse sacudiéndola repetidamente en la solución por espacio de una o dos horas, o dejándola en la misma toda la noche.

Los frascos deben ponerse en baño maría manteniendo a  $25 \pm 0.1^\circ\text{C}$  hasta que se llegue a la temperatura de equilibrio. Debe agregarse solvente para ajustar el volumen a 100 ml y mezclarse bien el contenido. Hay que dejar que las capas que no sean de la base se asienten en el fondo del frasco. Permita que una porción del líquido se asiente también en el fondo. Otra parte del líquido se transferirá por filtración a una probeta Ostwald o a un viscosímetro capilar adecuado, sumergido en baño de temperatura constante. La probeta escogida tendrá un tiempo de flujo de entre 70 y 110 segundos para el solvente. El volumen que se tome será suficiente para llenar la mitad de la parte inferior de la probeta. El tiempo del flujo de la solución por el capilar de la probeta se medirá con exactitud de dos décimas de segundo. El tiempo de flujo se medirá así mismo por el mismo volumen del solvente puro. Se harán tres lecturas para cada porción. La viscosidad relativa es la porción entre el tiempo de flujo de la

solución promedio y el del solvente. Deben hacerse determinaciones duplicadas tanto en los especímenes no calentados como en los calentados, y los promedios se calcularán por separado.

**7.4 Prueba de acidez libre:** Deben hacerse mediciones en dos especímenes de película procesada no calentados y en dos calentados, que tengan la misma densidad promedio de plata y una masa aproximada de un gramo cada uno.

Cada espécimen debe pesarse con precisión y sumergirse en unos 80 ml de cloruro de metileno, a lo cual se agregarán entonces lentamente 40 ml de alcohol etílico desnaturalizado. El éster de celulosa se disuelve, dejando la capa de la emulsión. La acidez debe determinarse por titulación directa de la mezcla con una solución de hidróxido de sodio 0.1N, utilizando púrpura de cresol como indicador. Debe hacerse también una titulación en blanco con la mezcla solvente. La acidez debe estimarse como la diferencia entre los volúmenes, en mililitros, de la solución de 0.1 de hidróxido de sodio 0.1N usada en las dos titulaciones, por gramo de la película. Los promedios se calcularán separadamente para la película no calentada y para la calentada.

**7.5 Prueba de adhesión para desprendimiento de cinta.**

**7.5.1 Preparación del espécimen:** Aunque las dimensiones del espécimen de película procesada no son críticas, uno de sus lados deberá ser de por lo menos 15cm. Se requieren cuatro especímenes para la superficie de la emulsión y cuatro para la capa de respaldo, si la hay.

**7.5.2 Acondicionamiento:** Los especímenes se acondicionarán a  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $50 \pm 2\%$  de humedad relativa, por lo menos durante 15 horas. Esto puede lograrse por medio de un cuarto con aire acondicionado o de un gabinete de acondicionamiento de aire. Los especímenes se sostendrán de una manera que permita la libre circulación del aire alrededor de la película, y la velocidad lineal del aire será de 15cm/seg cuando menos.

**7.5.3 Procedimiento:** Los especímenes de la película no se sacarán de la atmósfera acondicionada para su prueba. A la superficie de la película procesada se le aplicará una tira de cinta adhesiva con base de plástico sensible a la presión, de unos 15cm de largo. Se presionará la cinta con el pulgar, para asegurar el contacto

adecuado, dejando cinta suficiente en un extremo, para asirla. Ninguna porción de la cinta debe llegar hasta los bordes o las perforaciones de la película. La película debe sujetarse con firmeza sobre una superficie plana, y la cinta debe despegarse rápidamente de la superficie de la película. Esto debe hacerse despegando la cinta hacia atrás sobre sí misma, y tirando del extremo de tal manera que se despegue de la película en un ángulo de  $180^\circ$  aproximadamente. El desprendimiento de cualquier parte de la capa superficial de cualquiera de los especímenes se considerará como falla. Los resultados de la prueba de desprendimiento de cinta pueden depender mucho de la cinta adhesiva que se use, si la fuerza de adhesión entre ésta y la superficie de la película sometida a prueba no es la suficiente. Por esta razón se especifica cierta fuerza adhesiva mínima para esta prueba. Esta fuerza adhesiva se determinará aplicando la cinta adhesiva a la superficie de la película de la misma manera que se especifica en la prueba de desprendimiento de cinta. La cinta se despegará rápidamente de la superficie de la película en un ángulo aproximado de  $180^\circ$ . La fuerza de desprendimiento que se requiere para separar la cinta de la película deberá medirse con un calibrador de esfuerzo báscula de resorte de lectura máxima. Se requiere una fuerza adhesiva de por lo menos 9N por centímetro del ancho de la cinta.

#### 7.6 Prueba de adhesión de ciclo de humedad.

**7.6.1 Preparación de espécimen:** Es conveniente un espécimen de  $5\text{ cm}^2$  o de 5cm de largo por el ancho de la película, pero las dimensiones no son críticas. Se escogerán dos especímenes de película procesada de un área de alta densidad de plata.

**7.6.2 Procedimiento:** Los especímenes deben montarse en una rejilla y colocarse en un recipiente deshidratador de cristal de laboratorio para que queden libremente expuestos a la atmósfera. El recipiente se colocará en un horno de circulación de aire, durante ocho horas, a  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ . La atmósfera dentro del recipiente se mantendrá a  $96 \pm 2\%$  de humedad relativa, lo cual puede lograrse dejando una solución saturada de sulfato de potasio en agua en el fondo del recipiente. Al cabo de las ocho horas, la rejilla se colocará durante 16 horas en un segundo deshidratador que esté también en el mismo horno. La atmósfera dentro de este segundo recipiente se mantendrá a  $11 \pm 2\%$  de humedad relativa, la cual podrá obtenerse dejando una solución saturada de cloruro de

lito en agua en el fondo del mismo. Para asegurar que se obtenga la humedad apropiada, se tomarán las precauciones especificadas en el apartado 7.2.

Un lapso de 8 horas en la alta humedad y de 16 horas en la baja, constituirá un ciclo. La película habrá de someterse a 12 ciclos de humedad, al cabo de los cuales se sacará la rejilla y se examinarán la capa de emulsión y cualquiera de las de respaldo, para ver si ha habido desprendimiento, deslizamiento o agrietamientos. Hay que tener en cuenta que en las películas pueden aparecer a veces diminutas perforaciones como de alfilerazos en la imagen, después del proceso; las cuales pueden ser causadas por suciedad o polvo en la superficie de la emulsión al momento de exponerse la película virgen. Por lo tanto debe advertirse la existencia de esos pequeños agujeros en la imagen, antes de la prueba de ciclos de humedad, para que no induzcan a la falsa interpretación de una debilidad de adhesividad.

La película se examinará con el mismo aumento e iluminación que se emplean normalmente para el uso del producto. En caso de una interrupción por fin de semana, la película se deberá conservar a  $50 \pm 2^\circ\text{C}$  y a  $11 \pm 2\%$  de humedad relativa.

#### **7.7 Prueba de flexibilidad para películas de 0.18 mm de grosor y más delgadas.**

**7.7.1 Preparación del espécimen:** La película procesada de 16mm puede probarse en este ancho. Las películas de otros tamaños se cortarán a 15 ó 16mm de ancho y por lo menos 12cm de largo, con un instrumento muy afilado que no melle o descantille los bordes. Se necesitan 10 especímenes para la película no calentada y 10 para la calentada. Los especímenes que se van a calentar y los de control se cortarán en forma alterna y continua, de un solo tramo de película.

**7.7.2 Envejecimiento acelerado:** Se someterán 10 especímenes a envejecimiento acelerado como se especifica en el apartado 7.2.

**7.7.3 Acondicionamiento:** Los especímenes habrán de acondicionarse como se especifican en el apartado 7.5.2.

lito en agua en el fondo del mismo. Para asegurar que se obtenga la humedad apropiada, se tomarán las precauciones especificadas en el apartado 7.2.

Un lapso de 8 horas en la alta humedad y de 16 horas en la baja, constituirá un ciclo. La película habrá de someterse a 12 ciclos de humedad, al cabo de los cuales se sacará la rejilla y se examinarán la capa de emulsión y cualquiera de las de respaldo, para ver si ha habido desprendimiento, deslizamiento o agrietamientos. Hay que tener en cuenta que en las películas pueden aparecer a veces diminutas perforaciones como de alfilerazos en la imagen, después del proceso; las cuales pueden ser causadas por suciedad o polvo en la superficie de la emulsión al momento de exponerse la película virgen. Por lo tanto debe advertirse la existencia de esos pequeños agujeros en la imagen, antes de la prueba de ciclos de humedad, para que no induzcan a la falsa interpretación de una debilidad de adhesividad.

La película se examinará con el mismo aumento e iluminación que se emplean normalmente para el uso del producto. En caso de una interrupción por fin de semana, la película se deberá conservar a  $50 \pm 2^\circ\text{C}$  y a  $11 \pm 2\%$  de humedad relativa.

#### 7.7 Prueba de flexibilidad para películas de 0.18 mm de grosor y más delgadas.

7.7.1 Preparación del espécimen: La película procesada de 16mm puede probarse en este ancho. Las películas de otros tamaños se cortarán a 15 ó 16mm de ancho y por lo menos 12cm de largo, con un instrumento muy afilado que no melle o descantille los bordes. Se necesitan 10 especímenes para la película no calentada y 10 para la calentada. Los especímenes que se van a calentar y los de control se cortarán en forma alterna y continua, de un solo tramo de película.

7.7.2 Envejecimiento acelerado: Se someterán 10 especímenes a envejecimiento acelerado como se especifica en el apartado 7.2.

7.7.3 Acondicionamiento: Los especímenes habrán de acondicionarse como se especifican en el apartado 7.5.2.

**7.7.4 Procedimientos:** La película no se sacará de la atmósfera de acondicionamiento para la prueba. La resistencia de doblez debe determinarse utilizando el probador de doblez MIT que se describe en la literatura del ramo. Los especímenes no calentados y calentados se probarán en forma alterna. Los promedios se calcularán separadamente para la película no calentada y para la calentada.

**7.8 Prueba de flexibilidad para películas de más de 0.18mm de grosor.**

**7.8.1 Preparación del espécimen:** Los especímenes deben prepararse como se especifica en el apartado 7.7.1, con la excepción de que sólo se requieren cuatro especímenes para la película no calentada y cuatro para la calentada.

**7.8.2 Envejecimiento acelerado:** Se someterán cuatro especímenes a envejecimiento acelerado, como se especifica en el apartado 7.2.

**7.8.3 Acondicionamiento:** Los especímenes se acondicionarán como se especifica en el apartado 7.5.2

**7.8.4 Procedimiento:** La película no se sacará de la atmósfera de acondicionamiento para la prueba. El apartado de prueba será un mandril de tres mm de diámetro de metal pulido, montado rígidamente en un soporte. La película habrá de doblarse lentamente 180° en torno al mandril, después de lo cual se examinará visualmente para ver si presenta grietas o roturas. Se probarán dos especímenes con el lado de la emulsión doblada hacia afuera y dos con el lado de la emulsión hacia dentro.

**7.9 Prueba de resistencia a la penetración de líquidos:** Se harán en dos especímenes no calentados y en dos calentados de película procesada.

El valor de penetración de líquidos se determinará como se describe en la literatura del ramo. Esto comprende la aplicación de una carga gradualmente creciente sobre un estilite esférico de zafiro de 0.28mm de radio en su penetración de la superficie de emulsión o la de respaldo. Los especímenes de la película procesada se colocarán horizontalmente, con la superficie por probar hacia arriba, en la charola del apartado, con agua a 21°C. A los 15 minutos de tiempo total de inmersión, se colocará el estilite de zafiro con carga cero sobre la

superficie probada. La carga del estilete se aumentará gradualmente. El valor de resistencia a la penetración de líquidos se tomará como la carga de estilete (en Newtons) a la cual haga éste la primera ruptura o surco en la superficie. La luz reflejada o transmitida puede hacer esta puniación. Se harán tres mediciones por cada superficie. Los promedios se calcularán por separado para la película no calentada y para la calentada.

**7.10 Prueba de bloqueo:** Deben acondicionarse por lo menos cinco especímenes de películas procesadas, en una humedad relativa de  $60 \pm 2\%$ , a  $40 \pm 2^\circ\text{C}$ . Cuando el tamaño de la película lo permita, es conveniente usar un espécimen de  $5\text{cm}^2$ , pero las dimensiones no son críticas, siempre que todos los especímenes sean de tamaño uniforme. Estos deberán colocarse en un recipiente deshidratador de cristal de laboratorio, de manera que estén libremente expuestos a la atmósfera de acondicionamiento requerida por lo menos durante 15 horas. El recipiente se pondrá en un horno de circulación de aire de  $40 \pm 2^\circ\text{C}$ . Puede obtenerse una humedad relativa de aproximadamente 62% dejando una solución saturada de nitrato de sodio en agua en el fondo del recipiente. Deben tomarse las precauciones que se especifican en el apartado 7.2, para asegurar que se obtenga la humedad apropiada.

**7.11 Prueba de estabilidad de la imagen:** Deben prepararse tres especímenes de película procesada que contengan áreas de imagen similares y representativas. Para películas en hojas, es conveniente un tamaño de  $5\text{cm}^2$ , y para películas en rollo conviene un tramo de 5cm de largo.

Estos especímenes se montarán de manera que estén libremente expuestos al aire circundante y se incubarán durante 30 días a  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $70 \pm 2\%$  de humedad relativa. Esto puede lograrse por medio de un gabinete de acondicionamiento de aire. Después del período de incubación, la película se comparará visualmente con el espécimen de referencia incubado, que se ha almacenado a temperatura ambiente y a una humedad relativa que no exceda de 60%. Se recomienda que se observen las superficies de la base de la emulsión desde diferentes ángulos de incidencia, en la misma forma en que se examinan las transparencias.

#### **Anexo A.**

Proceso de la película.

La preservación de la película fotográfica del tipo de gelatina de plata depende de los productos presentes después del lavado. El contenido máximo de tiosulfato residual se especifica en el apartado 6 y se discute en el anexo B. Las precauciones adicionales que se requieren para el proceso óptimo de las películas de archivo se describen en este anexo. La solución del baño fijador habrá de cambiarse con la mayor frecuencia posible. Se recomienda que su contenido de plata sea menor de 0.5% en el caso de un baño que contenga tiosulfato cristalizado ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) o menos de 0.8% en el caso de un baño que contenga tiosulfato de amonio anhidro [ $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ ] con objeto de reducir al mínimo en el microfilm los defectos conocidos como "manchas microscópicas por envejecimiento", el contenido de yoduro en el baño fijador para tales productos deberá ser entre 0.1 y 0.5 g/lit (expresado como KI).

El agua que se use para el enjuague debe ser incolora y estar libre de sustancias en suspensión. El agua potable es generalmente lo bastante pura para fines de lavado. La temperatura del agua de lavado mantenida entre 15 y 25°C es adecuada, en general, y reduce al mínimo tanto el peligro de hinchazón producida por las temperaturas altas, como la disminución en el índice de solubilidad de las sales que se eliminan a temperaturas más bajas. Algunas películas pueden tolerar temperaturas más altas. Quince minutos de enjuague en agua corriente bien agitada a temperatura de 20°C suelen dar resultado satisfactorio, siempre que las películas no estén en contacto y que se renueve el agua de su superficie. Para la mayoría de las máquinas automáticas (aspersores, etc.), el tiempo de lavado es menor y la temperatura del agua es más elevada (35°C).

Puede usarse aceleradores de lavado de intercambio de iones. Por ejemplo, las películas pueden empaparse en un baño de sulfito de sodio anhidro, en proporción de 20 g/lit, antes del lavado o enjuague, pero no debe usarse aceleradores del lavado que destruyan el tiosulfato, como los agentes oxidantes.

#### **Anexo B.**

Efecto de las sustancias químicas residuales en la imagen de plata revelada.

Durante el envejecimiento de la película fotográfica revelada, particularmente en la atmósfera húmeda, la reacción química entre el tiosulfato residual y los gratos de la plata metálica causa la decoloración y el



desvanecimiento de la imagen. Este efecto se agrava a medida que la subdivisión de la plata metálica en la imagen ( a lo que se hace referencia como "tamaño de grano") se hace más pequeña. Sería lógico especificar el tiosulfato residual permisible como función continua del tamaño del grano. Sin embargo, no es necesaria la medida exacta de los diversos tamaños de grano en una película para propósitos de esta especificación.

El tiosulfato excesivo retenido por la película produce también una degradación coloreada en las áreas de baja densidad de la película cuando se le somete a envejecimiento en atmósfera húmeda. En realidad, éste es el primer lugar donde se nota este tipo de degradación. Se especifica que la prueba de tiosulfato residual se haga en áreas sin imagen o transparentes de la película, porque es en ésta donde la mancha es más objetable y donde la concentración de tiosulfato no cambiará de manera apreciable en un lapso de dos semanas.

El cambio de densidad o de color de la imagen, causado por el tiosulfato residual, se acelera mucho a temperatura y humedad elevadas, con la que permite que la degradación potencial de la imagen ocurra en cosa de días. Los límites de tiosulfato residual que se permiten en esta especificación se han seleccionado sobre la base de una concentración de tiosulfato lo suficientemente baja para no causar daño práctico a las áreas de imagen, o transparentes, cuando la película se somete a la prueba de incubación de humedad ( ver apartado 7.11). Aunque cualquier prueba acelerada implica ciertas incertidumbres, la validez de esta prueba se ha verificado por los resultados obtenidos después de las condiciones normales de envejecimiento. La cantidad de tiosulfato retenido en una película procesada depende, en medida considerable, de la composición del baño fijador. Los baños fijadores endurecedores ácidos (que contengan sales de aluminio) acondicionan la gelatina de la emulsión, de manera que el ion de tiosulfato se retenga más tenazmente que en un baño no endurecedor. De todas maneras, el baño fijador no endurecedor debe usarse con cautela, por que la gelatina puede ablandarse. No debe usarse amoníaco o limpiadores que contengan agentes oxidantes (como el hipoclorito y los peróxidos).

Los compuestos y complejos de plata residual son causa importante de la degradación de la capa de la imagen en las películas fotográficas viejas procesadas. La plata del complejo puede combinarse con el azufre producido por la descomposición del tiosulfato, o puede reaccionar con contaminantes atmosféricos para generar

la decoloración. La alta concentración de complejos de plata en el baño fijador, los oxidantes en el agua de lavado y las condiciones de secado de la película, que ensucian la atmósfera o producen un efecto endurecedor en la emulsión se consideran factores inconvenientes en la preparación de la película de archivo.

### **Anexo C.**

#### **Manchas microscópicas.**

A algunos microfilmes negativos procesados que tienen de 2 a 20 años en almacenamiento les han aparecido manchas coloreadas de tamaño microscópico. Estas manchas se descubrieron por primera vez en 1961. La gufa velada en el exterior del rollo es la que se ve afectada más frecuentemente por las manchas, que suelen ser rojas o amarillas y de menor tamaño que los caracteres de la imagen (por ejemplo, un número mecanografiado reducido 20 veces) en el microfilme. En ocasiones, estas manchas se observan ya más avanzado el rollo y aparecen en áreas de imagen. En la literatura correspondiente se ofrece una descripción más detallada de las manchas y de las técnicas empleadas para inspeccionar microfilmes.

Se cree que las manchas se deben a la oxidación de la plata de la imagen y a la migración del ion de plata a otras áreas. El color puede deberse a la plata coloidal. Los agentes oxidantes que pueden causar la degradación de la imagen son el oxígeno del aire, cuya acción sobre la película se acelera mucho por la humedad, y los contaminantes atmosféricos, como los peróxidos, el ozono, el bióxido de azufre, el sulfuro de hidrógeno y los óxidos de nitrógeno, que suelen existir todos en las atmósferas industriales. Los peróxidos pueden estar presentes en algunas maderas y también formarse como resultados del envejecimiento de insertos de papel, etc., y en los recipientes de cartón que se usan comúnmente para almacenar película. Estos últimos parecen una fuente probable de oxidantes en relación con la formación de manchas.

Se descubrió que las condiciones en que se procesa el microfilme representa un factor importante en la formación de las manchas cuando la película se ha almacenado indebidamente en una atmósfera húmeda. Las buenas técnicas de proceso son esenciales para que la película salga libre de manchas químicas y de agua, de suciedad, polvo, rayaduras y otras máculas. Los procedimientos de lavado deben proporcionar la eliminación

uniforme del tiosulfato y compuestos de plata conexas. El secado debe ser uniforme y deben evitarse las temperaturas extremas. Se ha descubierto que una pequeña cantidad de yoduro de potasio en el baño fijador, combinada con las debidas condiciones de almacenamiento, brinda alguna protección contra esta mancha en el microfilme.

Debe hacerse hincapié en que las condiciones en que se almacena el microfilme desempeña un papel vital en la formación de estos defectos. Es importante el almacenamiento en aire frío y seco, libre de gases o vapores oxidantes, que se mencionó antes. Se recomienda el almacenamiento en recipientes adecuados de metal o de plástico, en lugar de los de cartón, que con el envejecimiento producen peróxido. ( Ver la Norma ISO 5466).

### Apéndice B: Tablas y gráficos.

Tabla B.1 Temperatura diferencial total equivalente, para calcular la ganancia de calor a través de paredes.

Latitud Norte	A.M.												P.M.												Latitud Sur
	10			12			2			4			6			8			10			12			
	Color exterior de la pared (O = oscura, C = clara)																								
Pared hacia el:	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	Pared hacia el:
Partición																									
NE	22	10	24	12	14	10	12	10	14	14	14	14	10	10	10	6	4	2	2	SE					
E	30	14	36	16	32	16	12	12	14	14	14	14	10	10	6	6	2	2	E						
SE	13	6	26	16	28	18	24	16	16	14	14	14	10	10	6	4	2	2	NE						
S	-4	-4	4	0	22	12	30	20	26	20	16	14	10	10	6	6	2	2	N						
SO	-4	-4	0	-2	6	4	26	22	40	26	42	28	24	20	6	4	2	2	NO						
O	-4	-4	0	0	6	6	20	12	40	26	48	34	22	22	6	6	2	2	O						
NO	-4	-4	0	-2	6	4	12	10	24	20	40	26	34	24	6	4	2	2	SO						
N (sombra)	-4	-4	-2	-2	4	4	10	10	14	14	12	12	6	6	4	4	0	0							
Tabique de 4 pulg. ó piedra																									
NE	-2	-4	24	12	20	10	10	6	12	10	14	14	12	12	10	10	6	4	SE						
E	2	0	30	14	31	17	14	14	12	12	14	14	12	12	10	6	6	6	E						
SE	2	-2	20	10	28	16	26	16	18	14	14	14	12	12	10	6	6	6	NE						
S	-4	-4	-2	-2	12	6	24	16	26	18	20	16	12	12	6	6	4	4	N						
SO	0	-2	0	-2	2	2	12	8	32	22	38	26	34	24	10	8	6	6	NO						
O	0	-2	0	0	4	2	10	6	26	18	40	28	42	28	16	14	6	6	O						
NO	-4	-4	-2	-2	2	2	6	6	12	12	30	22	34	24	12	10	6	6	SO						
N (sombra)	-4	-4	-2	-2	0	0	6	6	10	10	12	12	12	12	6	6	4	4	S						
Ladrillo hueco de 6 pulg.																									
NE	0	0	0	0	20	10	16	10	10	6	12	10	14	12	12	10	6	6	SE						
E	4	2	12	4	24	12	26	14	20	12	12	10	14	12	14	10	10	10	E						
SE	2	0	2	0	16	6	20	12	20	14	14	12	14	12	12	10	6	6	NE						
S	0	0	0	0	2	0	12	6	24	14	26	16	20	14	12	10	6	6	N						
SO	2	0	2	0	2	0	8	4	12	10	26	16	30	20	26	18	6	6	NO						
O	4	2	4	2	4	2	6	4	10	6	16	14	30	22	32	22	18	14	O						
NO	0	0	0	0	2	0	4	2	8	6	12	10	22	18	30	22	10	6	SO						
N (sombra)	-2	-2	-2	-2	-2	0	0	6	6	10	10	10	10	10	10	6	6	4	S						
Tabique de 6 pulg. - Ladrillo hueco de 12 pulg.																									
NE	2	2	2	2	10	2	16	6	14	6	10	6	10	6	10	10	10	10	SE						
E	2	6	8	6	14	8	18	10	16	10	14	6	14	10	14	10	12	10	E						
SE	6	4	6	4	6	4	14	10	18	12	16	12	12	10	12	10	10	10	NE						
S	4	2	4	2	4	2	4	2	10	6	16	10	16	12	12	10	10	10	N						
SO	6	4	6	4	6	4	8	4	10	6	12	8	20	12	24	16	20	14	NO						
O	8	4	6	4	6	6	6	10	6	14	6	20	16	24	16	24	16	16	O						
NO	2	2	2	2	2	2	4	2	6	4	8	6	10	8	16	14	18	14	SO						
N (sombra)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6	S						
Tabique de 12 pulg.																									
NE	8	6	8	6	8	4	8	4	10	4	12	6	12	6	10	6	10	6	SE						
E	12	8	12	8	12	8	10	6	12	6	14	10	14	10	14	8	14	6	E						
SE	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	12	8	14	10	14	10	12	6	NE						
S	6	6	6	6	6	4	6	4	6	4	6	4	10	6	12	8	12	6	N						
SO	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	12	8	14	10	NO						
O	12	8	12	8	12	8	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	12	8	O						
NO	6	6	6	6	6	4	6	4	6	4	6	4	6	6	10	6	10	6	SO						
N (sombra)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	4	4	6	S						

Tabla B.1 Temperatura diferencial total equivalente, para calcular la ganancia de calor a través de paredes (continuación).

Latitud Norte	A.M.						P.M.						Latitud Sur					
	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6						
Pared hacia el:	Color exterior de la pared (O = oscura, C = clara)												Pared hacia el:					
	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C						
Concreto o piedra de 8 pulg. o bien de concreto de 6 u 8 pulg.																		
NE	4	2	4	0	16	8	14	8	10	6	12	8	12	10	10	8	6	SE
E	6	4	14	8	24	12	24	12	18	10	14	10	14	10	12	10	10	E
SE	6	2	6	4	16	10	18	12	18	12	14	12	12	10	12	10	10	SE
S	2	1	2	1	4	1	12	6	16	12	16	12	14	12	10	8	8	S
SO	6	2	4	2	6	2	8	4	14	10	22	16	24	16	22	16	10	SO
O	6	4	6	4	6	4	8	6	12	8	20	14	24	16	26	18	14	O
NO	4	2	4	0	4	2	4	4	6	6	12	10	20	14	22	16	8	NO
N (sombra)	0	0	0	0	0	0	2	2	4	4	6	6	8	6	6	4	4	N (sombra)
Concreto o piedra de 12 pulg.																		
NE	6	4	6	2	6	2	14	8	14	8	10	8	10	8	12	10	10	NE
E	10	6	8	6	10	6	18	10	18	12	16	10	12	10	14	10	14	E
SE	6	4	8	4	6	4	14	6	16	10	16	10	14	10	12	10	12	SE
S	6	4	4	2	4	2	4	2	10	6	14	10	16	12	14	10	10	S
SO	8	4	8	4	6	4	6	4	8	6	10	8	18	14	20	14	18	SO
O	10	6	8	6	8	6	10	6	10	6	12	6	16	10	24	14	22	O
NO	6	4	6	2	6	2	0	4	6	4	8	6	10	8	16	12	20	NO
N (sombra)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	4	6	6	6	8	6	N (sombra)

Tabla B.2 Temperatura diferencial total equivalente para calcular la ganancia de calor a través de techos.

Descripción de los materiales del techo	A.M.			P.M.					
	8	10	12	2	4	6	8	10	12
Techos expuestos al sol. Construcción ligera									
Madera de 1 plg	12 38 54 62 50 26 10 4 0								
Madera de 1 plg y aislamiento de 2 plg									
Techos expuestos al sol. Construcción media									
Concreto de 2 plg									
Concreto de 2 plg y aislamiento de 2 plg	6 30 48 58 50 32 14 6 2								
Madera de 2 plg									
Concreto de 4 plg	0 20 38 50 52 40 22 12 6								
Concreto de 4 plg y aislamiento de 2 plg									
Techos expuestos al sol. Construcción pesada									
Concreto de 6 plg	4 6 24 38 46 44 32 18 12								
Concreto de 6 plg y aislamiento de 2 plg	6 6 20 34 42 44 34 20 14								
Techos en la sombra									
Construcción ligera	-4 0 6 12 14 12 8 2 0								
Construcción media	-4 -2 2 6 12 12 10 6 2								
Construcción pesada	-2 -2 0 4 8 10 10 8 4								

Tabla II.3 Infiltración en verano, debido a las aperturas de puertas para locales comerciales.

Aplicaciones	Infiltración por personas en un cuarto (pies <sup>3</sup> /min)		Promedio de permanencia (min)
	Puerta giratoria (72 plg)	Puerta oscilatoria (36 plg)	
	Banco .....	7.6	
Peluquería .....	3.6	4.6	45
Oficina del cajero .....	5.0	6.6	30
Fuente de sodas .....	6.0	6.6	30
Tabaquería .....	16.0	20.0	10
Tienda de ropa (tienda chica) .....	5.0	6.6	30
Tienda de vestidos .....	2.0	2.6	75
Farmacia .....	10.0	13.0	15
Paleta .....	2.0	2.0	30
Comedor .....	5.0	6.6	30
Tienda de ropa para hombre .....	3.6	4.6	45
Quipacho .....	2.6	3.0	60
Restaurante .....	2.0	2.6	75
Zapatería .....	3.6	4.6	45

Tabla II.4 Calor producido por las personas.

Grado de actividad	Aplicación típica	Grupo de personas			Temperaturas del cuarto (°F, BS)																								
		% de composición del grupo			82°F					80°F					78°F					75°F					70°F				
		[1] Btu/h	H <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	N <sup>3</sup>	[2] Btu/h	Sens.	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Lat.	Sens.	Lat.							
Sentado	Teatro	390	45	45	10	360	176	176	196	166	210	140	230	120	260	90													
Sentado; trabajo ligero	Escuela	450	60	60	0	400	180	220	196	206	216	186	240	160	276	126													
Trabajo de oficina, actividad moderada	Oficinas, hoteles, departamentos	476	60	60	0	460	200	270	200	260	216	236	246	206	286	166													
Parados; caminando despacio	Tienda de ropa, almacenes	660	10	70	20	460	200	270	200	260	216	280	246	206	286	166													
Caminando; sentado, de pie; caminando despacio	Cafeterías, Bancos	660	20	70	10	600	180	320	200	300	220	280	266	246	290	210													
Trabajo sedentario	Restaurantes	600	60	60	0	660	190	360	220	330	240	310	280	270	320	230													
Trabajo ligero	Fábrica, trabajo ligero	800	60	40	0	760	190	660	220	630	246	606	296	466	366	286													
Baile moderado	Salas de baile	900	60	60	0	860	220	630	246	606	276	676	326	526	400	460													
Caminando, 3 mph	Fábrica, trabajo algo pesado	1000	100	0	0	1000	270	730	300	700	330	870	380	620	460	640													
Jugando	Boliche	1600	76	26	0	1460	460	1000	466	986	486	986	526	926	606	846													

[1] Relación metálica de un hombre a adulto [2] Prams do de la relación metálica boliche

<sup>1</sup> Hombre <sup>2</sup> Mujer <sup>3</sup> Niño

Tabla B.5 Ganancia de calor debido al equipo misceláneo.

Dispositivo	(Btu/h)	
	Calor sensible	Calor latente
Luz eléctrica y aparatos eléctricos, por Kw instalado .....	3,413	.....
Motores con la carga aplicada en el mismo cuarto, por HP		
De 1/8 - 1/2 HP .....	4,250	.....
De 1/2 - 3 HP .....	3,700	.....
De 3 - 20 HP .....	2,950	.....
Cafetera eléctrica (3 galones) .....	2,200	1,500
Cafetera eléctrica (5 galones) .....	3,400	2,300
Estufa de gas .....	3,100	1,700
Calentador de agua .....	3,150	3,850
Horno doméstico de gas .....	8,100	4,000
Cafetera de gas (3 galones) .....	2,500	2,500
Cafetera de gas (5 galones) .....	3,900	3,900
Equipo calentado por vapor, por pie cuadrado		
Superficies calentadas por vapor:		
Pulida .....	130	.....
Sin pulir .....	330	.....
Superficie aislada .....	80	.....
Secadores de pelo para sala de belleza: *		
Tipo soplador .....	2,300	400
Tipo casco .....	1,870	330
Restaurantes, por comida servida .....	30 (Btu)	.....

Tabla B.6 Incremento en °F para añadir a la diferencial entre la temperatura de diseño exterior e interior para compensar el efecto solar.

	Parad esta	Parad sur	Pared oeste	Techo plano
Superficie color oscuro	8	5	8	20
Superficie color entre oscuro y claro	6	4	6	15
Superficie color claro	4	2	4	9

Tabla B.7 Cambio promedio de aire, por 24 horas para cuarto de almacenamiento superior a 32°F, debido a aperturas de puertas y filtración.

Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de aire por 24 horas	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de aire por 24 horas	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de aire por 24 horas	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de aire por 24 horas
250	38.0	1,000	17.5	6,000	6.5	30,000	2.7
300	34.5	1,500	14.0	8,000	5.5	40,000	2.3
400	29.5	2,000	12.0	10,000	4.9	50,000	2.0
500	26.0	3,000	9.5	15,000	3.9	75,000	1.6
600	23.0	4,000	8.2	20,000	3.5	100,000	1.4
800	20.0	5,000	7.2	25,000	3.0		

Tabla B.8 Cambio promedio de aire, por 24 horas para cuarto de almacenamiento a menos de 32°F,  
debido a aperturas de puertas y filtración.

Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de aire por 24 horas	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de aire por 24 horas	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de aire por 24 horas	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de aire por 24 horas
260	29.0	1,000	13.6	5,000	6.6	25,000	2.3
300	26.2	1,500	11.0	8,000	6.0	30,000	2.1
400	22.5	2,000	9.3	8,000	4.3	40,000	1.8
500	20.0	2,500	8.1	10,000	3.8	50,000	1.6
600	18.0	3,000	7.4	15,000	3.0	75,000	1.3
800	15.3	4,000	6.3	20,000	2.6	100,000	1.1

Tabla B.9 Datos de diseño para la ciudad de México.

Mes de Diseño	Temp. Bulbo Seco Ext. (°F)	Temp. Bulbo Húmedo Ext. (°F)	Humedad Relativa Int.	Temp. Bulbo Seco Int. (°F)	Diferencia de Granos	Corrección
MAYO	86	63	46%	72	7.45	-3
JUNIO	88	64	46%	72	9.97	-1
JULIO	90	66	44%	72	14.17	1
AGOSTO	90	64	46%	72	6.76	1
SEPTIEMBRE	87	63	46%	72	5.85	-2
DICIEMBRE	86	63	46%	72	7.45	-3
INVIERNO	44	60	50%	72	0.00	

Presión Barométrica:	22.784 In Hg
Altitud:	7360 pies
Latitud Norte:	19°
Rango promedio diario de temperatura:	20°F
Factor de claridad atmosférico:	0.90
Reflejo del suelo:	23%
Hora de inicio para cálculos de carga térmica:	1:00 AM
Hora de término para cálculos de carga térmica:	12:00 AM
Coefficiente de pérdida de calor del techo:	0.72 BTUH/ft²F



Tabla B.10 Factor para aire de acuerdo con la altura S.N.M.

Altura sobre el nivel del mar Pies	Presión Atmosférica	Raio de Densidad	Densidad Lb/ft <sup>3</sup>	Factor para el aire Btu/ctm F.
0	14.7	1.000	0.075	1.08
1000	14.2	0.966	0.072	1.04
2000	13.7	0.932	0.070	1.01
3000	13.2	0.898	0.067	0.97
4000	12.7	0.864	0.065	0.93
5000	12.2	0.830	0.062	0.90
6000	11.8	0.803	0.060	0.87
7000	11.3	0.769	0.058	0.83
8000	10.9	0.741	0.056	0.80
9000	10.5	0.714	0.054	0.77
10000	10.1	0.687	0.052	0.74

Tabla B.11 Promedio de calor ganado por ocupantes en espacios acondicionados.

Grado de actividad	Aplicación típica	Calor total		Calor sensible Btu/h	Calor latente Btu/h
		Adulto, hombre Btu/h	ajustado Btu/h		
Sentado, descansando	Teatro, cine	400	350	210	140
Sentado, trabajo muy ligero escribiendo	Oficinas, hoteles, dptos.	480	420	230	190
Sentado, comiendo	Restaurante	520	580	255	325
Sentado, trabajo ligero, escribiendo a máquina	Oficinas, hoteles, dptos.	640	510	255	255
Parado, trabajo ligero o caminando despacio	Tienda, banco	800	640	315	325
Trabajo ligero en banca	Fábrica	880	780	345	435
Caminando, 3 mph, trabajo ligero en máquina	Fábrica	1040	1040	345	695
Jugando	Boliche	1200	960	345	615
Bailando	Salón de baile	1360	1280	405	875
Trabajo pesado, trabajo de máquina pesado	Fábrica	1600	1600	585	1035
Trabajo pasado, ejercicio	Gimnasio	2000	1800	635	1165

Tabla B.12 Factor de carga de enfriamiento cuando las luces están encendidas por ocho horas.

Coeficiente "a"	Clasificación "b"	Número de horas después de encender las luces																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0.45	A	0.02	0.46	0.57	0.65	0.72	0.77	0.82	0.85	0.88	0.44	0.37	0.30	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.08	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02
	B	0.07	0.51	0.56	0.61	0.65	0.68	0.71	0.74	0.77	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20	0.16	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08
	C	0.11	0.55	0.58	0.60	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.28	0.26	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12
	D	0.14	0.58	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.68	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15
0.58	A	0.01	0.58	0.65	0.72	0.77	0.82	0.85	0.88	0.90	0.37	0.30	0.24	0.19	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
	B	0.06	0.60	0.64	0.68	0.71	0.74	0.76	0.78	0.81	0.28	0.25	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
	C	0.09	0.63	0.66	0.68	0.70	0.71	0.73	0.75	0.76	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10
	D	0.11	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.72	0.18	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12
0.68	A	0.01	0.66	0.73	0.78	0.82	0.85	0.86	0.91	0.93	0.28	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
	B	0.04	0.69	0.72	0.75	0.77	0.80	0.82	0.84	0.86	0.22	0.19	0.19	0.18	0.14	0.13	0.13	0.10	0.08	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06
	C	0.07	0.72	0.73	0.78	0.78	0.78	0.79	0.80	0.82	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07
	D	0.09	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.77	0.78	0.79	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.09
0.78	A	0.01	0.78	0.80	0.84	0.87	0.90	0.92	0.93	0.98	0.21	0.17	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
	B	0.03	0.78	0.80	0.83	0.84	0.85	0.87	0.88	0.89	0.18	0.14	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.08	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
	C	0.06	0.80	0.81	0.83	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05
	D	0.08	0.81	0.82	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07

Tabla B.13 Factor de carga de enfriamiento cuando las luces están encendidas por diez horas.

Coeficiente "a"	Clasificación "b"	Número de horas después de encender las luces																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0.48	A	0.01	0.47	0.58	0.66	0.73	0.78	0.82	0.86	0.88	0.81	0.83	0.49	0.38	0.32	0.28	0.21	0.17	0.13	0.11	0.08	0.07	0.08	0.00	0.04
	B	0.10	0.54	0.58	0.62	0.66	0.70	0.73	0.76	0.78	0.80	0.82	0.39	0.35	0.32	0.28	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.11
	C	0.18	0.59	0.61	0.64	0.68	0.68	0.70	0.72	0.73	0.75	0.75	0.33	0.31	0.29	0.27	0.28	0.24	0.23	0.21	0.20	0.18	0.18	0.17	0.19
	D	0.19	0.62	0.63	0.64	0.66	0.67	0.68	0.69	0.69	0.70	0.71	0.27	0.26	0.28	0.28	0.24	0.23	0.23	0.22	0.21	0.21	0.20	0.19	0.19
0.55	A	0.02	0.57	0.65	0.72	0.78	0.82	0.85	0.88	0.91	0.53	0.84	0.40	0.32	0.28	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03
	B	0.08	0.62	0.66	0.69	0.73	0.75	0.76	0.80	0.82	0.84	0.85	0.32	0.28	0.28	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09
	C	0.12	0.65	0.68	0.70	0.72	0.74	0.75	0.77	0.78	0.78	0.81	0.27	0.26	0.24	0.22	0.21	0.22	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13
	D	0.15	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.73	0.74	0.75	0.76	0.76	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.18	0.16	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16
0.68	A	0.02	0.66	0.73	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.84	0.95	0.31	0.28	0.20	0.16	0.13	0.11	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02
	B	0.06	0.71	0.74	0.75	0.78	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87	0.85	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.18	0.13	0.13	0.11	0.10	0.00	0.08	0.07
	C	0.09	0.74	0.76	0.77	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.21	0.20	0.18	0.17	0.18	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10
	D	0.11	0.78	0.77	0.77	0.78	0.78	0.79	0.80	0.81	0.81	0.82	0.17	0.17	0.18	0.16	0.18	0.16	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12
0.78	A	0.01	0.76	0.81	0.84	0.88	0.90	0.92	0.93	0.95	0.85	0.97	0.22	0.19	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
	B	0.04	0.78	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.88	0.90	0.81	0.82	0.16	0.18	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
	C	0.07	0.81	0.82	0.83	0.83	0.85	0.86	0.87	0.88	0.80	0.88	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07
	D	0.09	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86	0.86	0.89	0.87	0.87	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.08	0.09	0.08

Tabla B.14 Factor de carga de enfriamiento cuando las luces están encendidas por doce horas.

Coeficiente "a"	Clasificación "b"	Número de horas después de encender las luces																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
0.45	A	0.03	0.48	0.58	0.63	0.73	0.78	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.81	0.41	0.33	0.27	0.22	0.17	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06
	B	0.13	0.57	0.61	0.65	0.69	0.72	0.76	0.77	0.78	0.82	0.83	0.85	0.87	0.43	0.38	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21	0.18	0.17	0.15
	C	0.19	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.74	0.76	0.77	0.78	0.80	0.81	0.37	0.35	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.21	0.20
	D	0.22	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.74	0.75	0.76	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.23	0.23
0.65	A	0.04	0.58	0.68	0.73	0.78	0.83	0.86	0.88	0.91	0.93	0.94	0.98	0.96	0.42	0.34	0.27	0.22	0.15	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05
	B	0.11	0.65	0.68	0.72	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.85	0.88	0.89	0.38	0.32	0.25	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12
	C	0.15	0.69	0.71	0.73	0.75	0.76	0.78	0.80	0.91	0.83	0.84	0.85	0.36	0.29	0.27	0.28	0.24	0.22	0.21	0.20	0.18	0.18	0.17	0.16
	D	0.18	0.73	0.73	0.74	0.75	0.76	0.78	0.79	0.79	0.78	0.79	0.80	0.80	0.28	0.25	0.24	0.24	0.23	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19
0.95	A	0.03	0.67	0.74	0.79	0.83	0.85	0.86	0.91	0.83	0.84	0.85	0.86	0.88	0.88	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14
	B	0.09	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.84	0.85	0.87	0.88	0.88	0.90	0.91	0.27	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
	C	0.12	0.75	0.78	0.79	0.80	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	0.88	0.87	0.88	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13
	D	0.14	0.78	0.79	0.80	0.80	0.81	0.82	0.82	0.83	0.83	0.84	0.84	0.85	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.15
0.75	A	0.02	0.77	0.81	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
	B	0.05	0.81	0.83	0.84	0.86	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07
	C	0.09	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.88	0.89	0.90	0.91	0.91	0.91	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09
	D	0.10	0.85	0.85	0.86	0.86	0.85	0.87	0.87	0.86	0.88	0.88	0.89	0.89	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11

Tabla B.15 Factor de carga de enfriamiento calor sensible para gente.

Horas en el espacio	Horas después de que cada uno entra al espacio																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.38	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.11	0.09
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
18	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.98	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
16	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.98	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97

Tabla B.16 Factor de carga de enfriamiento calor sensible para aparatos-cubiertos.

Horas operando	Horas después de que se encendieron																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.27	0.40	0.25	0.18	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.28	0.41	0.51	0.59	0.39	0.30	0.24	0.19	0.16	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
8	0.29	0.42	0.52	0.59	0.65	0.70	0.46	0.37	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
8	0.31	0.44	0.54	0.61	0.68	0.71	0.75	0.78	0.65	0.43	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06
10	0.33	0.48	0.55	0.62	0.66	0.72	0.76	0.79	0.81	0.84	0.80	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
12	0.36	0.49	0.58	0.64	0.69	0.74	0.77	0.80	0.82	0.85	0.87	0.80	0.84	0.81	0.42	0.38	0.31	0.28	0.23	0.20	0.18	0.15	0.13	0.12
14	0.40	0.52	0.61	0.67	0.72	0.76	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.87	0.84	0.45	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19	0.18
16	0.45	0.57	0.65	0.70	0.75	0.78	0.81	0.84	0.86	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.69	0.56	0.48	0.39	0.34	0.29	0.25	0.22
18	0.52	0.63	0.70	0.75	0.79	0.82	0.84	0.86	0.89	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.71	0.56	0.48	0.41	0.35	0.30

Tabla B.17 Factor de carga de enfriamiento calor sensible para aparatos-descubiertos.

Horas operando	Horas después de que se encendieron																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.56	0.64	0.15	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
4	0.57	0.65	0.71	0.75	0.23	0.18	0.14	0.12	0.10	0.06	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00
8	0.57	0.65	0.71	0.76	0.79	0.82	0.29	0.22	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.00
8	0.58	0.66	0.72	0.70	0.80	0.82	0.85	0.87	0.33	0.28	0.21	0.16	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.00
10	0.60	0.68	0.73	0.77	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.36	0.29	0.24	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.07	0.06	0.00
12	0.62	0.69	0.75	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.93	0.38	0.31	0.25	0.21	0.18	0.15	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.00
14	0.64	0.71	0.76	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.92	0.93	0.38	0.31	0.25	0.21	0.18	0.15	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.00
16	0.67	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.98	0.97	0.42	0.34	0.28	0.24	0.20	0.18	0.15	0.10
18	0.71	0.78	0.82	0.85	0.87	0.89	0.89	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.98	0.43	0.35	0.29	0.24	0.21	0.10

Tabla B.18 Temperatura aire-sol para julio, 40° latitud Norte.

Hora	Temp. del aire									
	°F	$\alpha/h_s = 0.15$								
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO		
100	76	76	76	76	76	76	76	76	76	69
200	76	76	76	76	76	76	76	76	76	69
300	75	75	75	75	75	75	75	75	75	68
400	74	74	74	74	74	74	74	74	74	67
500	74	74	74	74	74	74	74	74	74	67
600	74	82	95	97	86	75	75	75	75	74
700	75	82	103	109	97	78	78	78	78	85
800	77	82	103	114	105	83	81	81	81	96
900	80	85	101	114	110	92	85	85	85	106
1000	83	89	96	110	112	100	89	89	89	115
1100	87	93	94	104	111	108	96	93	93	123
1200	90	98	96	97	107	112	107	97	96	127
1300	93	99	99	99	102	114	117	110	100	129
1400	94	100	100	100	100	111	123	121	107	126
1500	95	100	100	100	100	107	125	129	116	121
1800	94	99	98	98	98	100	122	131	120	113
1700	93	100	96	96	98	96	115	127	121	103
1800	91	89	92	92	92	92	103	114	112	91
1900	87	87	87	87	87	87	67	87	87	80
2000	65	85	85	85	85	95	85	95	85	78
2100	83	83	83	83	83	83	83	83	83	76
2200	81	91	81	81	81	81	81	81	81	74
2300	79	79	79	79	79	79	79	79	79	72
2400	77	77	77	77	77	77	77	77	77	70
Prom.	83	86	89	91	90	89	90	91	89	91

Tabla B.19 Porcentaje del promedio diario.

Hora	%	Hora	%	Hora	%	Hora	%
1	87	7	93	13	11	19	34
2	92	8	84	14	3	20	47
3	96	9	71	16	0	21	58
4	99	10	56	16	3	22	68
5	100	11	39	17	10	23	76
8	98	12	23	18	21	24	82

Tabla B.20 Código de construcción de techos.

Techo No.	Descripción	Códigos
1	Hoja de acero con 1 plg de aislamiento	A0, E2, E3, B5, A3, E0
2	1 plg de madera con 1 plg de aislamiento	A0, E2, E3, B5, B7, E1
3	4 plg concreto ligero	A0, E2, E3, C14, E0
4	2 plg concreto pesado con 1 plg de aislamiento	A0, E2, E3, B5, C12, E0
5	1 plg de madera con 2 plg de aislamiento	A0, E2, E3, B6, B7, E0
6	6 plg concreto ligero	A0, E2, E3, C15, E0
7	2.5 plg de madera con 1 plg de aislamiento	A0, E2, E3, B5, B8, E0
B	B plg concreto ligero	A0, E2, E3, C16, E0
9	4 plg concreto pesado con 1 plg de aislamiento	A0, E2, E3, B5, C6, E0
10	2.5 plg de madera con 2 plg de aislamiento	A0, E2, E3, B6, B8, E0
11	Sistema terraplanar de techos	A0, C12, B1, B6, E2, E3, C5, E0
12	6 plg concreto pesado con 1 plg de aislamiento	A0, E2, E3, B5, C13, E0
13	4 plg de madera con 1 plg de aislamiento	A0, E2, E3, B5, B9, E0

Tabla B.21 Diferencias de temperatura carga de enfriamiento techos planos.

Descripción de la construcción	Peso Lb/ft <sup>2</sup>	Coef. °U* Btu/hr-ft <sup>2</sup> -°F	Tiempo solar, hora															
			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Sin plafón																		
1 plg de madera con 1 plg de aislamiento	8	0.170	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38		
4 plg concreto ligero	18	0.213	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45		
4 plg concreto pesado con 1 plg (ó 2 plg) de aislamiento	52 (52)	0.200 (0.120)	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48		
4 plg de madera con 1 plg (ó 2 plg) de aislamiento	17 (18)	0.106 (0.078)	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41		
Con plafón																		
1 plg de madera con 1 plg de aislamiento	10	0.115	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61	58	51		
4 plg concreto ligero	20	0.134	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54		
4 plg concreto pesado con 1 plg (ó 2 plg) de aislamiento	53 (54)	0.128 (0.090)	21	20	20	21	22	24	2	29	32	34	36	38	36	38		
4 plg de madera con 1 plg (ó 2 plg) de aislamiento	19 (20)	0.062 (0.064)	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34		

Tabla B.22 Descripción de los grupos de construcción para paredes.

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso (lb/ft <sup>2</sup> )	Coef. "U" (Btu/h·ft <sup>2</sup> ·°F)	Código
<b>4 plg frente de ladrillo + (ladrillo)</b>				
C	Espacio de aire + 4 plg frente de ladrillo	83	0.358	A0, A2, B1, A2, E0
D	4 plg ladrillo común	90	0.415	A0, A2, C4, E1, E0
C	1 plg aislamiento o espacio de aire + 4 plg ladrillo común	90	0.174-0.301	A0, A2, C4, B1/B2, E1, E0
B	2 plg aislamiento + 4 plg ladrillo común	88	0.111	A0, A2, B3, C4, E1, E0
B	8 plg ladrillo común	130	0.302	A0, A2, C9, E1, E0
A	Aislamiento o espacio de aire + 8 plg ladrillo común	130	0.154-0.243	A0, A2, C9, B1/B2, E1, E0
<b>4 plg frente de ladrillo + (concreto pesado)</b>				
C	Espacio de aire + 2 plg concreto	94	0.350	A0, A2, B1, C6, E1, E0
B	2 plg aislamiento + 4 plg concreto	97	0.116	A0, A2, B3, C6, E1, E0
A	Espacio de aire o aislamiento + 8 plg ó más concreto	143-190	0.110-0.112	A0, A2, B1, C10/11, E1, E0
<b>4 plg frente de ladrillo + (bloque de concreto ligero o pesado)</b>				
E	Bloque 4 plg	62	0.319	A0, A2, C2, E1, E0
D	Espacio de aire o aislamiento + bloque 4 plg	62	0.153-0.246	A0, A2, C2, B1/B2, E1, E0
D	Bloque 8 plg	70	0.274	A0, A2, C7, A6, E0
C	Espacio de aire ó 1 plg aislamiento + bloque 6 plg ó B plg	73-89	0.221-0.275	A0, A2, B1, C7/C8, E1, E0
B	2 plg aislamiento + bloque 8 plg	89	0.096-0.107	A0, A2, B3, C7/C8, E1, E0
<b>4 plg frente de ladrillo + (teja)</b>				
D	Teja 4 plg	71	0.381	A0, A2, C1, E1, E0
D	Espacio de aire + teja 4 plg	71	0.281	A0, A2, C1, B1, E1, E0
C	Aislamiento + teja 4 plg	71	0.169	A0, A2, C1, B2, E1, E0
C	Teja 8 plg	96	0.275	A0, A2, C6, E1, E0
B	Espacio de aire ó 1 plg aislamiento + teja 8 plg	96	0.142-0.221	A0, A2, C6, B1/B2, E1, E0
A	2 plg aislamiento + teja 8 plg	97	0.097	A0, A2, B3, C6, E1, E0
<b>Pared concreto pesado + (acabado)</b>				
E	4 plg concreto	63	0.585	A0, A1, C6, E1, E0
D	4 plg concreto + 1 plg ó 2 plg aislamiento	63	0.119-0.200	A0, A1, C6, B2/B3, E1, E0
C	2 plg aislamiento + 4 plg concreto	63	0.119	A0, A1, B6, C6, E1, E0
C	8 plg concreto	109	0.490	A0, A1, C10, E1, E0
B	8 plg concreto + 1 plg ó 2 plg aislamiento	110	0.115-0.187	A0, A1, C10, B5/B6, E1, E0
A	2 plg aislamiento + 8 plg concreto	110	0.115	A0, A1, B3, C10, E1, E0
B	12 plg concreto	158	0.421	A0, A1, C11, E1, E0
A	12 plg concreto + aislamiento	156	0.113	A0, C11, B6, A6, E0
<b>Bloque concreto ligero o pesado + (acabado)</b>				
F	Bloque 4 plg + espacio de aire/aislamiento	29	0.161-0.263	A0, A1, C2, B1/B2, E1, E0
E	2 plg aislamiento + bloque 4 plg	29-37	0.105-0.114	A0, A1, B3, C2/C3, E1, E0
E	Bloque 8 plg	47-61	0.294-0.402	A0, A1, C7/C8, E1, E0
D	Bloque 8 plg + espacio de aire/aislamiento	41-67	0.149-0.173	A0, A1, C7/C8, B1/B2, E1, E0

Tabla B 23 Diferencias de temperatura carga de enfriamiento para paredes soleadas.

		Mes																				Máx	Min	Més	Dif.							
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	CLTD	CLTD	CLTD	CLTD			
Lat N	hacia	Paredes grupo A																														
	N	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4					
	NE	19	19	18	17	17	16	16	15	15	15	16	16	17	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	6						
	E	24	24	23	22	21	20	18	15	16	19	19	20	21	22	21	24	24	25	25	25	25	25	32	18	26	7					
	SE	24	23	22	21	20	19	16	15	18	19	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	24	24	32	18	29	6				
	S	25	25	24	24	23	22	21	20	19	18	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	23	14	20	9					
	SO	25	25	24	24	23	22	21	20	19	18	19	17	17	17	18	19	20	22	22	24	25	25	24	17	25	6					
	O	27	27	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	19	18	18	18	19	20	22	21	25	26	26	1	18	27	9				
	NO	21	21	21	20	19	18	18	17	16	15	15	15	14	14	14	15	15	15	15	16	16	18	19	20	21	1	14	21	7		
	Lat N	hacia	Paredes grupo B																													
		N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	8	8	8	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	6	18	2			
		NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	16	17	18	18	19	20	21	21	21	20	20	21	12	21	5		
E		23	22	21	20	18	17	16	15	15	16	17	19	21	22	24	26	26	26	27	27	27	26	28	26	24	20	15	27	12		
SE		22	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	19	18	20	21	23	24	26	26	26	26	26	28	25	24	23	11	22	11		
S		21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	16	16	17	18	20	21	22	22	21	23	11	22	11		
SO		27	26	25	24	22	21	19	18	18	18	16	14	14	13	13	14	16	16	17	18	20	21	22	22	21	23	13	28	18		
O		29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	27	29	30	24	14	10	10	18		
NO		23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	12	12	11	12	13	15	15	15	16	17	18	18	22	10	21	11	23	9	
Lat N		hacia	Paredes grupo C																													
		N	15	14	14	13	12	11	10	9	8	7	7	8	8	8	10	12	13	14	15	15	15	17	17	17	16	22	7	17	10	
		NE	19	17	16	14	13	12	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	23	23	23	23	23	23	22	21	20	20	10	20	18	
	E	22	21	19	17	16	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	28	30	30	30	30	30	29	28	27	29	24	18	13	30	18	
	SE	22	21	19	17	16	14	12	12	13	16	19	22	24	26	26	28	29	28	28	28	28	28	28	27	28	24	18	12	28	17	
	S	21	19	18	16	15	12	10	9	8	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	26	25	24	22	22	20	15	8	28	12		
	SO	29	27	25	23	20	16	18	13	13	11	11	11	11	15	18	22	25	28	28	33	33	33	33	31	31	22	11	10	22		
	O	31	29	27	25	23	20	18	14	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	26	33	35	35	35	35	35	37	22	13	35	27	
	NO	26	23	21	20	16	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	16	16	22	25	26	27	27	28	22	10	21	17		
	Lat N	hacia	Paredes grupo D																													
		N	15	13	12	10	8	7	6	6	6	5	7	8	9	10	12	13	14	15	15	15	17	17	17	16	22	7	19	13		
		NE	17	15	13	11	10	8	7	6	10	14	14	16	19	20	21	22	23	23	23	23	23	22	21	20	20	10	30	18		
E		18	17	15	14	11	8	6	13	17	22	29	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	6	37	26				
SE		20	17	15	13	11	9	8	10	19	17	22	24	26	28	31	32	33	33	31	30	28	26	24	22	17	6	33	24			
S		19	17	15	13	9	8	7	6	7	9	12	15	20	24	27	28	28	28	28	28	28	27	26	24	22	19	6	28	23		
SO		28	26	22	19	14	12	10	8	8	8	9	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30				
O		31	27	24	21	18	15	13	10	8	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	33				
NO		26	22	18	14	13	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	16	22	27	31	32	32	32	30	27	22	7	33	25			
Lat N		hacia	Paredes grupo E																													
		N	12	10	8	7	6	4	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	19	20	21	22	20	18	19	14	20	3	23	18	
		NE	13	11	8	7	5	4	6	8	10	13	16	20	24	28	32	36	38	38	36	35	34	33	30	26	22	17	15	18	4	28
	E	14	12	10	8	6	8	11	16	26	33	38	44	45	44	43	42	41	40	38	36	34	32	30	28	22	20	17	13	5	28	33
	SE	15	12	10	8	7	5	9	12	19	29	31	36	37	37	36	36	35	34	33	31	29	25	23	20	12	16	5	37	32		
	S	15	13	10	8	7	5	4	3	4	9	9	13	18	24	29	32	34	33	31	28	26	23	20	17	17	3	14	31			
	SO	22	18	15	12	10	8	5	4	6	7	9	12	18	24	33	38	43	45	44	44	40	35	30	28	16	9	49	40			
	O	25	21	17	14	11	9	7	6	8	7	9	11	14	20	27	35	43	48	48	45	40	34	29	20	6	48	43				
	NO	20	17	14	11	9	7	6	5	5	6	6	10	13	18	20	26	32	37	38	39	32	28	24	20	8	36	33				
	Lat N	hacia	Paredes grupo F																													
		N	8	6	8	9	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	19	12	11	18	1	23	23		
		NE	9	7	8	3	2	1	5	14	23	29	30	29	26	27	27	27	27	24	24	22	19	18	13	11	1	1	30	29		
E		19	7	6	4	3	2	6	17	38	38	44	45	44	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43		
SE		10	7	5	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41			
S		10	9	6	4	3	2	1	3	7	13	20	27	34	38	39	39	35	31	16	22	18	15	12	16	1	39	38				
SO		15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	16	7	53	48				
O		19	13	10	7	5	4	7	3	4	6	8	11	14	20	28	38	46	51	49	43	34	21	16	3	60	57					
NO		14	10	8	4	3	2	2	3	5	6	8	10	13	18	21	27	35	43	49	43	35	28	22	18	2	46	44				
Lat N		hacia	Paredes grupo G																													
		N	3	2	1	0	-1	2	3	8	9	13	15	18	21	23	24	24	26	26	22	19	11	8	7	6	18	-1	34	27		
		NE	9	2	1	0	-1	8	27	34	39	35	30	26	27	27	28	25	22	18	14	11	5	7	5	8	-1	39	40			
	E	4	7	1	0	-1	13	31	47	64	69	60	40	33	31	30	28	27	24	18	15	12	10	8	5	10	-1	59	58			
	SE	4	3	1	0	-1	8	18	32	42	49	51	46	42	36	32	30	27	24	19	16	12	10	8	5	11	-1	51	52			
	S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	48	47	37	31	28	20	18	12	10	8	6	14	-1	46	47			
	SO	5	4	3	1	0	0	2	6	9	17	28	36	50	69	63	61	52	37	34	17	15	10	8	10	0	63	61				
	O	6	5	3	2	1	1	2	8	11	19	29	41	66	97	72	67	48	39	20	15	11	6	12	1	72	71					
	NO	5	3	2	1	0	0	2	8	11	15	18	21	27	37	47	58	61	43	31	25	12	15	10	7	18	8	85	85			

Tabla B.24 Factor de corrección por mes y latitud aplicado a paredes y techos.

Lat.	Mes	N	NNE NNO	NE NO	ENE ONO	E O	EBE OSO	SE SO	SSE SSO	S	HOR
0	Dic	-3	-6	-6	-6	-2	0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sep	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-6	-8	0
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-6	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-6
8	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-6
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sep	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-6	-7	-9	-7	-2
	Jul	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-6	-6	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sep	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-6	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jul	8	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
24	Dic	-6	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Ene/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-6	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sep	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Abr/Ago	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jul	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dic	-6	-7	-10	-11	-8	-6	2	9	11	-17
	Ene/Nov	-6	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sep	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-6
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jul	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	Dic	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-20
	Ene/Nov	-6	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-6	-7	-6	-9	-6	-3	3	8	11	-16
	Mar/Sep	-4	-5	-6	-6	-3	-1	4	7	10	-9
	Abr/Ago	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-6
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jul	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	1
48	Dic	-8	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-2
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-2
	Feb/Oct	-6	-7	-10	-11	-8	-6	1	8	11	-1
	Mar/Sep	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-1
	Abr/Ago	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	1
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	4
	Jul	1	1	2	1	2	1	2	2	3	3



Figura B.1 Carta Psicrométrica.

BAROMETRIC PRESSURE: 22.7" HG. = 11.1 PSIA.  
 ELEVATION: 7500 FEET 2200 Mtrs.  
 NORMAL TEMPERATURES

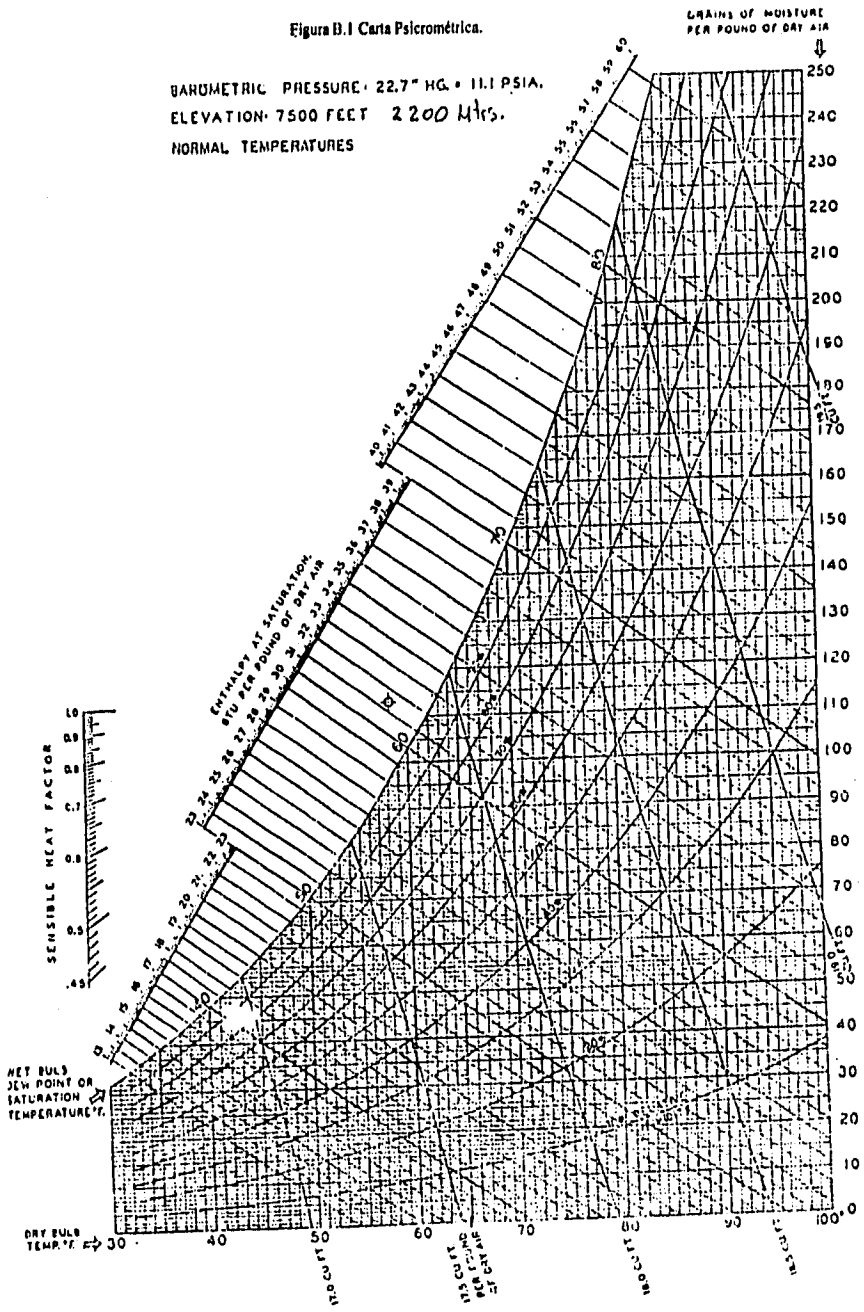


Tabla D.25 Factores de permeabilidad para paredes.

FACTORES DE PERMEABILIDAD MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN		
granos/hr/ft <sup>2</sup> /plg HgAVP		
Descripción del material o construcción	Permeabilidad	
	Sin sello de vapor	Con pintura retardadora (perm = 45)
<b>Materiales usados en construcción</b>		
Ladrillo 4 plg	0.80	0.29
Ladrillo 8.6 plg	0.39	0.21
Concreto 8 plg	0.40	0.21
Concreto 1 plg	3.20	-
Boque concreto 8 plg	2.40	0.38
Yeso en varilla 1/4 plg	15	0.44
Yeso aplinado 1/8 plg	50	0.45
Alatamiento 1 plg	50	-
Hoja de madera (ext.), 1/2 plg	0.35	0.20
Hoja de madera (int.), 1/2 plg	0.84	0.30
Madera de pino 1 plg	5.30	-
<b>Materiales aislantes.</b>		
Aire 1 plg	120	-
Corcho 1 plg	9.10	-
Alatamiento fibroso (desprotegido) 1 plg	116	-
Poliuretano expandido 1 plg	1.80	-
Poliuretano expandido (extruido) 1 plg	1.20	-
<b>Materiales para barrera de vapor</b>		
Hoja delgada (foil) de aluminio 0.002 plg	0.025	-
Polietano 0.002 plg	0.16	-
Poliuretano 0.006 plg	0.08	-
Cubierta de metal, sobre techo	0.00	-
<b>Papel, Revest</b>		
Rollo para techos saturado y cubierto 65 lb/100 ft <sup>2</sup>	0.24	-
Papel aislador cubierto de asfalto	4.20	-
Papel retenedor de vapor cubierto de asfalto	0.60	-
Filtro de asfalto 15 lb	5.60	-
Filtro de brasa 18 lb	18.20	-
<b>Pinturas y recubrimientos</b>		
Pintura retenedora de vapor de látex 0.003 plg	0.45	-
Sellador comercial de látex 0.0012 plg	8.28	-
2 capas de pintura aluminio, estimado	0.80	-
2 capas de pintura de asfalto, estimado	0.40	-

Figura B.2 Factor de carga por persona.

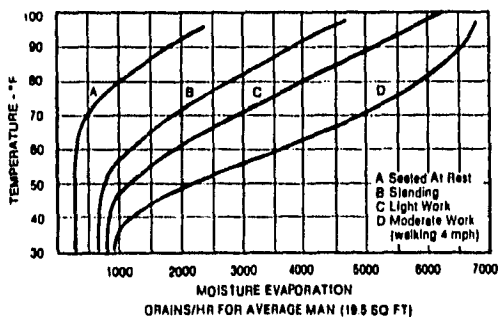


Tabla D.26 Factor de velocidad.

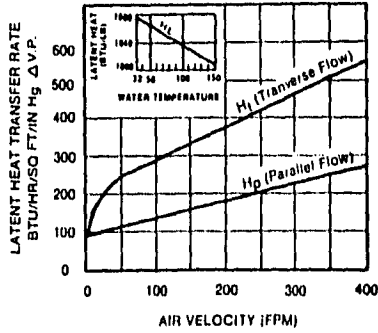


Tabla D.27 Rendijas (Puertas y ventanas).

		Filtración de aire a través de rendijas (ft³/hr/ft)					
		1	2.5	6	10	15	20
mph		1	2.5	6	10	15	20
ppm		88	220	440	880	1350	1760
plg H <sub>2</sub> O		0.0005	0.003	0.012	0.048	0.11	0.193
<b>Ventanas viejas</b>							
<i>Madera</i>							
	Fija	3	8	20	48	81	122
	Sin aislamiento	1	3	7	17	28	43
	Con aislamiento	0.5	1.5	4	9	15	23
<i>Metal</i>							
	Fija	6	18	43	108	178	282
	Sin aislamiento	2.5	8	19	47	77	114
	Con aislamiento	1	3	8	19	32	47
<b>Ventanas nuevas</b>							
	Madera y metal, todas	0.5	1.5	3.6	9	15	22
<b>Sobrevidiera</b>		En combinación con las anteriores, reduce los valores 40%					
<b>Puertas</b>							
<i>Corredizas</i>							
	Aluminio	1.5	4	10	26	43	64
	Madera	0.7	2	5	13	21	31
<i>Fijas</i>							
	Bien ajustada	0.5	1.3	3	8	13	19
	Bien ajustada, aislada	0.3	0.8	2	4	7	11
	Pobremente ajustada, 1/16 plg rend.	5	16	40	100	158	240
<b>Rendijas</b>							
	1/16 plg	7	23	63	130	217	295
	1/8 plg	13	45	105	255	436	630
	1/4 plg	25	90	210	515	865	1260
<b>Ladrillo</b>							
	8.5 plg aplanado	0.35	1	2.6	6	9	16
	8.5 plg aplanado c/2 capas yeso	n/a	0.01	0.025	0.05	0.06	0.14
	13 plg aplanado	0.3	0.95	2.3	6	8	14
	13 plg aplanado c/2 capas yeso	n/a	n/a	n/a	0.01	0.04	0.05

Tabla II.28 Velocidad (ft/seg) y caída de presión (ft H<sub>2</sub>O por cada 100 ft) para tubería relativamente áspera (tubería de hierro).

GPM	Diámetro nominal de tubería en pulgadas											
	1/2		3/4		1		1-1/4		1-1/2		2	
	Vel.	Caída de Presión	Vel.	Caída de Presión	Vel.	Caída de Presión	Vel.	Caída de Presión	Vel.	Caída de Presión	Vel.	Caída de Presión
	PPS	Pies de agua	PPS	Pies de agua	PPS	Pies de agua	PPS	Pies de agua	PPS	Pies de agua	PPS	Pies de agua
1	1.7	4.1										
2	3.2	15.5										
3	4.9	34.6	2.2	4.6								
4	6.5	57.8	2.9	8.3								
5	8.2	90.1	3.8	13.2	2.1	3.1						
10			7.5	48.5	4.2	11.8	2.7	4.2				
15			11.5	106.0	6.3	23.3	4.0	9.0	2.8	3.5		
20					8.4	46.2	5.4	15.5	3.7	6.0		
25					11.0	69.3	6.8	23.1	4.6	9.2	2.7	2.3
30							8.0	33.5	5.6	13.4	3.1	3.2
40							11.0	55.5	7.2	22.0	4.1	5.3
50									9.2	35.0	5.2	6.7
60									11.0	48.5	6.2	12.0
70											7.3	16.2
80											8.3	21.3
90											9.4	27.8
100											11.0	34.5
GPM	2-1/2		3		3-1/2		4		5		6	
	Vel.	Caída de Presión	Vel.	Caída de Presión	Vel.	Caída de Presión	Vel.	Caída de Presión	Vel.	Caída de Presión	Vel.	Caída de Presión
	PPS	Pies de agua	PPS	Pies de agua	PPS	Pies de agua	PPS	Pies de agua	PPS	Pies de agua	PPS	Pies de agua
40	2.7	1.8										
50	3.3	2.9										
60	4.0	4.0	2.8	1.8								
70	4.6	5.4	3.2	2.3								
80	5.3	6.9	3.8	3.0								
90	6.0	8.7	4.2	3.7	3.0	1.7						
100	6.7	11.0	4.7	4.6	3.5	2.1	2.7	1.1				
150	10.0	23.1	7.0	10.2	5.1	4.6	3.9	2.3	2.6	0.8		
200	13.0	40.4	9.3	16.7	6.8	8.1	5.1	3.9	3.4	1.8		
250			12.0	25.4	8.5	14.3	6.4	6.0	4.2	2.2		
300					10.0	16.4	7.5	8.3	5.0	3.0	3.4	1.1
400					13.5	30.0	10.0	14.3	6.7	5.2	4.7	2.1
500							13.0	22.4	8.4	8.1	5.8	3.2
600									10.0	11.3	6.9	4.4
700									12.0	14.8	8.0	6.0
800									13.5	19.2	9.1	7.9
900									15.0	24.2	10.5	9.7
1000											11.5	11.6
1500											17.5	25.4

Tabla B.29 Resistencia de válvulas y accesorios. Longitud equivalente en pies.

Diámetro Nominal en Pulgadas	Diámetro Int. en pulgs. Tubería Cédula 40	Válvula completamente abierta			Codo de 45° Std.	Codo de 90° Std.	Codo de 90° cuello largo o T Std. salida recta	T Std. con salida lat.	
		De com-puerta	De globo	De ángulo					
		De re-tención							
1/2	0.622	0.3	16	8	4.3	0.8	1.5	1.0	3.0
3/4	0.824	0.6	21	11	5.6	1.0	2.0	1.6	4.6
1	1.049	0.6	26	14	7.0	1.3	2.5	2.0	5.5
1-1/4	1.380	0.8	35	118	9.3	1.6	3.5	2.5	7.5
1-1/2	1.610	0.9	43	20	11.0	2.0	4.5	3.0	9.0
2	2.067	1.2	54	25	14.0	2.5	5.0	3.5	12.0
2-1/2	2.469	1.4	65	31	17.0	3.0	6.5	4.0	14.0
3	3.068	1.7	80	40	21.0	3.8	8.0	5.0	17.0
3-1/2	3.548	2.0	95	45	24.0	4.5	10.0	6.0	20.0
4	4.026	2.5	110	51	28.0	5.0	11.0	7.0	22.0
5	5.047	3.0	140	70	35.0	6.0	14.0	9.0	26.0
6	6.065	3.5	160	80	42.0	8.0	16.0	10.0	33.0

Tabla B.30 Rangos típicos para selección de bombas.

GPM	Carga total en pies								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
10	1/3 P100	1/3 P100	1/3 P100	1/2 P100	1/2 P100	3/4 P100	1 P100	1 P100	1 1/2 P200
20	1/3 P100	1/3 P100	1/3 P100	1/2 P100	3/4 P100	3/4 P100	1 P100	1 P100	1 1/2 P200
30	1/3 P100	1/3 P100	1/2 P100	1/2 P100	3/4 P100	1 P100	1 P100	1 1/2 P200	2 P200
40	1/3 P100	1/2 P100	1/2 P100	3/4 P100	1 P100	1 P100	1 1/2 P200	1 1/2 P200	2 P200
50	1/2 P100	3/4 P100	3/4 P100	1 P100	1 P100	1 1/2 P200	1 1/2 P200	2 P200	2 P200
60	1 1/2 P200	1 1/2 P200	1 1/2 P200	1 1/2 P200	1 1/2 P200	1 1/2 P200	2 P200	2 P200	3 P200
70	1 1/2 P200	1 1/2 P200	1 1/2 P200	1 1/2 P200	1 1/2 P200	2 P200	2 P200	3 P200	3 P200
80	2 P200	2 P200	2 P200	2 P200	2 P200	2 P200	2 P200	3 P200	3 P200
90	2 P300	2 P300	2 P300	2 P300	2 P300	3 P300	3 P300	3 P300	5 P300
100	2 P300	2 P300	2 P300	2 P300	2 P300	3 P300	3 P300	5 P300	5 P300

## BIBLIOGRAFÍA.

- Alarcón Creus, José. Tratado práctico de refrigeración automática. México, Publicaciones marcombo, S.A., 1987,(9ª de.), 398 p.p.
- ASHRAE. ASHRAE Handbook. 1989 Fundamentals. Atlanta, GA, USA, American Society of Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers, Inc., 1989, 338 p.p.
- ASHRAE. ASHRAE Handbook. 1994 Refrigerating systems and applications. Atlanta, GA, USA, American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers, Inc., 1994, 598 p.p.
- ASHRAE. Cooling and Heating Load Calculation Handbook -ASHRAE GRP158, New York, N.Y., USA, American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers, Inc., 1979, 425p.p.
- Burghard, M. David. Ingeniería termodinámica. México, HARLA, 1984, (2ª de.), 558p.p.
- Carrier Air Conditioning Company. Handbook of Air conditioning system desing. New York, N.Y., Mc Graw Hill, 1965, (4ª de.), 798 p.p.
- Carrier Air Company. Manual de aire acondicionado. Barcelona, España, Marcombo Boireaux editores, 1986, (1ª de. 7ª de. Reimp.), 844 p.p.
- Eastman KODAK Company. El cuidado de la película cinematográfica. México, Publicación KODAK N.-H-23MSp, 1988, 117 p.p.
- Haines, Roger W. HVAC System design handbook. Blue Ridge Summit, PA, USA, TAB Professional and reference books, 1988, 390 p.p.

- Hernández Goribar, Eduardo. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración, México, Limusa, 1988, (1<sup>a</sup> de 8<sup>a</sup> reimp.), 461 p.p.
- Johnson Controls. Control products catalog: Heating, Air Conditioning and Refrigeration Controls for Commercial, Industrial and Residential Applications, Milwaukee, WI, USA, Johnson Control Publications, 1989, 184 p.p.
- Harriman III, Lewis G. The Dehumidification Handbook, Amesbury, MA, USA, Cargocaire Engineering Corporation, 1994, 2 04 p.p.
- Munters Cargocaire. Honey Combe Industrial Dehumidifiers, Amesbury, MA, USA, Cargocaire Engineering Corporation, 1994, 2 p.p.
- Namm Industrial, S.A. Manual de selección de rejillas y difusores Monterrey, N.L., México, Namm Industrial, 20 p.p.
- TACO Inc. Circuit Setter, catalog # 400-2.1, Cranston, RI, USA, 1992, 4 p.p.
- TACO Inc. FE Frame- Mounted End Suction Pumps, Cranston, RI, USA, 1984, 8 p.p.
- TACO Inc. "PLUS ONE" Multi-purpose valve, catalog 300-4.2, Cranston, RI, USA, 1984, 4 p.p.
- TACO Inc. "SD" Series suction diffuser, catalog 300-4.1, Cranston, RI, USA, 1987, 4 p.p.
- The TRANE Company. Air-cooled Liquid Chillers, catalog CG-DS-1, Lacrosse, WI, USA, 1992, 74 p.p.
- The TRANE Company. Packaged cooling with electric heat rooftop units, catalog TC-D-S, Lacrosse, WI, USA, 1992, 67 p.p.
- Titus MFG, corporation. Square and rectangular air diffusers, bulletin TMD-6.5B, Waterloo, IO, 20 p.p.
- YORK and RECOLD. Technical Manual Form 195.55-TM, Evaporative water coolers, New York, N.Y., USA, 20 p.p.
- YORK International. Tubería para agua, forma A7615079-2, México, 21 p.p.