

78
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**



EL D. F. A. M.
SECRETARIA DE EDUCACION
SUPERIOR

**MAQUINAS TERMICAS.
AIRE ACONDICIONADO PARA EQUIPO DE
COMUNICACION POR FIBRA OPTICA.**

REGISTRADO DE
EXAMENES PROFESIONALES

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO
ELECTRICISTA
PRESENTA:
MIGUEL TOMAS MONJARAZ CALDERIN**

ASESOR: ING. JUAN DE LA CRUZ HERNANDEZ ZAMUDIO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
 SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
 EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
 DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
 PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Máquinas Térmicas, Aire Acondicionado para Equipo de
Comunicación por Fibra Óptica.

que presenta el pasante: Miguel Tomas Monjaraz Calderin
 con número de cuenta: 80601A1-A para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 26 de Febrero de 19 96

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I</u>	<u>Ing. Juan De la Cruz Hernández Zamudio</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Ing. Filiberto Leyva Pida</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Bernardo Muñoz Martínez</u>	<u>[Firma]</u>

DEP/VOROSEM

DEDICATORIAS

PADRES Y HERMANOS:

Por forjar un ser de provecho, en la incertidumbre de la adolescencia y la rebeldía de la juventud. Porque gracias a sus consejos y apoyo he llegado a realizar una más de mis metas.

ESPOSA E HIJOS: .

Porque gracias a su apoyo he logrado alcanzar una meta en mi camino.

No es fácil llegar a esta meta, se necesita ahinco, lucha, deseo, pero sobre todo apoyo como el que he recibido durante este tiempo. Gracias por lo que hemos logrado.

AMIGO:

Porque con nada puedo agradecer su amistad, tiempo y compañía.

OBJETIVOS

- 1.- Entender los principios y leyes termodinámicas que se aplican para acondicionar un espacio.
- 2.- Comprender y aplicar los conceptos que intervienen en el acondicionamiento de aire.
- 3.- Comprender la aplicación de esta rama de la ingeniería, dependiendo de las condiciones específicas que se requieran en cierto espacio.

ÍNDICE :

I.- ANTECEDENTES.....	2
1.- PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS.....	16
1.1.-PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA.....	16
1.2.-SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA.....	19
1.3.-GAS IDEAL.....	21
1.3.1.-LEY DE BOYLE.....	21
1.3.2.-LEY DE CHARLES.....	22
1.3.3.-ECUACIÓN CARACTERÍSTICA DE LOS GASES PERFECTOS.....	23
1.3.4.-LEY DE AVOGADRO.....	24
1.3.5.-LEY DE GIBBS DALTON.....	25
2.-CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA VAPOR AIRE.....	29
2.1.-COMPOSICIÓN DEL AIRE.....	29
2.2.-HUMEDAD ESPECÍFICA O RELACIÓN DE HUMEDAD.....	30
2.3.-RELACIÓN DE SATURACIÓN.....	32
2.4.-TEMPERATURA DE ROCÍO.....	32
2.5.-TEMPERATURA DE BULBO SECO Y HÚMEDO.....	33
2.6.-CONDICIONES DE SATURACIÓN.....	34
2.7.-ENTALPIA TOTAL DEL AIRE.....	34
2.8.-CARTA PSICROMÉTRICA.....	37
2.9.-MEZCLA DE DOS FLUJOS DE AIRE.....	41
2.10.-PROCESOS PSICROMÉTRICOS.....	43
3.-CANTIDAD Y CARACTERÍSTICAS DEL AIRE SUMINISTRADO.....	51
3.1.-EN INVIERNO (CALEFACCIÓN).....	51
3.2.-EN VERANO (REFREGERACIÓN O ENFRIAMIENTO).....	52
3.3.-CÁLCULO DE HUMEDAD.....	52
3.4.-CÁLCULO DEL CALOR LATENTE.....	53
3.5.-FACTOR DE CALOR SENSIBLE.....	53
3.6.-AIRE DE RETORNO.....	55
3.7.-VENTILACIÓN.....	55
4.-CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA PARA CALEFACCIÓN.....	57
4.1.-TRANSMISIÓN DE CALOR A TRAVÉS DE MUROS, TECHOS Y PISOS.....	59
4.2.-INFILTRACIÓN DE AIRE.....	60
4.2.1.-MÉTODO DE RANURAS.....	60
4.2.2.-MÉTODO DE ÁREA.....	60
4.2.3.-MÉTODO DE VOLUMEN.....	61
4.2.4.-INFILTRACIÓN A TRAVÉS DE MUROS.....	61

5.-CÁLCULO DE GANANCIA DE CALOR PARA REFRIGERACIÓN.....	63
5.1.-GANANCIA DE CALOR DEBIDO A LA TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE BARRERAS.....	64
5.2.-GANANCIA DE CALOR DEBIDO AL EFECTO SOLAR.....	65
5.2.1.-CALOR GANADO A TRAVÉS DE CRISTALES.....	65
5.2.2.-CALOR GANADO A TRAVÉS DE MUROS Y TECHOS.....	67
5.3.-GANANCIA DE CALOR DEBIDO A INFILTRACIÓN DE AIRE.....	68
5.4.-GANANCIA DE CALOR DEBIDO A PERSONAS.....	69
6.-MEMORIA DE CÁLCULO DE CARGA, PARA EQUIPO DE COMUNICACIÓN POR FIBRA OPTICA, DE EL CAMPAMENTO BELEM DE LAS FLORES, DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO.....	72
6.1.- CARGA PARA REFRIGERACIÓN.....	72
6.2.-GANANCIA DE CALOR DEBIDO A TRANSMISIÓN.....	72
6.3.-GANANCIA DE CALOR DEBIDO A INFILTRACIÓN DE AIRE.....	83
6.4.-GANANCIA DE CALOR DEBIDO A PERSONAS.....	84
6.5.-EQUIPO MISCELÁNEO.....	84
6.6.-CONDICIONES DEL AIRE A LA SALIDA DE LOS DIFUSORES.....	86
6.7.-AIRE REQUERIDO PARA VENTILACIÓN.....	87
6.8.-CAPACIDAD DEL ACONDICIONADOR CUANDO SOLO EL AIRE DE VENTILACION SE TOMA DEL EXTERIOR.....	88
7.-CRITERIO DE SELECCIÓN DEL EQUIPO.....	90
8.-CONDUCCIÓN DEL AIRE.....	91
9.-CONCLUSIONES.....	94
APÉNDICE.....	96

I.- ANTECEDENTES

I.1 HISTORIA GENERAL DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO

En los siguientes puntos se mencionarán las etapas más importantes por las que ha pasado el desarrollo de Luz y Fuerza del Centro desde sus orígenes hasta la actualidad, de las cuales se mencionan aspectos que han sido importantes para que surgieran cambios y por lo tanto han venido a favorecer a la organización.

I.1.1 EL SURGIMIENTO 1889-1917

Al final del siglo pasado se dio la necesidad de que se desarrollara alguna organización para que diera el abastecimiento de energía a la población, incluyendo organizaciones, empresas, fábricas, hogares, campo, etc.

Por lo tanto se formó un grupo de personas que comenzaron a integrar una organización que proporcionara energía a la comunidad, cuyas principales actividades eran la minería y la industria textil.

Como consecuencia la Industria Eléctrica fue creada durante el último tercio del siglo pasado, "fue a partir de 1889 cuando se inicia la instalación de plantas hidroeléctricas tales como las minas de Batopela (Chihuahua), las minas del Real del Oro (Estado de México), y la de Tlalpujahua (Michoacán)"¹ todas están alrededor de las zonas mineras y textiles, para

¹ Manual de Antecedentes Históricas, Gerencia de Distribución pág. 1

generar fuerza automotriz y luz, con el objeto de ampliar las jornadas de trabajo de los obreros e impulsar la introducción de maquinaria moderna que elevara su productividad.

Como las industrias importantes de México entre ellas la eléctrica estaba dominada por inversiones o consorcios extranjeros ingleses o canadienses; contando con una política de puertas abiertas del gobierno mexicano, obtuvieron enormes facilidades para expandirse y extender su dominio en forma monopólica.

La concesión para la construcción del complejo hidroeléctrico la obtuvo la *Mexican Light and Power Company* en el año de 1903, con grandes facilidades y apoyos para realizar la construcción: libertad de importación de toda la maquinaria, aparatos, instrumentos científicos, alambres, cables, refacciones, todos los materiales para la realización de los trabajos hidráulicos, para los efectos de la generación, transmisión, transformación y distribución de la energía por 10 años para los primeros quince mil caballos de fuerza, exención aduanal y diez años *por lo que se refiere a todas las instalaciones adicionales*.

Se le otorgaron facultades para tratar con propietarios el arrendo de terrenos y ríos, si las obras lo ameritaban, más en caso de necesidad del propietario, el gobierno realizaría la expropiación de los bienes y la Compañía procedería a utilizar dentro de sus obras esos medios.

La industria eléctrica como ya se mencionó, "se instaló en las minas de Real del Monte (Pachuca), Real del Oro (Estado de México), Talpujahuá, Juandó (Hidalgo) o en las zonas textiles como Río Blanco e incluso en las grandes concentraciones urbano-industriales como la ciudad de México; en esta última zona la *Mexican Light and Power company, Ltd.*, hacia el año de 1906 terminada la construcción de la gran obra hidroeléctrica de Necaxa,

consolidaba su poder pues ya había adquirido las empresas competidoras como la Compañía de Gas y Luz Eléctrica, la Compañía Mexicana de Electricidad y la Compañía Explotadora de las Fuerzas Hidroeléctricas de San Idelfonso."²

Fue inevitable para las pequeñas y medianas empresas competir con la Mexican Light, la cual absorbió sus propiedades y concesiones o bien se les enfrentó por vía del manejo de los precios. Para 1906, la zona centro de la República era zona de control y trabajo de la Mexicana Light and Power, la expansión industrial de la ciudad de México contó con un elemento principal para generarse, al mismo tiempo, la zona urbano-industrial fortaleció a la MexLight.

La Mexican Light compartía esta zona con otra empresa de igual importancia económica, dependían del mismo consorcio británico-canadiense, esa era la México Tramways company (la Compañía de Tranvías de México).

El gerente general de las empresas era el mismo para ambas y el crecimiento económico fue sostenido durante los últimos años del siglo pasado y llegó hasta entrada la etapa armada de la revolución.

Para el año de 1910 la Mexican Light tenía un capital de 25 millones de pesos y repartió 4 millones 631 mil pesos de utilidades.

Mientras que para los industriales o consorcios internacionales la situación económica o financiera era de bonanza, para el conjunto de trabajadores mexicanos se agudizaba la forma de sobre llevar la vida o al menos mantenerla en un nivel decoroso.

² LUX Revista de los trabajadores No. 338, 70 años de Democracia pág. 6

Aún para los periodos álgidos de la lucha revolucionaria, 1914-1916, las reivindicaciones obreras buscaban afanosamente que los salarios alcanzaran el peso diario como promedio y la jornada mínima de ocho horas de trabajo. La situación económica de las familias obreras era grave.

Fue así que los electricistas desde los años en que la Mexican Light and Power Company inició su expansión y consolidación intentaron organizarse para mejorar sus condiciones de trabajo y elevar sus niveles de vida, a través de la participación de los obreros esmerados en el asunto.

Habiendo analizado las formas características de la empresa, consideraban injusto su proceder y pugnaron por reorientar su vínculo con ella establecida.

Primero fue la creación de la Sexta Sección de la Liga de Electricistas Mexicanos entre 1906 y 1908, en un intento que permitiese defender colectivamente los intereses de los trabajadores electricistas que laboraban para las empresas como la de Gas y Luz Eléctrica Limitada, la Hidroeléctrica de San Idelfonso, la Nacional de Electricidad, las Siemens y Halsky o la Mexican Light. Pero eran tiempos de dura represión, persecución o despido contra todo aquel que lo intentaba.

El segundo intento, más acabado empezó en septiembre de 1911 con la fundación de la Liga de Electricistas Mexicanos como una organización con bases *mutualistas cooperativistas*. Proponía ayuda económica al necesitado y socio.

A partir de esos años, las organizaciones de los trabajadores empezaron a modificarse y fueron dejando atrás a las sociedades mutualistas o cooperativistas, encontrando en el

sindicato la nueva expresión de las fuerzas obreras para afrontar las consecuencias graves que les afectaban y obtener los dos grandes objetivos por los cuales se luchaba en esos momentos.

Para los meses de octubre, noviembre y diciembre de 1914 los electricistas se agruparon para encontrar solución a su mala condición con la compañía de Tranviarios que eran los elementos suficientes para invocar y convocar a los distintos componentes, por lo tanto fue la creación de la *Compañía de Luz y Fuerza Matriz*.

Como consecuencia se generaron despidos y por lo tanto los trabajadores no estaban de acuerdo y se llevaron a cabo durante un período de 1915-1917 una huelga por año, ya que pedían aumento de salarios, por lo que en algunas ocasiones no se les concedió y *fracasaron*.

I.1.2 REORGANIZACIÓN Y EXPANSIÓN 1918-1933

En términos generales a los trabajadores electricistas la derrota de la huelga general de 1916, lo había desorganizado no sólo por la falta de vínculos entre sus divisiones sino internamente, entre los departamentos, se había resquebrajado el interés por la defensa colectiva. Los logros defensivos del convenio de 1917, mostraban una organización, debilitada. Por eso, los primeros años de la década de los veinte, serían los que impregnarían de nuevo un espíritu de lucha; a pesar de la derrota, poco a poco, los electricistas mostrarían de nueva cuenta su capacidad y claridad para plantear los puntos de negociación en los

centros de trabajo, pertinentes y adecuados a los nuevos lineamientos que regían en aquellos años.

Además de tener su matriz en el Distrito Federal tenían sus sucursales en Puebla de Zaragoza, en San Luis Potosí, Chihuahua, Veracruz, Yucatán, Michoacán, Zacatecas, y territorios de Baja California.

Para el año de 1926 la Compañía agrupaba a 25 divisiones: Distrito Federal (Integrantes: los obreros de la Cía. Telefónica y Telegráfica Mexicana, los de la Mexican Light and Power Company, algunos tranviarios de la Mexican Trarways Company, y algunos electricistas particulares del sindicato de electricistas), era la división más poderosa; Necaxa y Puebla, del Estado de Puebla; sin embargo los procedimientos organizativos no se conocen con claridad, pues los estatutos de la propia confederación aprobados por la segunda convención en marzo de ese año dificultan entender cómo y cuáles divisiones pertenecían a qué organismo.

En este mismo año (1926) surgió un cambio muy importante ya que los empleados y trabajadores cambiaron el nombre a la organización la cual la denominaron *Compañía Mexicana de Luz y Fuerza* del mismo D.F.

Las divisiones eran autónomas y se reconocía una sola por cada región o localidad.

Como ya se había mencionado, se unieron los trabajadores de la Cía de Tranvías y la Cía. de Luz y Fuerza pero a medida de que pasaba el tiempo surgieron problemas ya que los empleados y trabajadores no sabían a que organización pertenecían, cuando esperaban algún aumento no lo recibían por lo que se vieron en la necesidad de llegar a un acuerdo entre

3

ambas compañías donde a cada trabajador dependiendo de su antigüedad y cumplimiento le otorgaron puestos en ambas compañías y surgió la separación de estas bajo un convenio que se llevó a cabo el 6 de abril de 1933.

Este convenio fue definitivo ya que arreglaría la situación entre las partes, cierto que no se estaba cumpliendo con él, pero los elementos precisos para encontrar la solución estaban estampados ahí.

Para 1932 y 1933 el funcionamiento del Taller electromecánico, junto con la escuela, aportaron mejores capacidades y experiencias laborales para los participantes.

En esta forma, se observó una organización que se preocupaba por sus integrantes, la cual otorgaba impulsos para superar por sí las deficiencias posibles.

Con los conflictos entre empresarios y organizaciones obreras se habían agudizado en los últimos años de los veinte, la crisis del veintinueve produjo sobre todo baja en el poder adquisitivo de los salarios y desempleo.

Fue entonces la creación del Sindicato Mexicano de Electricistas; los intentos realizados por este y otros sindicatos y confederaciones eran casi semestrales, la Cámara del Trabajo era un ejemplo de ello, pero a su vez todos ellos pertenecían a la organización más grande de los sindicatos que era la Confederación de Trabajadores de México, (CTM).

1.1.3 CONTRATO DE 1936

En el año de 1935 ya existían 41 Departamentos y Secciones donde se llevaban a cabo diferentes actividades.

Sin embargo, los procedimientos de la empresa para la realización de las labores en sus propios centros de trabajo eran difíciles porque en su mayor parte, las relaciones de producción a realizar por los obreros no se precisaban, existían muchos elementos ambiguos y por ello se dificultaban las pláticas para resolver problemas. Además, la presión ejercida por los trabajadores de confianza era constante.

Por lo tanto se lleva a cabo la nueva contratación el 30 de Abril de 1936, donde se estipuló que se iba a ordenar, reglamentar y hacer más claras y precisas las disposiciones del contrato colectivo.

Durante 1937 y 1938 ocurrieron sucesos importantes. Sin duda el primero fue el más significativo ya que se dio la salida del Sindicato Mexicano de Electricistas, (SME) de la CTM.

“Cuando el SME dejó de participar en actividades relacionadas con la CTM dejando atrás las tendencias de Fidel Velázquez, este se apegó más a la ley que se manifestó en el propio sindicato, en donde los trabajadores tienen en él un amigo sincero y leal que hace respetar los derechos constitucionales; desde entonces fue la creación del lema:”

POR EL DERECHO Y LA JUSTICIA DEL TRABAJADOR

El segundo suceso no fue muy agradable ya que surgió la huelga más grande de aquellos tiempos.

Donde el SME dio a la Compañía el pliego de peticiones y no fue aceptado dando inicio a la etapa más crucial de la empresa, a las doce horas del día 16 de Julio de 1936 estalló la huelga. En realidad la capacidad organizativa del SME se mostró con plenitud.

Durante el conflicto la empresa desató una campaña contra la huelga, misma que a nivel de boletines, mítines y periódicos también contrarrestó el SME.

El día 24 de julio se reanudaron las pláticas y el SME propuso resolver no las cláusulas del contrato una por una ya que se pretendía responder a las demandas del pliego de peticiones. Así, en la madrugada del día 25 de julio se llegó a un convenio, con un triunfo absoluto del SME, pues la empresa firmo la aceptación completa del mencionado pliego. Se procedió de inmediato a levantar la huelga y se comunicó, agradeciendo el resultado al Presidente Cárdenas.

A partir de estas fechas 1937 en adelante se crearon sucesos muy importantes como fueron los siguientes:

"1939 - 1952 Se dio el estancamiento electricista.

1952 - 1959 La transición democrática electricista.

1960 - 1984 Crisis y Fortalecimiento de la empresa."⁴

³ LUX Revista de los trabajadores No. 338 70 años de Democracia pág. 60

⁴ LUX Revista de los trabajadores No. 338 70 años de democracia pág. 64,78,94

I.1.4 .- EN LA ACTUALIDAD

Cada año hasta la fecha se llevan a cabo asambleas en el SME y se revisa el Contrato Colectivo de Trabajo anualmente.

En el año de 1993 en la revisión contractual se realizó un análisis completo de la situación económica en la que se encontraba la organización ya que estaba en liquidación y su razón social decía:

COMPañÍA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, EN LIQUIDACIÓN

Por lo tanto el Gobierno hizo un convenio con la empresa en que el absorbía la deuda que tenía ya que trabajaba con números rojos, y al término de cinco años si no se recuperaba y pagaba su deuda se iban a ver en la necesidad de vender la compañía; pero a su vez no debería de haber ninguna contratación.

En marzo de 1994 nace:

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO

Después de veinte años de angustia, los electricistas consolidan la nacionalización, durante la revisión contractual, se barrió con obstáculos legales.

En los primeros días del mes de enero de este año (1994) el SME presentó a Luz y Fuerza del Centro el pliego petitorio para la revisión anual de su contrato colectivo de trabajo, el cual vencía el 16 de marzo siguiente.

El ánimo de los trabajadores y sus dirigentes no estaban muy convencidos de que fuera aceptado el pliego petitorio ya que por varios motivos en los que había cambiado el

Gobierno, no fuera acreditado y se llegara a la desintegración tanto del contrato como la supervivencia de la organización.

Estos cambios habían sido:

"La modificación de la Ley del servicio público de energía eléctrica en diciembre de 1992

Su reglamento en mayo de 1993

Los compromisos del Tratado Internacional del Libre Comercio"¹

En este año 1995, se amenaza con ser el peor año para la clase trabajadora mexicana ya que se tuvieron problemas por la devaluación que se efectuó a finales del año pasado y repercutieron a la organización en cuanto al presupuesto que se tenía y por lo tanto la Compañía no quería aceptar ni otorgar todo el pliego petitorio que le dio el SME y a consecuencia de esto, se iba a ir a huelga Luz y Fuerza el 16 de marzo, pero en el mes de enero dentro de las actividades previas a esa revisión se cumplieron acuerdos de las Asambleas Generales y que fundamentalmente fueron promover una movilización general a través de la realización de asambleas, mítines y reuniones este año se llevaron a cabo unos acuerdos el día 15 de marzo se tuvo una asamblea magna extraordinaria que fue la de mayor concentración en la historia del S.M.E. donde se dieron respuestas afirmativas al pliego mencionado y se liberó la Compañía de ese problema, dando a conocer también que a Construcción y otros departamentos obreros con salarios bajos, se les dio un gran reconocimiento por su gran esfuerzo y trabajo en cuanto a sus condiciones de trabajo.

¹ La Jornada Laboral No. 38 Jueves 31 de Marzo de 1994

I.1.5 OBJETIVOS GENERALES Y PARTICULARES DE LUZ Y FUERZA

Luz y Fuerza, es una empresa de participación estatal mayoritaria que se encontraba en liquidación y presta el servicio público de energía eléctrica en la zona central del País, de acuerdo al art. 4o. transitorio de la ley de Servicio Público de Energía Eléctrica

"Su objetivo principal es el de promover, conducir, vigilar y coordinar las áreas de la compañía de acuerdo a las políticas emitidas por la Dirección General y Legislación vigente, para efecto de generar, transformar, transmitir, distribuir y comercializar la energía eléctrica en la zona centro del país, como son los Estados de Michoacán, Puebla, Estado de México, D.F. entre otros."⁶

Dentro de los objetivos particulares que se pueden mencionar son los siguientes:

Controlar adecuadamente todas sus subestaciones, campamentos y sucursales.

Tener un rendimiento productivo al 100 % de sus trabajadores tanto de confianza, como administrativos y obreros.

Modernizar todas y cada una de las secciones y departamentos por los que se compone el sector eléctrico.

Ser una organización dedicada principalmente a la distribución y comercialización de energía eléctrica, pero conservando su capacidad de Generación.

Luz y Fuerza del centro tendrá que seguir siendo revendedora de energía

⁶ Manual de Antecedentes Históricos, Gerencia de Distribución

Como se puede uno imaginar, debido a lo extenso del área en la que presta sus servicios Luz y Fuerza del Centro, tiene la imperiosa necesidad de comunicarse entre sus diferentes centros de trabajo.

Por lo cual, la compañía de Luz y Fuerza del Centro se va actualizando en materia de comunicación, y debido a esto, para tener en optimas condiciones los equipos de acuerdo a las características muy específicas, y para el mejor control y funcionamiento de dicho equipo, se tiene que diseñar un sistema de acondicionamiento de aire, basado en los principios y las leyes Termodinámica. Por lo que en el primer capítulo de este trabajo, se mencionan tanto las leyes de termodinámica como las de los gases perfectos. Ya que si bien, el aire no es un gas ideal, se asemeja mucho a ellos y cumple en cierto porcentaje estas leyes.

En el capítulo 2, metiéndonos mas en materia del acondicionamiento del aire, se definen los términos que se utilizan frecuentemente en materia de aire acondicionado, como ; humedad específica, relación de saturación , temperatura de rocío, temperatura de bulbo húmedo etc., ya que el acondicionamiento del aire, depende de el manejo de dichas características, de acuerdo con los requerimientos que se especifiquen, ya sea para comodidad, para mantener en optimas condiciones tanto el equipo (como es nuestro caso en este trabajo) como a diferentes alimentos, o para algún proceso en particular.

En el capítulo tres, se define la cantidad y características del aire suministrado a un espacio a acondicionar, dependiendo de si se requiere calefacción o refrigeración, por lo que se mencionan las temperaturas exteriores para algunas zonas del país, así como las temperaturas de comodidad o temperaturas de diseño.

Por lo general, el problema de diseñar un sistema de acondicionar un espacio, se ve englobado en calcular la carga térmica ya sea para calefacción o refrigeración, por lo que se establece en los capítulos cuatro y cinco como se calculan las cargas térmicas.

El capítulo seis, es la aplicación de todos los conceptos que se mencionaron en los diferentes capítulos, en un problema ya específico, en el cual se tiene un espacio con ciertos requerimientos.

1. PRINCIPIOS TERMODINAMICOS

1.1 PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

El Principio de la conservación de la energía constituye la primera ley de la termodinámica, la cual dice que la energía no puede crearse ni destruirse sino únicamente convertirse de una forma en otra. Por ejemplo, para cualquier clase de sistema tenemos:

$$E_{\text{ent.}} = E_{\text{fin. alm.}} - E_{\text{ini. alm.}} + E_{\text{sal.}}$$

$E_{\text{ent.}}$ = energía que entra en el sistema

$E_{\text{fin. alm.}}$ = energía final almacenada

$E_{\text{ini. alm.}}$ = energía inicial almacenada

$E_{\text{sal.}}$ = energía que sale del sistema

Todas las cantidades que intervienen en esta igualdad deben medirse con las mismas unidades.

Ecuación de la energía para sistemas cerrados. Consideremos la ecuación anterior con respecto al sistema no fluente de la figura 1.1. El calor Q fluye y entra al sistema, lo cual hace que el fluido se expanda, empujando al émbolo móvil contra cualquier clase de resistencia por ejemplo, la presión P_0 , de los medios circundantes, o un peso y un resorte que ejercen una fuerza variable F , que depende del tipo y cantidad de compresión del resorte. En consecuencia, el trabajo, W , lo hace el fluido al vencer esta resistencia. En

ausencia de movimiento dentro del sistema no fluyente, la energía almacenada de una sustancia es totalmente energía interna, U ,

de ahí que podemos llamarla ecuación de la energía no fluyente o la ecuación simple de la energía.

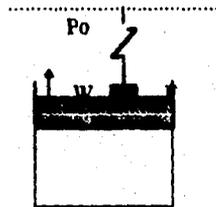


FIG. 1.1

$$Q = U_2 - U_1 + W$$

$$dQ = du + dw \text{ (Btu/lb)}$$

U = energía interna

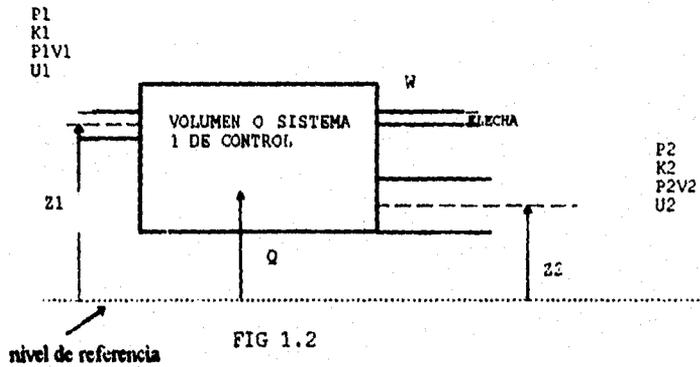
Q = calor suministrado

W = trabajo

Ecuación de energía de flujo, o corriente estacionaria. En el sistema de flujo estacionario o constante, no hay variación de energía ni de la masa almacenada en el sistema; de ahí que la ley de la conservación de la energía se reduzca a:

$$E_{\text{ent.}} = E_{\text{sal.}}$$

tomando en cuenta todas las formas de energía que atraviesan la frontera tenemos:



P = energía potencial

K = energía cinética

U = energía interna

Wf = trabajo de flujo = $P1 \times V1, P2 \times V2$

Q = calor

W = trabajo en el eje o flecha

Por tanto, la ecuación de la energía se expresa por energía que entra igual a la energía que sale, figura 1.2,

$$P1 + k1 + Wf1 + U1 + Q = P2 + K2 + Wf2 + U2 + W$$

$$dQ = dU + dWf + dK + dP + dW$$

donde todos los términos están en las mismas unidades y expresan la ecuación de Bernoulli.

1.2 SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA

Reversibilidad. La importancia de la idea de la reversibilidad reside en que un proceso o ciclo que sea reversible en todos sus aspectos es el más perfecto que la mente puede concebir. Tales idealizaciones proporcionan tanto una norma de perfección como un medio para simplificaciones matemáticas. De ahí que siempre que podamos definir el proceso reversible, tenemos posibilidades de encontrar irreversibilidad y quizá corregirlas hasta cierto punto.

Podemos decir que cualquier proceso que ocurra en sentido opuesto es reversible y si no, es irreversible. La irreversibilidad está presente siempre que:

- a) el calor fluya debido a una diferencia de temperatura.
- b) ocurra un choque inelástico (todos los son)
- c) intervenga rozamientos (energía perdida por fricción)

Resumiendo: Si después de completar un proceso, se puede volver a seguir en orden inverso los distintos estados del proceso original, si todas las cantidades de energía absorbidas por el medio circundante o cedidas por este pueden retornarse a sus estados originales (trabajo retornado en trabajo, calor reintegrado en calor, etc.) el proceso será reversible externa e internamente.

Diversos enunciados de la segunda ley de la termodinámica.

Kelvin - Plank: Es imposible construir una máquina con un solo depósito de calor que, mientras funcione siguiendo un ciclo, produzca otros efectos que el de realizar trabajo a base de tomar calor de dicho depósito enfriándolo.

El resultado neto de cualquier proceso real es un aumento de entropía del sistema y de sus medios circundantes, considerados en conjunto (no necesariamente un aumento en cada uno), o sea la entropía de un sistema aislado aumenta o permanece la misma si sus procesos son reversibles.

Ninguna máquina o motor real ni ideal que funcione siguiendo ciclos puede convertir en trabajo todo el calor que se suministra a la sustancia de trabajo; esta tiene que descargar o ceder parte de su calor a un sumidero naturalmente accesible. Debido a este aspecto, la segunda ley frecuentemente se conoce por ley de la Degradación de la energía.

Es imposible que una máquina por sí sola y sin ayuda de un agente exterior, transporte calor de un cuerpo a otro que tenga mayor temperatura que el primero.

Cada vez que alteramos nuestro presupuesto de energía tenemos que pagar una comisión; este tributo nunca puede ser completamente recuperado y debe considerarse no como una destrucción, sino lanzado a la pila de desecho del universo.

La segunda ley de la termodinámica proporciona una información referente a la posibilidad de transformar una forma determinada de energía en trabajo mecánico. Esto es lo que se denomina la utilidad de la energía.

En todos los procesos naturales parece existir una irreversibilidad, es decir, una tendencia universal a que la energía degenera.

1.3 GAS IDEAL

La idealización es lo más práctico que podemos hacer en la termodinámica ya que este paso facilita algunos cálculos matemáticos. Aunque ningún gas real es ideal muchos de ellos se comportan de manera muy semejante y sus cálculos como gases ideales proporcionan buenas respuestas en ingeniería.

Todo aquel gas que obedezca las leyes de Boyle, Charles, Joule y Avogadro, se dice que es gas perfecto.

1.3.1 LEY DE BOYLE.

A temperatura constante, el volumen de un determinado peso de un gas perfecto es inversamente proporcional a la presión absoluta, es decir, en tales circunstancias se verifica,

$$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = C$$

en donde

P = Presión absoluta, en lb/pulg² o km/cm²

V = volumen de gas, en pie³ o m³

C = una constante

La curva

denomina

isoterma del gas y su forma es la de una hipérbola equilátera sobre el plano PV.

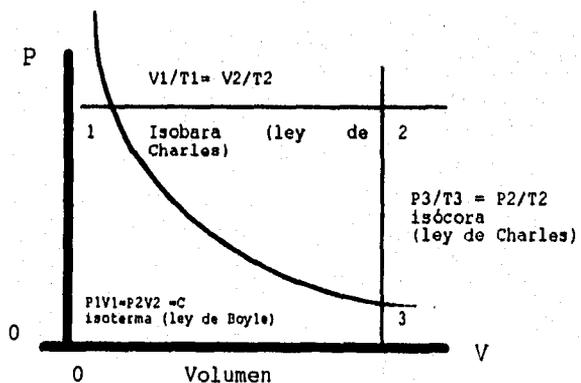


fig. 1.3

1.3.2 LEY DE CHARLES.

Cuando un determinado peso de un gas perfecto recibe o cede energía mientras se mantiene a volumen constante, las presiones absolutas son directamente proporcionales a las temperaturas absolutas, esto es $P/T = C$ o sea.

$$P_1/T_1 = P_2/T_2 = P_3/T_3 = \dots = P_n/T_n$$

La curva que une los estados-punto que tiene el mismo volumen específico se denomina isócora. En gas perfecto las isócoras son líneas rectas verticales sobre el plano PV (fig. 1.3).

Otra parte de la ley de Charles dice que cuando un peso determinado de un gas perfecto absorbe o cede energía mientras se mantiene a presión constante, los volúmenes son directamente proporcionales a las temperaturas absolutas es decir, que se verifica $V/T = C$, o sea

$$V_1/T_1 = V_2/T_2 = V_3/T_3 = \dots = V_n/T_n$$

Las curvas que unen los estados - punto que tienen la misma presión se denominan isobaras.

En un gas perfecto estas curvas son líneas rectas horizontales situadas en el plano PV (fig. 1.3).

1.3.3 ECUACIÓN CARACTERÍSTICA DE LOS GASES PERFECTOS.

En la fig. 1.3 se hallan representadas gráficamente las leyes de Boyle y Charles. Supongamos que los puntos 1 y 2 se eligen arbitrariamente y se hace pasar una hipérbola equilátera por el punto 1 y una recta vertical por el punto 2; estas dos líneas se cortan en el punto 3. La ley de Boyle es cierta para los puntos 1 y 3; por consiguiente, tomando un peso fijo cualquiera de gas tendremos $P_1V_1 = P_3V_3$ porque $T_1 = T_3$. Dividiendo miembro a miembro, resulta.

$$P_1V_1/T_1 = P_3V_3/T_3$$

La fórmula demuestra que para un gas perfecto la relación PV/T tiene el mismo valor en el estado punto para un peso fijo.

$$Pv/T = R.$$

v = volumen específico

La constante R tiene un valor para cada gas.

Multiplicando ambos miembros de la ecuación por la masa m de m libras de gas se tiene que:

$$Pvm = mRT$$

$$vm = V(\text{pies}^3)$$

$$PV = mRT$$

se llama ecuación característica de los gases perfectos.

Valores de R:

para el aire = 53.3 pie-lb/lb °R

vapor de agua = 85.77 pie-lb/lb °R

1.3.4 LEY DE AVOGADRO

Iguals volúmenes de cualquier gas, a la misma presión y temperatura, tienen el mismo número de moléculas, se concluye que el peso m_1 de cualquier gas es al peso m_2 , de otro gas, como sus pesos moleculares M_1 es a M_2 , cuando cada uno ocupa el mismo volumen, a la misma presión y temperatura.

$$m_1/m_2 = M_1/M_2$$

$$m_1 = P_1V_1/R_1T_1 \text{ y } m_2 = P_2V_2/R_2T_2$$

$$M_1/M_2 = (P_1V_1/R_1T_1)/(P_2V_2/R_2T_2)$$

Por lo tanto

$$M_1/M_2 = R_2/R_1.$$

$$M_1R_1 = M_2R_2 = B$$

donde :

$$B = 1,545 \text{ lb pie} / \text{mol} \text{ } ^\circ\text{R} \text{ (constante universal)}$$

Mol es una unidad de cantidad de materia que tiene una masa numéricamente igual al peso molecular, expresada en libras o gramos.

Suponiendo que:

V' = volumen de una mol en pies³ (pies³/mol)

$B = MR$

N = número de moles

$V = V'N$

$m = NM$

$PV = mRT$

$PV'N = NMRT$

por lo tanto:

$PV' = BT$

Multiplicando todo por N tenemos:

$PV = NBT$

Esta es la ecuación molar de un gas perfecto.

1.3.5 -LEY DE GIBBS-DALTON

Cualquier mezcla de gases ejerce una presión total igual a la suma de las presiones parciales de cada gas.

$$P_t = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

Ejercicios:

1.1.- Encontrar el peso del aire seco contenido en un salón cuyo volumen es de 5000 pies³; la temperatura es de 70°F y la presión atmosférica de 13 lb/plg²

datos

$$V = 5000 \text{ pies}^3$$

$$T = 70^\circ\text{F} + 460 = 530 \text{ }^\circ\text{R}$$

$$P = 13 \text{ lb/plg}^2 \times 144 \text{ plg}^2/\text{pie}^2 = 1872 \text{ lb/pie}^2$$

$$R = 53.3 \text{ lb pie/lb }^\circ\text{R}$$

Formula:

$$m = PV/RT$$

sustituyendo tenemos:

$$m = 1872 \times 5000 / 53.3 \times 530 = 331.34 \text{ lb}$$

1.2.- Un tanque de almacenamiento de aire de 10000 pies³ tiene una presión de 86 lb/plg² medidas y una temperatura de 70°F. si la presión atmosférica es de 14 lb/plg², encontrar el número de moles y el peso del aire.

Datos:

$$P_t = 86 + 14 = 100 \text{ lb/plg}^2 \times 144 \text{ plg}^2/\text{pie}^2 = 14400 \text{ lb/pie}^2$$

$$V = 10000 \text{ pies}^3$$

$$T = 70^\circ\text{F} + 460 = 530^\circ\text{R}$$

$$B = 1545 \text{ lb pie/mol } ^\circ\text{R}$$

$$R = 53.3 \text{ lb pie/ lb } ^\circ\text{R}$$

Fórmulas:

$$N = PV/BT$$

$$m = PV/RT$$

Sustituyendo:

$$N = 14400 \times 10000 / 1545 \times 530$$

Por lo tanto el número de moles es:

$$N = 175.86 \text{ moles}$$

$$m = 14400 \times 10000 / 53.3 \times 530$$

$$m = 5097.53 \text{ lb}$$

1.3.- Un salón de 13500 pies³ contiene aire saturado de humedad; la temperatura es de 90°F y la presión barométrica es de 29.92 plg de Hg. Encontrar:

- a.- Presión parcial del aire seco.
- b.- Presión parcial del vapor de agua.
- c.- Peso del aire seco

d.- Peso del vapor de agua

Datos:

$$V_m = 13500 \text{ pies}^3$$

$$P = (29.92 \text{ plg de Hg}) \times (14.7 \text{ lb} \times 144 \text{ plg}^2) / (29.92 \text{ plg de Hg}) \times (1 \text{ pie}^2 \text{ plg}^2)$$

$$P = 2116.8 \text{ lb/pie}^2 = 14.7 \text{ lb/pulg}^2$$

$$T = 90^\circ\text{F} + 460 = 550^\circ\text{R}$$

$$R_a = 53.3 \text{ lb pie} / \text{lb}^\circ\text{R}$$

$$R_v = 85.7 \text{ lb pie} / \text{lb}^\circ\text{R}$$

De tablas a $T = 90^\circ\text{F}$ y $P = 29.92 \text{ plg de Hg}$ ver apendice

$$P_{\text{vapor}} = 0.698 \text{ lb/plg}^2$$

$$d_v = \text{densidad del vapor} = 0.0021344 \text{ lb/pie}^3$$

$$v_{\text{as}} = \text{volumen especifico del aire seco en la mezcla saturada} = 14.53 \text{ pie}^3/\text{lb}$$

$$V_m = \text{volumen de la mezcla} = 13500 \text{ pies}^3$$

Fórmulas:

$$P_a = P_m - P_v$$

$$m_{\text{as}} = V_m / v_{\text{as}}$$

$$m_{\text{vapor}} = d_v \times V$$

sustituyendo tenemos:

$$P_a = 14.7 - 0.698 = 14 \text{ lb/plg}^2$$

$$m_{as} = 13500 \text{ pie}^3 \text{ lb} / 14.53 \text{ pie}^3 = 929.11 \text{ lb}$$

$$m_{\text{vapor}} = 0.0021344 \times 13500 \text{ lb/pie}^3 \times \text{pie}^3 = 28.81 \text{ lb}$$

2. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA VAPOR AIRE.

Acondicionar el aire es controlar su temperatura, humedad y pureza, su objetivo es procurar la comodidad de los ocupantes de residencias teatros escuelas etc. o bien mantener productos alimenticios o químicos a bajas temperaturas para evitar que se contaminen.

2.1.1 COMPOSICIÓN DEL AIRE:

	Volúmenes en	Porcentaje
Nitrógeno	78.1	76.0
Oxígeno	20.9	23.1
Argón	1.0	0.9

Estos datos se refieren aire seco, pero la humedad puede variar de 0 a 4 % .

Calor específico (C_p)

Calor específico a presión constante:

$$C_p = 0.2415 \text{ ó } 0.24 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$$

Para fines que requieren precisión:

$$C_p = 0.24112 + 0.000009 t$$

t = temperatura °F

Calor específico a volumen constante:

$$C_v = 0.1714 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

Volumen específico (v)

El volumen específico es el recíproco del peso específico, o sea:

$$v = 1/W$$

Para $t = 70^\circ\text{F}$ y $P = 29.92$ pulgadas de Hg:

$$v = 1/0.07496 = 13.34 \text{ pies}^3/\text{lb (aire seco)}$$

$$v = 1/0.0724 = 13.66 \text{ pies}^3/\text{lb (aire seco contenido en una libra de aire saturado)}$$

$$v = 1/0.0745 = 13.43 \text{ pie}^3/\text{lb (mezcla vapor de agua-aire saturado)}$$

2.2 HUMEDAD ESPECÍFICA O RELACIÓN DE HUMEDAD (W_v)

El peso de vapor de agua expresado en libras o gramos por libra de aire seco se llama humedad específica; se representa como W_v cuando la mezcla no está saturada, y como W_d cuando sí lo está.

Humedad relativa (% h)

$$(\% h) = P_v/P_d = d_v/d_d$$

en donde

P_v = presión parcial del vapor de agua

d_v = densidad existente del vapor de agua

P_d = presión de saturación del vapor de agua

d_d = densidad del vapor saturado

Variación de la humedad relativa

a) La humedad relativa se puede aumentar de las siguientes formas:

1. Reduciendo la temperatura, sin variar la humedad absoluta.
2. Aumentando la humedad absoluta sin variar la temperatura.

b) La humedad relativa se puede disminuir de las siguientes maneras:

1. Aumentando la temperatura, sin variar la humedad absoluta.
2. Disminuyendo la humedad absoluta, sin variar la temperatura final.

Relación entre presiones parciales y humedad específica

$$W_v = 0.622 \times P_v/P_m - P_v$$

donde:

Pv = presión de vapor

Pm = presión de la mezcla

2.3 RELACIÓN DE SATURACIÓN (Rs) .

Rs = Wv/Wd

Wv = peso de vapor mezclado en lb v/lb a

Wd = peso de vapor saturado en lb d/lb a

lb v = libras de vapor

lb a = libras aire seco

Lb d = libras de aire saturado

Relación de la humedad relativa con la relación de la saturación:

Rs = (% h) X (Pm - Pd) / (Pm - Pv)

% h = (Rs) X (Pm - Pv) / (Pm - Pd)

2.4 TEMPERATURA DE ROCÍO: (tw)

La temperatura de rocío indica la cantidad de humedad contenida en el aire.

La temperatura de rocío se puede disminuir, substrayendo humedad del aire, y se puede aumentar añadiendo vapor de agua a un peso dado de aire.

Características de la temperatura de rocío:

Medida de la humedad

Temperatura a la cual se satura el aire

Temperatura que no cambia sin cambiar la humedad.

Si se enfría por debajo de está, empieza la condensación.

Sólo se reduce disminuyendo vapor

Sólo aumenta añadiendo vapor

2.5 TEMPERATURA DE BULBO SECO Y DE BULBO HÚMEDO:

Temperatura de bulbo seco: (tbs)

La temperatura de bulbo seco es la que se mide con un termómetro ordinario, y es la medida del calor sensible del aire expresado.

Temperatura de bulbo húmedo: (tbb)

La temperatura del bulbo húmedo indica la cantidad de calor total contenido en el aire y está expresado en grados Fahrenheit o centígrados. Se determina cubriendo el bulbo de un termómetro con franela o con un trapo húmedo y haciendo pasar aire rápidamente; en esta

forma la humedad comienza a evaporarse. La temperatura del agua y del aire circundante baja proporcionalmente a la evaporación ocurrida.

La diferencia entre la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo se llama depresión de bulbo húmedo.

2.6 CONDICIONES DE SATURACIÓN:

$$t_{bs} = t_{bh} = t_w$$

Conociendo la t_{bh} , existen fórmulas experimentales que permiten conocer la presión parcial del vapor del agua:

$$1) P_v = (P_w - P_m) \times (t_{bs} - t_{bh}) / (30 \times 90) \text{ (Apjohn, 1837)}$$

$$2) P_v = P_w - (P_m - P_w)(t_{bs} - t_{bh}) / (2.800 - 1.3t_{bs}) \dots \text{ (Carrier, 1911)}$$

P_w = presión de evaporación del líquido a t_{bh}

P_v = presión actual del vapor de agua

2.7 ENTALPIA TOTAL DEL AIRE: (h_t)

$$h_t = h_s + h_L$$

h_s = entalpia del aire seco

h_L = entalpia del vapor de agua (entalpia del calor latente)

$$h_s = C_p (t_2 - t_1)$$

C_p = Calor específico del aire (.24 btu/lb°F)

t_1 = temperatura inicial en °F

t_2 = temperatura final en °F

Si

$t_1 = 0$:

$h_s = C_p \times t$

$q_s = M \times C_p \times t \dots$

$q_s = M \times h_s \dots$

M = flujo de masa en lb/hr de aire

$h_L = W_v \times h_v$

W_v = libras de vapor contenidas en una libra de aire

W_d = libras de aire saturado

h_v = entalpia del vapor de agua en Btu/lb v, que es tomado de tablas

$h_L = W_d \times \%h \times h_v$

$q_L = M \times h_L = M \times W_d \times \%h \times h_v$

$Q_t = q_s + q_L = M \times h_t = M \times (h_s + h_L)$

$Q_t = M \times (C_p \times t + W_d \times \%h \times h_v)$

para problemas prácticos :

a) para temperaturas de 70 a 150°F

$$h_v = 1060.5 + 0.45t$$

t = temperatura

b) para temperaturas por debajo de los 70°F

$$h_v = 1061.7 + 0.439t$$

Volumen de aire seco que se incrementa 1 °F por cada Btu suministrado.

$$q_s = M \times C_p \times t$$

Datos:

$$q_s = 1 \text{ Btu}$$

$$C_p = 0.24 \text{ Btu/°F}$$

$$t = 1 \text{ °F}$$

Sustituyendo:

$$M = 1 / (0.24 \times 1) = 4.161 \text{ lb}$$

$$\text{a } 70^\circ\text{F } v_{\text{esp del aire seco}} = 13.34 \text{ pie}^3 / \text{lb}$$

v esp del aire saturado

$$V = v_{\text{esp}} \times M = 13.34 \times 4.161 = 55.5 \text{ pie}^3$$

Para aire saturado:

$$V = 13.68 \times 4.161 = 56.9 \text{ pie}^3$$

Volumen de una mezcla de aire y vapor de agua

$$V_{\text{total}} = V_{\text{aire seco}} + \%h (V_{\text{aire sat.}} - V_{\text{aire seco}})$$

2.8 CARTA PSICOMÉTRICA:

La carta psicométrica es la representación gráfica de las tablas y, con ella se puede analizar gráficamente las propiedades psicométricas y se facilita la solución de diferentes problemas.

La carta muestra básicamente la relación entre las cinco siguientes propiedades del aire.

- 1) Temperatura de bulbo húmedo
- 2) Temperatura de rocío
- 3) Temperatura de bulbo seco
- 4) Humedad relativa
- 5) Humedad específica.

Cuando se conocen dos de estas propiedades las demás se encuentran con facilidad.

Línea saturación temp de rocío

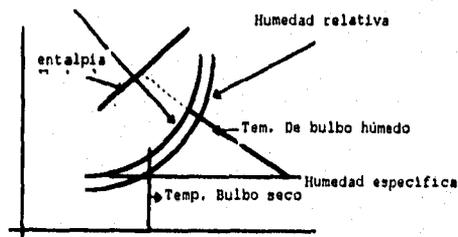


Fig.2.1

1.- Se tiene aire cuyas condiciones iniciales son $tbs = 40^{\circ}F$, $\%ah = 60\%$ y al pasar por un calentador humidificador, sus condiciones finales son $tbs = 70^{\circ}F$ $\%ah = 80\%$, con la ayuda de las tablas psicométricas calcular:

a) Cambio de presión parcial DP_v

b) Agua agregada W_v

c) Cambio de volumen V

d) Calor total agregado ht

e) Calor sensible agregado hg

f) Calor latente agregado hL

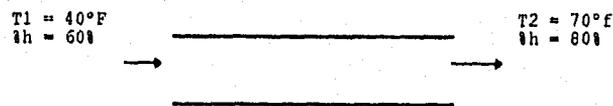


Fig 2.2

A $T_1 = 40^{\circ}F$ tenemos aire condensado 60 %

$$P_{1d} = 0.1217 \text{ lb/plg}^2$$

$$d_{1d} = 0.0004090 \text{ lb/pie}^3$$

$$W_{1d} = 0.005194 \text{ lbd/lb aire}$$

$$V_{mez1d} = 12.69 \text{ pie}^3/\text{lbmez}$$

$$V_{1\text{seco}} = 12.59 \text{ pie}^3/\text{lb aire}$$

$$h_v = 1077.2 \text{ BTu/lb}$$

$$P_v = P_d \times \%h = 0.1217 \times 0.6 = 0.07302 \text{ lb/pie}^2$$

$$d_v = P_d \times \%h = 0.0004090 \times 0.6 = 0.0002454 \text{ lb/pie}^3$$

$$W_v = W_d \times \%h = 0.005194 \times 0.6 = 0.0031164 \text{ lbv/lb aire}$$

$$V_T = V_a + V_v = V_a + \%h \times (V_{\text{mez}} - V_{\text{seco}})$$

$$V_{T\text{mez}} = 12.59 + (12.69 - 12.59) \times 0.6 = 12.65 \text{ pie}^3/\text{lbmez}$$

$$\text{A } T_2 = 70^\circ\text{F tenemos aire saturado } \%h = 80$$

$$P_{2d} = 0.3628 \text{ lb/plg}^2$$

$$d_{2d} = 0.0011507 \text{ lbv/pie}^3$$

$$W_{2d} = 0.01574 \text{ lbd/lb aire}$$

$$V_{\text{seco}} = 13.34 \text{ pie}^3/\text{lb aire}$$

$$V_{\text{mezsat}} = 13.68 \text{ pie}^3/\text{lbmez}$$

$$h_{v2} = 1090.7 \text{ BTu/lb}$$

$$P_{2V} = P_{2d} \times \%h = 0.3628 \times 0.8 = 0.29024$$

$$d_{2V} = d_{2d} \times \%h = 0.0011507 \times 0.8 = 0.00092026$$

$$W_{2V} = W_{2d} \times \%h = 0.01574 \times 0.8 = 0.012592$$

$$V_{mezv} = V_{aseco} + \%h (V_{mezsat} - V_{aseco})$$

$$V_{mezv} = 13.34 + 0.8 (13.68 - 13.34) = 13.61 \text{ pie}^3/\text{lbmezV}$$

$$DP = P_v2 - P_v1 = 0.29024 - 0.07302 = 0.21722 \text{ lb/plg}^2$$

$$DW_v = W_v2 - W_v1 = 0.012592 - 0.0031164 = 0.0094756 \text{ lbv/lbaire}$$

$$DV1 = V_{mez2} - V_{mez1} = 13.61 - 12.65 = 0.96 \text{ pie}^3/\text{lbmez}$$

$$Dh_s = C_p DT = 0.24 (70 - 40) = 7.2 \text{ BTu/lb}$$

$$Dh_L = h_L2 - h_L1 = h_v2 W_v2 - h_v1 W_v1 = (1090.7)(0.012592) - (1077.2)(0.0031164)$$

$$Dh_L = 10.38 \text{ BTu/lb}$$

$$h_T = h_s - h_L = 7.2 + 10.38 = 17.58 \text{ BTu/lb}$$

2.- Con la ayuda de la carta psicrométrica, obtener las siguientes características de una libra de aire a $t_{ba} = 80^\circ\text{F}$, $\%h = 60^\circ\text{F}$

a) Temperatura de rocío $T_w = 60^\circ\text{F}$

b) Humedad específica $W_v = 0.011 \text{ lbv/lba}$

c) Temperatura de Bulbo húmedo $t_{bh} = 66.8$

d) Volumen específico $V_{mez} = 13.5 + 0.34 = 13.8 \text{ pie}^3/\text{lbaseco}$

e) Calor total $h_t = 31.4 \text{ BTu/lb}$

f) de carta psicrométrica sacando dimensiones y regla de tres

$$4.4\text{cm} = 0.5 :: 3\text{cm} : x$$

$$x = 0.34$$

2.9 MEZCLA DE DOS FLUJOS DE AIRE

Se tienen dos masas de aire M_1 y M_2 que al mezclarse, se comporta de acuerdo con las siguientes expresiones :

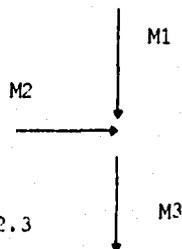
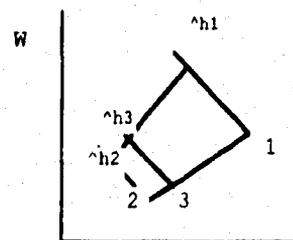


Fig. 2.3



$$M_1 + M_2 = M_3 \dots$$

$$M_1 W_1 + M_2 W_2 = M_3 W_3 \dots$$

$$M_1 h_1 + M_2 h_2 = M_3 h_3 \dots$$

Donde M - masa de aire en lb/h

h - entalpia total en Btu/lba

W - humedad especifica en lbv/lba ó granos/lba

FLUJO DE AIRE SOBRE UNA SUPERFICIE SECA Y MÁS CALIENTE QUE EL AIRE

En este proceso, el aire aumenta su temperatura de bulbo seco, que se aproxima a la de la superficie con la que entra en contacto; la humedad específica permanece constante.

El factor de "by pass equivalente" (F.B) se define como la relación entre la diferencia de temperatura efectiva de la superficie y la salida del aire con la diferencia de la temperatura efectiva de la superficie y la entrada del aire. Representa la fracción del aire que no entra en contacto con la superficie caliente.

$$FB = (tc - tb) / (tc - ta)$$

ta temperatura de entrada

tb temperatura de salida

tc temperatura de la superficie caliente

El calor absorbido es:

$$q1 = hb - ha = (tb - ta) (0.24 + 0.45W)$$

$$Qs = M \times q1 = Cp \times d \times 60 \times V (tb - ta)$$

$$Qs = 0.24 \times 0.075 \times 60 \times V (tb - ta) = 1.08 \times V (tb - ta)$$

ha = entalpia de entrada Btu/lb

hb = entalpia de salida Btu/lb

W = humedad específica lbv/lba

Q_s = calor total absorbido Btu/hr o calor sensible añadido

d = densidad estándar del aire a nivel del mar y $t_{bs} = 70^\circ\text{F}$

$d = 0.075 \text{ lb/pic}^3$

V = gasto en pic³/min

Flujo del aire sobre una superficie seca y mas fria que el aire:

El factor de by pass equivalente es:

$FB = (t_b - t_c)/(t_a - t_c)$

2.10 PROCESOS PSICROMÉTRICOS

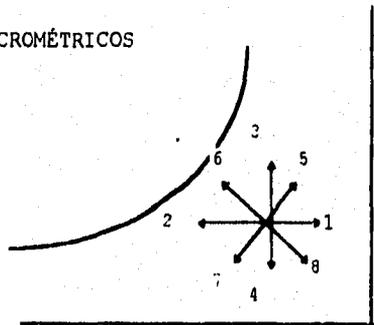


Fig. 2.4

1 calentamiento

2 enfriamiento

3 humidificación isotérmica

4 deshumidificación

5 calentamiento y humidificación

6 enfriamiento y humidificación

7 enfriamiento y deshumidificación

8 calentamiento con deshumidificación

Análisis del proceso de enfriamiento y deshumidificación:

En procesos que incluyen condensación, la temperatura t_d se llama "punto de rocío del aparato" (PRA):

El calor latente removido durante el proceso es :

$$QL = M \times (DW' \times 1060) / 7000 (\text{Btu/hr})$$

Ya que $M = d \times V$ sustituyendo tenemos:

$$QL = (0.075 \times 1060 \times 60 \times V \times DW') / 7000 = (0.68) \times (V) \times (DW') \text{ Btu/hr}$$

DW' - humedad retirada en granos/lba

1060 - Calor latente de vaporización en Btu/lb

V - gasto en pie³/min

$d = 0.075 \text{ lb/pie}^3$ a nivel del mar y temperatura de 70°F

M en lb/hr

El calor sensible retirado es:

$$Q_s = M \times 0.24 (t_a - t_d) = 1.08 \times V \times (t_a - t_d)$$

EL calor total es:

$$Q_t = Q_s + Q_L = 4.5 \times V \times (h_a - h_d)$$

La relación de calor sensible retirado al calor total retirado se le llama " factor de calor sensible "

$$FCS = Q_s / Q_t$$

ejercicios:

1.- 6000 lb/hr de aire a $t_b = 40^\circ\text{F}$ y $\%h = 60\%$ se mezcla con 4000 lb/hr de aire a $t_b = 80^\circ\text{F}$, $\%h = 50\%$; encontrar las siguientes características de la mezcla:

- a) temperatura**
- b) entalpia**
- c) humedad especifica**
- d) humedad relativa**

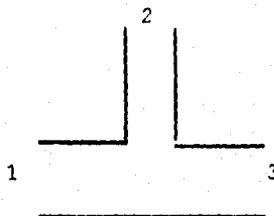


Fig. 2.5

Datos:

$$M1 = 6000 \text{ lb/hr}, T1_{ba} = 40^\circ\text{F}, \%h1 = 60\%$$

$$M2 = 4000 \text{ Lb/hr}, T2_{ba} = 80^\circ\text{F}, \%h2 = 50\%$$

$$M3 = M1 + M2 = 6000 + 4000 = 10000 \text{ lb/hr}$$

$$M3h3 = M1h1 + M2h2$$

De carta con los datos de M1; $h1 = 13 \text{ Btu/lb}$

De carta con los datos de M2; $h2 = 31.3 \text{ Btu/lb}$

$$h3 = (6000 \times 13 + 4000 \times 31.3) / 10000 = (78000 + 125200) / 10000 = 20.23 \text{ Btu/lb}$$

de carta con los datos de M1; $W1 = 0.0032 \text{ lbv/lba}$

de carta con los datos de M2; $W2 = 0.011 \text{ lbv/lba}$

$$W3M3 = W1M1 + W2M2$$

$$W3 = (0.0032 \times 6000 + 0.011 \times 4000) / 10000 = (19.2 + 44) / 10000 = 0.00632 \text{ lbv/lba}$$

de la carta psicrométrica con $W3$ y $h3$ tenemos:

$$\%h_3 = 66\%$$

$$t_{b3} = 56^\circ\text{F}$$

$$t_{h3} = 50^\circ\text{F}$$

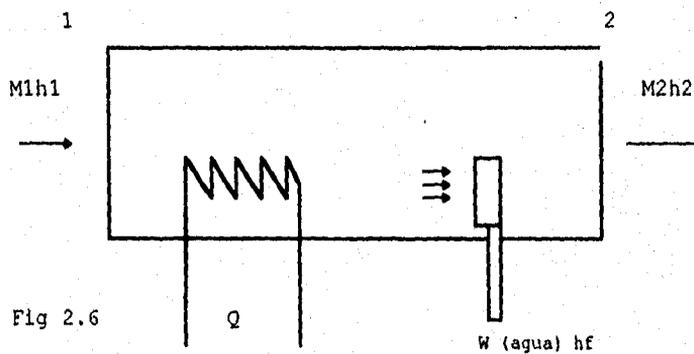
$$V = 13.2 \text{ pie}^3$$

2.- HUMIDIFICACIÓN Y DES HUMIDIFICACIÓN

La humidificación

La humidificación es el proceso mediante el cual se aumentan la humedad específica y la cantidad de calor del aire.

La figura muestra como se logra un proceso sencillo de humidificación.



Usando la ecuación de la primera ley de la termodinámica:

$$M1h1 + Q + Whf = M2h2$$

donde :

$M1$ = masa del aire suministrado lb/hr

$h1$ = entalpia total del aire a la entrada en Btu/lb

Q = calor agregado en el calentador

Whf = energía que trae el agua agregada en el proceso Btu/hr

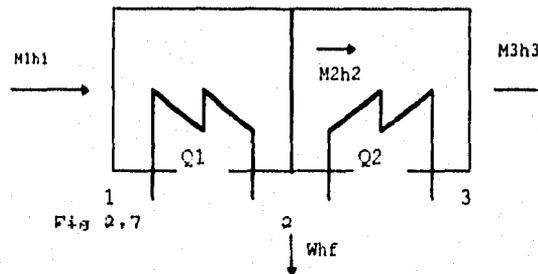
$M2$ = Masa del aire a la salida lb/hr

$h2$ = entalpia total del aire a la salida Btu/lb

Deshumidificación

El proceso se lleva a cabo en dos etapas: Primero enfriando hasta el punto de rocío; después, hasta condensar y eliminar el agua necesaria, para alcanzar el punto de rocío del estado final.

Una vez separada la humedad, se puede recalentar hasta la condición final, sin añadir ni absorber agua.



primer paso: (de 1 a 2)

$$M1h1 - Q = M2h2 + Whf$$

$$M1 - W = M2$$

donde:

$M1$ = lb/hr del aire en la condición 1

$Q1$ = calor absorbido en btu/hr

$h1$ = entalpia del aire a la entrada en Btu/lb

$M2$ = lb/hr del aire en la condición 2

$h2$ = entalpia del aire en la condición 2

W = lb/hr de humedad retirada

Whf = energia de la humedad retirada Btu/hr

Segundo paso(de 2 a 3):

$$M2h2 + Q2 = M3h3$$

$Q2$ = calor para recalentar Btu/hr

$h3$ = Entalpia del aire recalentado en la salida

En las ecuaciones, se puede observar que $Q1$ es negativo y $Q2$ positivo:

ejercicios:

1.- Las condiciones finales del aire deben ser $t_{bs} = 75^{\circ}\text{F}$, $\%h = 65\%$ cuando el ambiente esta a $t_{bs} = 50^{\circ}\text{F}$, $\%h = 70\%$. Considerando humidificación adiabática se desea saber:

a) Cuanta humedad debe añadirse por cada libra de agua:

b) Cuanto calor debe añadirse por cada libra de aire:

c) A que temperatura se debe calentar el aire antes de humidificarse:

Datos :

$$T_{bs2} = 75^{\circ}\text{F}$$

$$\%h_2 = 65\%$$

$$T_{bs1} = 50^{\circ}\text{F}$$

$$\%h_1 = 70\%$$

a)

$$\text{A } 50^{\circ}\text{F de tablas } W_{d1} = 0.007626$$

$$W_{v1} = W_{d1} \times \%h_1 = 0.007626 \times 0.7 = 0.00534$$

$$\text{A } 75^{\circ}\text{F de tablas } W_{d2} = 0.01873$$

$$W_{v2} = W_{d2} \times \%h_2 = 0.01873 \times 0.65 = 0.0121745$$

$$DW = W_{v2} - W_{v1} = 0.00683616 \text{ v/lb a}$$

b)

$$\text{De tablas a } 50^{\circ}\text{F } h_{v1} = 1081.7$$

$$hs1 = 0.24 \times (50) = 12.5$$

$$hT1 = hs + hL = 18.27$$

$$hL1 = hv1 \times Wv1 = (1081.7) \times (0.005338) = 5.774$$

De tablas a 75°F $hv2 = 1093.0$

$$hs2 = 0.24 \times (75) = 18$$

$$hT2 = 18 + 13.31 = 31.31$$

$$hv2 = (1093) \times (0.012175) = 13.31$$

$$DH = hT2 - hT1 = DH = 31.31 - 18.27 = 13.04$$

c) De la carta psicométrica considerando humidificación adiabática para $T2 = 75^\circ\text{F}$ y $\%h2 = 65\%$ $hT = 25.4$ por tanto se debe calentar el aire a 105°F (ver apéndice carta psicométrica)

3. CANTIDAD Y CARACTERÍSTICAS DEL AIRE SUMINISTRADO.

3.1) EN INVIERNO (CALEFACCIÓN)

La cantidad de calor que el aire proporciona al enfriarse desde la temperatura de entrada (td) a la temperatura del espacio (ti) puede calcularse con la siguiente expresión:

$$Qs = M \times Cp (td - ti)...$$

M - Peso de aire suministrado en lb/h

Cp - Calor específico del aire Btu/lb°F

td - Temperatura de entrada del aire °F

t_i - Temperatura requerida en el espacio °F

Tomando en cuenta que el volumen específico se ha considerado como 13.34 pies³/lb, que es el volumen de 1 libra de aire en condiciones estándar a 70°F y 29.92 plg de Hg.

$$Q_s = 1.08 V (t_d - t_i)...$$

V - pie³/ min de aire

$$V = Q_s / 1.08 (t_i - t_d)$$

3.2 EN VERANO (REFRIGERACIÓN O ENFRIAMIENTO)

$$Q_s = M C_p (t_i - t_d)$$

$$M = Q_s / C_p (t_i - t_d)$$

$$Q_s = 1.08 V (t_i - t_d)$$

3.3 CÁLCULO DE HUMEDAD

Si w es la cantidad de lb/h de humedad librada en un espacio, y DW la cantidad de humedad en libras de vapor por libra de aire seco que absorbe el aire suministrado, podemos escribir la siguiente expresión:

$$w = DW \times M$$

donde M - lb/h de aire suministrado.

O bien,

$$w' = DW' \times M$$

donde

w' - granos/h de humedad librada

DW' - granos/h de humedad que absorbe el aire

3.4 CÁLCULO DEL CALOR LATENTE :

$$QL = w \times hfg$$

QL - Calor latente liberado en Btu/h

w - Vapor de agua liberado en lb/h

hfg- Entalpia del vapor de agua en Btu/lb

$$QL = M \times DhL$$

M - lb/h de aire suministrado

DhL Ganancia de calor latente del aire suministrado en Btu/lb

$$v = 13.34 \text{ pies}^3/\text{lb}$$

$$M = V/v = 60V/13.34 = 4.5V$$

$$DhL = 4.5 V \times DhL$$

V en pie^3/min

3.5 FACTOR DE CALOR SENSIBLE :

La carga total de refrigeración está representada por la suma de la carga de refrigeración sensible y la carga de refrigeración latente.

Que relaciona la ganancia de calor sensible y la de calor latente:

$$F.C.S. = Q_s / (Q_s + Q_l) = Q_s / Q_T$$

En la práctica, cuando se trata de acondicionar el aire en lugares pequeños tales como residencias, pequeños comercios, etc; se asume que la ganancia de calor latente es la tercera parte del calor sensible, o sea que el factor de calor sensible es igual a 0.75.

$$F.C.S. = 1 / (1 + 1/3) = 0.75$$

$$Q_s = M \times 0.24 \text{ Dt}$$

$$Q_l = M \times Dht$$

$$M = 4.5V$$

$$Q_l = 4.5 V Dht$$

$$V \text{ en pie}^3/\text{min}$$

$$F.C.S. = 0.24 \text{ Dt} / \text{Dht}$$

3.6 AIRE DE RETORNO

Aire extraído del espacio acondicionado y que se vuelve a introducir al sistema antes de los difusores, pero después de la unidad acondicionadora, suele llamarse también aire de "by pass".

El aire de retorno no tiene efecto sobre las condiciones interiores del espacio por acondicionar, en cambio, puede ayudar a incrementar la temperatura de bulbo seco del aire suministrado, cuando por alguna razón existe un límite mínimo.

3.7 VENTILACIÓN :

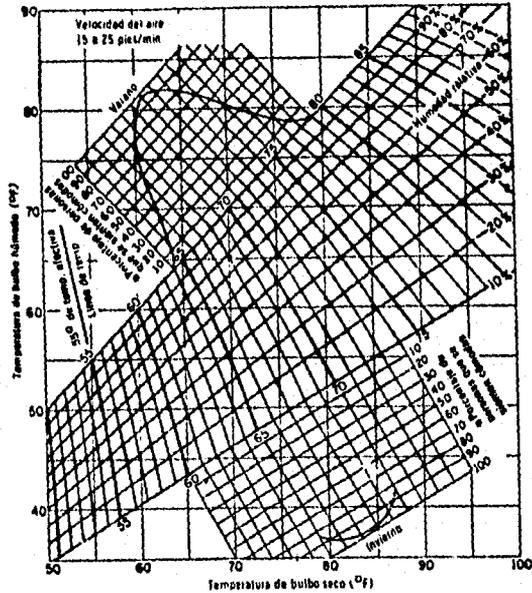
Hay poca necesidad de ventilación para diluir el CO₂ de la combustión fisiológica. La cantidad de aire requerido depende de la contaminación del aire por los olores y humanos.

La relación entre el volumen del espacio, el número de personas y la contaminación, da la pauta para determinar la ventilación necesaria.

La tabla 3.1 proporciona los estándares aceptados en ventilación, que los diseñadores han obtenido por experiencia.

Temperatura efectiva

La temperatura efectiva es un índice empírico del grado de calor que percibe un individuo cuando se expone a varias combinaciones de temperatura, humedad y movimiento de aire.



carta 3.1

Carta de comodidad de la ASHAE para aire tranquilo. Zonas de comodidad para invierno y verano. La ampliación de zona de comodidad está limitada a casas, oficinas y lugares

similares, donde los ocupantes se adaptan completamente a las condiciones del aire interior.

Esta zona no es aplicable a teatros, tiendas y otros lugares en donde la permanencia es menor de dos horas. Debe aumentar 1°F aproximadamente la temperatura efectiva por cada 5 grados de reducción de latitud norte, a partir de la zona sur de Canadá y el norte de Estados Unidos. De Air Conditioning and Refrigeration, 4ª edición, por Burgess H. Jennings y Samuel R. Lewis, con autorización de International Textbook Company.

4. CALCULO DE CARGA TÉRMICA PARA CALEFACCIÓN

En invierno, por lo general el problema consiste en calentar y humidificar un espacio.

Para valorar esta información, es necesario calcular todas las pérdidas o ganancias de calor que pueden intervenir como son:

- 1.- Transmisión de calor sensible a través de paredes, techos y pisos.
- 2.- Pérdidas de calor sensible o latente debidas al aire que entra al espacio, ya sea por infiltración o por ventilación positiva.
- 3.- Ganancias o pérdidas debidas a otros factores, como personas, motores, etc.

La temperatura de diseño interior se debe considerar a la altura de respiración de un individuo, es decir a 5 pies de altura.

En lugares donde la altura del techo es mayor de 20 pies, la temperatura aumenta aproximadamente un 2 % por cada pie arriba de la línea de respiración.

Para calcular la temperatura promedio de un espacio, conociendo la temperatura de la línea de respiración, también se tiene.

$$t_p = t_b (1.0 + 0.02 (H/2 - 5)) ^{\circ}F$$

t_p - temperatura promedio en $^{\circ}F$

t_b - temperatura a 5 pies en $^{\circ}F$

H - altura en pies de piso a techo

Se estima en 50°F la temperatura del subsuelo. En otros casos se recomienda considerar una pérdida de 2 Btu/pie².

Cuando se tiene un espacio adyacente que no tiene calefacción, la temperatura de diseño se puede considerar como sigue:

$$t_a = 0.5 (t_i + t_e)$$

t_a = temperatura de cuarto adyacente

t_i = temperatura del diseño interior

t_e = temperatura de diseño exterior

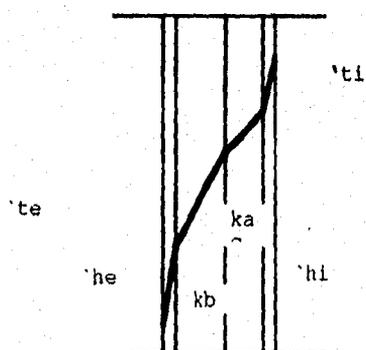


fig. 4.1

4.1 TRANSMISIÓN DE CALOR A TRAVÉS DE MUROS, TECHOS Y PISOS

Estas pérdidas se pueden determinar a partir de la expresión

siguiente:

$$Q = U A (t_i - t_e)$$

Q - pérdida de calor en Btu/h

A - área neta en pies²

U - coeficientes de transmisión de calor en Btu/h-pie² °F

t_i - temperatura de diseño interior en °F

t_e - temperatura de diseño exterior en °F

La temperatura t_e se obtiene de tablas como ya se dijo. En caso de no disponer de ellas, se calcula aumentando 10 ó 15°F a la temperatura mínima.

Para un muro con número n de materiales:

$$q/A = (t_i - t_e) (1/h_i + x_a/k_a + x_b/k_b + \dots x_n/k_n + 1/h_e)$$

A menudo, es impracticable encontrar para cada caso de muros, paredes o pisos de varios materiales, sus valores de k, h, y x, por lo que se recurre a un valor tabulado y total U que se llama "Coeficiente combinado de transmisión de calor".

$$RT = 1/U$$

RT = resistencia térmica total

En los manuales de aire acondicionado se tabula los valores de U para la combinación de los materiales más usados en la construcción, ya sea en muros, techos, pisos o particiones. cuando los materiales usados son poco comunes, o bien la combinación de ellos no se encuentra tabulada, es indispensable calcular el factor U partiendo de las fórmulas anteriores.

4.2 INFILTRACIÓN DE AIRE

4.2.1 - MÉTODO DE LAS RANURAS

Este método consiste en medir la longitud de todas las ranuras de puertas y ventanas y por medio de tablas experimentales, que dan la cantidad de pies³/h por pie lineal de ranura, se calcula la infiltración total.(ver apéndice tabla 4.1)

4.2.2 - MÉTODO DE ÁREA

Con este método se obtienen las áreas de las puertas y ventanas y las tablas experimentales que dan la cantidad de pie³/min por pie² de ventana o puerta, se determina la infiltración total.(tabla 4.2)

4.2.3 - MÉTODO DEL VOLUMEN

Con este método se calcula el volumen del espacio por calentar.

Se selecciona un factor de infiltración, que multiplicado por el volumen anterior y por la Dt existente proporciona directamente los Btu/h perdidos por infiltración. (tabla 4.3)

4.2.4 INFILTRACIÓN A TRAVÉS DE MUROS

En ocasiones, se toma como regla práctica un cambio por hora si existe en muro que colinda con el exterior; si hay dos muros colindando con el exterior, 1.5 cambios/hora.

Las pérdidas por infiltración se calculan de la manera siguiente:

Se supone que el aire que entra causa que el aire caliente se desplace y salga, por lo que el valor de la pérdida será:

Calor sensible:

$$Q_s = 0.24 \times M \times (t_i - t_e) \text{ (Btu/h)}$$

M - lb/h de aire

t_i - temperatura interior en °F

t_e - temperatura exterior en °F

Cuando el volumen está dado en pies³/m, se tiene:

$$M = 4.5V$$

$$Q_s = 1.08V(t_i - t_e) \text{ en Btu/h}$$

Calor latente

$$QL = M (W_{hi} - W_{he})$$

$$h_i = 1.060 + 0.45 t_i \text{ en Btu/lb}$$

W_i = humedad específica en lbv/lba del aire interior

$$h_e = 1.060 + 0.45 t_e \text{ en Btu/lb}$$

W_e = humedad específica en lbv/lba del aire exterior

$$QL = (0.075)(60) (1,060/7,000) X V X (W_i - W_e)$$

$$QL = 0.68 X V X (W_i - W_e) \text{ en Btu/h}$$

W_i y W_e están en granos sobre libras

EJERCICIOS

1.- En un taller mecánico se suministran 5,000 pies³/min a una temperatura de 50°F; el taller debe mantenerse a 70°F. ¿Qué cantidad de calor absorbe el aire?

Datos:

$$V = 5000 \text{ pie}^3/\text{min}$$

$$t = 50^\circ\text{F}$$

$$t_i = 70^\circ\text{F}$$

$$Q_s = 1.08 X 5000 X (20) = 108000 \text{ Btu/ hr}$$

2.- Una fábrica tiene una pérdida de calor sensible de 500,000 Btu/h y debe mantenerse a 70°F. Si la temperatura del aire en los difusores es de 140°F, ¿qué cantidad de aire requiere?

Datos:

$$Q_s = 500\,000 \text{ Btu/h}$$

$$t_i = 70^\circ\text{F}$$

$$t_d = 140^\circ\text{F}$$

$$V = ?$$

$$Q_s = 1.08 \times V \times \Delta t$$

$$V = Q_s / (1.08 \times \Delta t)$$

$$V = 500000 / (1.08 \times 70) = 6613.75 \text{ pies}^3/\text{min}$$

5. CALCULO DE GANANCIAS DE CALOR PARA REFRIGERACION

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

1.- Ganancia de calor debida a la transmisión a través de las barreras que pueda haber, tales como paredes, ventanas, puertas, techos, particiones y pisos, y que es ocasionada por la diferencia de temperatura entre los dos lados de la barrera.

2.- Ganancia de calor debida al efecto solar :

- El calor transmitido por radiación a través de cristales y absorbido en el interior del espacio.
- El calor absorbido por las paredes o techos expuestos a los rayos solares y posteriormente transferidos al interior.

3.- Ganancia de calor debida al aire de infiltración.**4.- Ganancia de calor debido a los ocupantes.****5.- Ganancia de calor debida a máquinas, alumbrado o cualquier otro equipo que genere calor.****6.- Ganancia de calor debida al aire de ventilación****5.1 GANANCIA DE CALOR DEBIDO A LA TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE BARRERAS**

$$Q1 = UA(te - ti)$$

donde :

$Q1$ = carga de calor en btu/h

U = coeficiente de transmisión de calor en btu/h-pie °F

A = área neta en pies²

A = área neta en pies²

t_e = temperatura de diseño exterior en °F

t_i = temperatura de diseño interior

5.2 GANANCIA DE CALOR DEBIDO AL EFECTO SOLAR

5.2.1 CALOR GANADO A TRAVÉS DE LOS CRISTALES

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

Latitud el lugar.

Orientación de los cristales.

Claridad de la atmósfera.

Tipo de cristal usado.

Dispositivo para sombrear.

Generalizando, la forma de encontrar el calor transmitido al espacio a través de los cristales por el efecto solar, es el siguiente:

en la tabla 5-1 se encuentra de acuerdo con la latitud y orientación, la ganancia máxima de calor q_1 en Btu/h - pie².

En los valores tabulados en la tabla se considera toda el área de una ventana que tenga aproximadamente el 85% de cristal. Si el cristal ocupa mas se multiplica la ganancia de calor por el factor 1.17.

Cuando el cristal no es estándar, o la ventana no tiene algún dispositivo para tapar el sol, como persianas interiores y exteriores, la ganancia de calor se multiplica por el factor f_1 que se obtiene en la tabla 5-2 columnas 1

La tabla 5-1 está basada en un ambiente exterior, cuya temperatura de rocío es de 66.8°F añádase 7% a la ganancia por cada 10°F arriba de 66.8° F. Esta corrección solo se hace cuando se requiere mucha precisión.

Por cada 1000 pies arriba del nivel del mar, debe incrementarse la ganancia de calor un 7%.

En lugares donde la atmósfera está muy contaminada de humo, polvo o vapores puede reducirse el valor de ganancia de calor hasta en un 10 ó 15%.

Debido a que la tabla 5-1 se estimó en el mes de julio y como la tierra esta mas cerca del Sol en enero que en julio, en las latitudes norte cerca del ecuador, la ganancia se suele incrementar 7% .Lo mismo se hace en este mes en la latitud sur.

$$q = q' \times f_1 \times A \text{ (cuando no existen dispositivos sombreados)}$$

$$q = q' \times f_2 \times A \text{ (cuando sí existen dispositivos para sombra)}$$

$$q = q' ((F \times f_2) + (1 - F \times f_1))$$

donde :

q = ganancia total en la ventana en Btu/h

q' = ganancia máxima de calor en una ventana debido al efecto solar

tabla (5 - 1), en Btu/h - pie.

f1 = factor de corrección cuando no existe dispositivo para sombra

(tabla 5 - 2)

f2 = factor de corrección cuando si existe dispositivo para sombra.

(tabla 5 - 2)

F = fracción de ventana que se considera sombreada cuando existe un dispositivo parcial de sombra.

A = área del cristal en pies²

5.2.2 .CALOR GANADO A TRAVÉS DE MUROS Y TECHOS

Para calcular el calor solar ganado a través de muros y techos , se han preparado tablas que indican la temperatura equivalente que se debe usar en paredes o techos. Ver tabla 5-3 y 5-4

Las tablas están basadas en 15°F (95-80) diferenciales de temperatura de diseño ; en caso de que la diferencia de temperaturas fuera otra se debe corregir agregando o disminuyendo a la temperatura equivalente la diferencia entre 15°F y la diferencia del lugar.

Asimismo, si la diferencia de temperatura exterior durante el día es distinta de 20°F, debe añadirse 1°F a la temperatura equivalente por cada 2°F abajo de 20 y disminuirse 1°F por cada 2°F arriba de 20.

El calor ganado valdrá :

$$q_2 = U t_e$$

donde :

q_2 = calor ganado por transmisión mas calor ganado por los rayos solares en Btu/h-pie²

U = coeficiente de transmisión de calor en Btu/h-pie²-°F.

t_e = Temperatura equivalente obtenida de tablas 5-3 y 5-4.

5.3 GANANCIA DE CALOR DEBIDO A LA INFILTRACIÓN DE AIRE.

Ranuras en puertas y ventanas que se pueden calcular por el método de ranuras expuesto en el caso de calefacción.

El calor por infiltración de aire, una vez conocido el total del aire infiltrado, se calcula de la manera siguiente.

Calor latente ganado.

$$QL = M(W_e - W_i) \times 1.050 \text{ (Btu/h)}$$

en donde :

M = gasto del aire en lb/h

W_i = humedad específica interior en lb/lba

W_e = humedad específica exterior en lb/lba

Calor sensible ganado.

$$Q_s = 0.24 M (t_e - t_i) \text{ Btu/h}$$

donde :

$$M = \text{lb/h}$$

5.4 GANANCIA DE CALOR DEBIDO A PERSONAS.

La ganancia de calor debida a 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 (ver tabla 5-5).

5.5 GANANCIA DE CALOR DEBIDO AL EQUIPO MISCELÁNEO.

Para obtener la ganancia de calor debida al equipo que se tenga instalado en el espacio por acondicionar, se recurre a tablas experimentales . (ver tabla 5-6).

Se acostumbra aumentar esta ganancia en un 10% por alguna contingencia imprevista que pudiera ocurrir.

Una vez obtenida la carga de refrigeración de un espacio, la cantidad de aire se calcula tomando en cuenta la carga de calor sensible.

$$Q_s = MCp(t_i - t_e)$$

donde :

Q_s = ganancia de calor sensible.

M = aire suministrado en lb/h

t_i = temperatura del espacio en °F (BS)

t_e = temperatura de entrada al espacio en °F (BS)

El calor latente, puede considerarse, entre 1050 y 1060 Btu/lb.

Luego :

$$Q_L = M (W_i - W_d) \times 1050.$$

Donde :

W_i = lbv/lba humedad específica del aire requerido dentro del volumen por acondicionar.

W_d = lbv/lba humedad específica del aire en los difusores.

El factor de calor sensible o relación de calor sensible será :

$$FCS = QS / (QS + QL)$$

Relación de entalpia humedad

$$REH = (hi - hd) / (W2 - W1)$$

hi = entalpia del aire del espacio en Btu/lb

hd = entalpia del aire que entra al espacio en Btu/lb

Ahora, para una libra de aire se tiene:

$$hi - he = QT = QS + QL$$

$$W2 - W1 = QL / hL$$

hL = entalpia de calor latente

$$hL = 1050 \text{ Btu/lb}$$

por lo tanto

$$REH = QT / (QL / 1050) = (QS + QL) / (QL / 1050)$$

6. MEMORIA DE CÁLCULO DE CARGA PARA EQUIPO DE COMUNICACIÓN POR FIBRA ÓPTICA, DE EL CAMPAMENTO BELEN DE LAS FLORES DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO.

6.1 CARGA PARA REFRIGERACIÓN

Ganancia de calor debido a la transmisión a través de las barreras, tales como paredes, ventanas, puertas, techos, pisos, etc.

Ganancia de calor debido al efecto solar

A través de cristales

Por paredes o techos expuestos a los rayos solares

Ganancia de calor debido al aire de infiltración

Ganancia de calor debido a los ocupantes

Ganancia de calor debido a máquinas, alumbrado o cualquier equipo que genere calor

Ganancia de calor debido al aire de ventilación

6.2 GANANCIA DE CALOR DEBIDO A TRANSMISIÓN

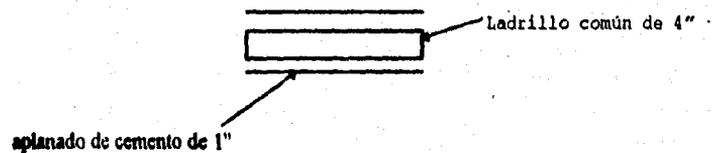
Del dibujo OM-80388-2 obtenemos las siguientes dimensiones.(ver apendice).

Pared suroeste :

	mts.	Pies
Ancho	4	13.32
Alto	2.4	7.87

área = 103.25 pies²

Adyacente a la pared suroeste hay un espacio no acondicionado la pared esta compuesta de material de construcción como es tabique común de 4" y esta cubierta a ambos lados por una capa de aplanado de cemento de 1" ver dibujo No. 6-1.



dibujo 6.1

k = coeficiente de conductividad térmica

h = coeficiente de película

K_a para el ladrillo = 5 Btu/pulg pie² °F h

K_b para aplanado de concreto = 12 Btu/ pulg pie² °F h

h_i = para interior = 1.65 Btu / pie² °F h.

U sustituyendo estos datos en

$$U = 1 / (1/h_i + x_a/k_a + x_b/k_b + x_c/k_c + 1/h_e)$$

considerando que la pared da a un espacio adyacente se tiene que $h_i = h_e$, $k_b = k_c$ debido a que el aplanado es el mismo para ambos lados. Entonces nos queda la ecuación como sigue

$$U = 1 / (2/h_i + x_a/k_a + 2x_b/k_b)$$

donde U = coeficiente combinado de transmisión de calor.

sustituyendo tenemos:

$$U = 1 / (1.65 + 4/5 + 2/12) = 0.459 \text{ Btu} / \text{pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

De las tablas del IMSS de condiciones atmosféricas de diseño (tabla 6.1).

Para el D. F tenemos :

Posición geográfica

Latitud norte = 19°25"

Longitud oeste = 99° 10"

Altura sobre el nivel del mar = 2240 mts.

Presión barométrica = 585 mm de Hg.

Datos de verano.

Temperatura de bulbo seco (Tbs) = 86°F.

Temperatura de bulbo húmedo (Tbh) = 62.6°F

Temperatura máxima exterior = 92.84°F

Con estos datos sacamos de la carta psicrométrica los siguientes datos (ver carta del D :F : en apéndice)

W = humedad específica = 70 granos /lb a (libra de aire).

$h =$ entalpia total = 32 Btu/lb.

Condiciones interiores de diseño.

Consultando al proveedor del equipo de telecomunicaciones informaron que el equipo requiere estar entre un rango de temperatura de 73°F a 78°F y con condiciones de humedad relativa (%h) del 40 al 60%, y en lo que se refiere a temperatura de confort consultando la carta de confort (gráfica 3-1) nos da una $T_{bs} = 75°F$ y humedad relativa del 50% que nos da una temperatura efectiva de 70°F.

Ya que tanto la temperatura recomendada por los proveedores y la temperatura de confort están entre los mismos rangos entonces para nuestros cálculos de ahora en adelante se tomaran las siguientes condiciones interiores de diseño.

Temperatura de bulbo seco (T_{bs}) = 75°F

Temperatura de bulbo húmedo (T_{bh}) = 68.2°F.

temperatura de rocío (T_w) = 55°F .

Porcentaje de humedad relativa (%hr) = 50%

humedad específica interior (W_i) = 85 granos/lba

entalpia interior (h_i) = 31.4 Btu/lb

Temperatura de cuartos adyacentes no acondicionados (T_a)

$T_a = 0.5 \times (T_i - T_e)$

sustituyendo.

$$T_a = 0.5 \times (75 + 86) = 80.8^\circ\text{F}$$

el calor ganado por la pared suroeste es:

$$q_1 = U \times A \times (T_a - T_i).$$

Sustituyendo tenemos:

$$q_1 = 0.459 \times 103.25 \times (80.8 - 75) = 247.87 \text{ Btu/h}$$

Pared noroeste.

Como se puede observar en el dibujo OM- 80388-2 esta pared se subdivide en dos que es una que colinda con un espacio no acondicionado (NO-1) y otra que colinda con el exterior (N2).

Pared noroeste (1).

	Mts.	Pies
Ancho	3	9.84
alto	2.4	7.87

$$\text{área} = 77.44 \text{ pies}^2$$

puerta :

	mts	pies.
ancho	1.5	4.92
alto	2.1	6.87
área = 33.9 = 33.9 pies ²		

Para puertas de madera de tablas 6.2

R_m = resistencia térmica para madera de 1" = 1.25 pies² °F/btu.

U para puerta de madera .

$$U = 1 / (1/h_i + 1/h_o + R)$$

sustituyendo.

$$U = 1 / (1/1.65 + 1/1.65 + 1.25)$$

$$U = 1 / 2.86 = 0.394 \text{ Btu/pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

para el calor ganado a través del muro .

$$q = U \times A \times (T_a - T_i)$$

sustituyendo

$$q_{\text{muro}} = 0.459 \times 77.44 \times (80.8 - 75) = 206.16 \text{ Btu/h}$$

Para calcular el calor ganado a través de la puerta.

$$Q_{\text{pta}} = U \times A \times (T_a - T_i) = 0.349 \times 33.9 \times (80.8 - 75) = 68.62 \text{ Btu / h}$$

Pared noroeste (2) .

Como se puede observar de el dibujo OM- 80388-2 esta pared esta compuesta de 6 ventanas de.

	mts.	Pies
ancho	0.75	2.46
alto	2.10	6.89
área = $16.95 \times 6 = 101.7 \text{ pies}^2$		

$$U = 1.13 \text{ Btu/h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Cinco muros de 1 pie de espesor.

	Mts.	Pies
Ancho	0.1	0.32
alto	2.4	7.87
área = $2.51 \times 6 = 15 \text{ pies}^2$		

K para ladrillo común = 5 Btu /pulg pie² °F h

$$U = 1 / (1/h_i + 1/h_j + x/k) = 1 / (1/1.65 + 1/1.65 + 12/5)$$

$$U = 0.27 \text{ btu/ pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F h}$$

$$q_{\text{vent}} = U \times A \times (T_e - T_i) = 1.13 \times 101.7 \times (86 - 75) = 1264.13 \text{ Btu/h}$$

$$q_{\text{muro}} = U \times A \times (T_e - T_i) = 0.27 \times 15 \times (86 - 75) = 45 \text{ Btu/h.}$$

Pared noreste.

Esta únicamente consta de un muro y una puerta que dan a un espacio adyacente no acondicionado.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

79

Muro ,

	mts	pie
Ancho	3.1	10.17
alto	2.4	7.87

área = 80 pies²

$U = 0.459 \text{ Btu} / \text{h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$

Puerta.

	Mts.	Pies
ancho	0.9	2.95
alto	2.1	6.89

área = 20.32 pies²

$U = 0.349$

$q_{\text{muro}} = A \times U (T_a - T_i) = 80 \times 0.459 \times (80.0 - 75) = 212.97 \text{ Btu/h.}$

$q_{\text{pta}} = A \times U \times (T_a - T_i) = 20.32 \times 0.349 \times (80.8 - 75) = 41.14 \text{ Btu/h.}$

Pared sureste :

	mts	pies
ancho	9.5	31.16
alto	2.4	7.87

$$\text{área} = 245.35 \text{ pie}^2$$

$$U = 0.459 \text{ Btu/h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$q = A \times U \times (T_a - T_i) = 245.35 \times 0.459 \times (80.8 - 75) = 653.1 \text{ Btu/h}$$

calculo de carga de calor a través del techo.

El techo tiene un plafón de material aislante (poliestireno expandido) y con esto sabemos que el plafón no esta expuesto directamente al exterior por lo tanto se utiliza la temperatura para espacios no acondicionados y los coeficientes de conducción para interiores $h_i = 1.65 \text{ Btu/h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$



fig. 6.2

$$U = 1 / (1/h_i + 1/h_i + x/k)$$

sustituyendo.

$$U = 1 / (2/1.65 + 2/0.24) = 1 / (1.21 + 8.33)$$

$$U = 0.104 \text{ Btu/h pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

de el dibujo OM -80388-2 se obtienen las siguientes dimensiones :

área de el techo considerando únicamente los cuartos a acondicionar

$$A = 4.5 \times 2 + 5 \times 4 = 9 + 20 = 29 \text{ mts}^2$$

$$A = 29 \text{ mts}^2 \text{ pie}^2 / 0.0929 \text{ mts}^2 = 312.15 \text{ pies}^2$$

$$q \text{ techo} = U \times A \times (T_a - T_i) = 0.104 \times 312.3 \times (80.8 - 75) = 188.4 \text{ Btu/h}$$

Para calcular la ganancia de calor por piso tenemos.

Únicamente se considera ⁷ganancia de calor a través del perímetro.

$$\text{Factor de ganancia de calor a través del perímetro} = 0.81 \text{ btu/h } ^\circ\text{F pie lineal}$$

sacando los datos del dibujo OM -80388-2 se obtiene las dimensiones siguientes

Piso no expuesto al exterior

$$9.5 + 9.5 + 4 = 23 \text{ mts} \times \text{pie}/0.3048 \text{ mts} = 75.46 \text{ pies lin}$$

$$q \text{ piso} = \text{perímetro} \times \text{factor} \times (T_a - T_i) = 75.46 \times 0.81 \times (80.8 - 75) = 354.5 \text{ Btu/h.}$$

Piso expuesto a temperatura exterior

$$\text{perímetro} = 5 \text{ mts} = 16.4 \text{ pies}$$

sustituyendo en fórmula tenemos.

$$Q \text{ piso } 1 = 16.4 \times 0.81 \times (86 - 75) = 146.16 \text{ Btu/h}$$

Ganancia de calor debido al efecto solar, como se puede observar en el dibujo OM- 30388 -

2 la única pared que da con el exterior es la NOROESTE y en ella existe una ventana

⁷ Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración del autor Eduardo Hernández Goribar pag 170

De tabla 5.1 tomando la latitud de 20°, en el mes de julio 23, y para la orientación NOROESTE nos da :

se deben tomar en cuenta los siguientes criterios para calcular la ganancia de calor a través de cristales.

$q' =$ factor de ganancia de calor = 138Btu/pie²

$f_1 = 1$ ya que el cristal es estándar tabla 5.2

Ya que la tabla 5-1 esta basada en las siguientes condiciones T_w que es la temperatura de rocío = 66.8 °F y nuestra temperatura de rocío es de 55°F se tiene una diferencia de temperaturas entre estas de 11.8°F por tal motivo a nuestra ganancia de calor la debemos incrementar en un 7.7% puesto que para cada 10°F de diferencia abajo le aumentamos un 7%.

Por cada 1000 pies por arriba del nivel del mar se debe incrementar un 0.07% y ya que en el D.F. estamos a 7349 pies arriba entonces se debe considerar un incremento del 5.144%.

En las latitud norte cerca del ecuador la ganancia de calor por efecto solar en cristales se incrementa en un 7%.

Ya que en el D.F. : la atmósfera esta muy contaminada de humos y polvos el valor de la ganancia de calor se reduce en un 10%.

De lo anterior tenemos que sacar un factor común para saber en cuanto debemos incrementar nuestra ganancia.

$F = 7.7\% + 5.14\% + 7\% - 10\% = 9.84\%$ dividiendo este factor entre 100 obtenemos que $F = 0.0984$

entonces el calor será :

$$q_{\text{cris}} = A \times q' \times F$$

Sustituyendo tenemos :

$$q_{\text{cris}} = 101.7 \times 138 \times 0.0984 = 15415 \text{ btu/h}$$

el área A del cristal ya fue calculada cuando se calculo las pérdidas por transmisión en la pared noroeste :

6.3 GANANCIA DE CALOR DEBIDO A INFILTRACIÓN DE AIRE. por ranuras entre puertas y ventanas.

De la tabla 4-1 se tiene que :

Para ventanas normales se tiene un factor de $0.12 \text{ pie}^3/\text{min} \times \text{pie}$ de ranura

ya que cada ventana es de 2.46 pies por 6.89 y son 6 ventanas, para sacar la longitud de ranura tenemos :

$$(2 \times 2.46 + 2 \times 6.89) \times 6 = 112.2 \text{ pies de ranura.}$$

El volumen total de aire perdido por las ranuras será el siguiente.

Volumen = factor de pérdida por ranura \times longitud de ranura

sustituyendo tenemos :

$$\text{Volumen} = 0.12 \text{ pie}^3/\text{pie de ranura min} \times 112.2 \text{ pies de ranura} = 13.46 \text{ pie}^3/\text{min.}$$

Entonces para calcular el calor latente ganado se tiene :

$$q_l = 0.68 V \times (W_e - W_i) = 0.68 \times 13.46 \times (85 - 70) = 137.292 \text{ Btu/h}$$

para calcular el calor sensible por ranuras se tiene :

$$q_s = 1.08 \times V \times (T_e - T_i)$$

Sustituyendo nos da que :

$$q_s = 1.08 \times 13.46 \times (86 - 75) = 159.9 \text{ Btu/h.}$$

se debe tener cuidado ya que para las formulas anteriores de calor sensible y latente el volumen V debe estar en pie³/min.

6.4 GANANCIA DE CALOR DEBIDO A PERSONAS

De la tabla 5 -5 tenemos.

Considerando trabajo de oficina a 75°F y cinco personas se tiene :

$$q_s \text{ pers} = (245 \text{ Btu/hra pers}) \times 5 \text{ pers} = 1225 \text{ btu/h}$$

$$q_L \text{ pers} = (205 \text{ Btu/h pers}) \times 5 \text{ pers} = 1025 \text{ Btu/h}$$

6.5 EQUIPO MISCELANEO

Ahora para calcular la carga de calor por carga miscelanea esto es por alumbrado o algun otro equipo que produzca calor :

Datos obtenidos de proveedores de equipo y de visita en campo :

Iluminación fluorescente 8 tubos de 75 watts. = 600 watts = 0.6 k watts

1 kwatts = 3.41214×10^3 Btu/h.

kw x 3.41214 exp3 = 2047.28 Btu/hr

Iluminación incandescente.

3 focos de 60 watts = 180 watts = 0.18 kw = 640 Btu/hr.

Por el equipo de telecomunicaciones tenemos de la tabla 6.4

q equip = 24913 Btu/h

Ahora para calcular el calor sensible total sumando todo el calor calculado se tiene :

Qs total = sumatoria de todos los calores sensibles calculados :

Qs total = 274.87 + 206.16 + 68.62 + 1264.13 + 45 + 212.97 + 41.14 + 653.18 + 188.33 + 354.5

+ 146.16 + 1541.5 + 159.9 + 1225 + 2047.28 + 640 + 24913 = 47855.21

Sumando el calor latente total nos da que :

Ql total = 137,291 + 1025 = 1162.292 Btu/hr.

Factor de calor sensible (fcs) = $Q_s \text{ total} / (Q_s \text{ total} + Q_L \text{ total})$

sustituyendo tenemos :

fcs = $47855.21 / (47855.21 + 1162.3) = 0.97$

Ahora con el fcs y con un porcentaje de humedad relativa del 90% entramos a la carta psicrométrica y localizamos las condiciones del aire a la salida de los difusores, esto se logra haciendo que la paralela del fcs pase por el punto de condiciones interiores de diseño y entonces se tiene que :

Condiciones interiores de diseño $T_{bs} = 75^{\circ}\text{F}$, $\%h = 90\%$ fcs = 0.97, Humedad relativa a la salida de la máquina = 90%.

6.6 CONDICIONES A LA SALIDA DE LOS DIFUSORES.

Entonces tenemos que $T_d =$ temperatura a la salida de los difusores = $T_{bs} = 57.7$

$T_{bh} = 55.8^{\circ}\text{F}$

$\% h = 90\%$

$hd =$ entalpia = 27 Btu/lb

W humedad específica = 84 granos /lb a

$T_{wd} =$ temperatura de rocío a la salida de la máquina = 54.9°F .

ahora para calcular la cantidad de aire suministrado si la temperatura del aire de entrada en el difusor (T_d) es de 57.7°F .

$$Q_s = M \times C_p \times (T_i - T_d)..$$

$$M = Q_s / (C_p \times (T_i - T_d))$$

Sustituyendo.

$$M = 47855.21 / (0.24(75-57.7)) = 47855.21/4.152.$$

$$M = 11525.82 \text{ lb/hr}$$

$$M = \rho \times V.$$

$$V = M/\rho = 11525.82 / (0.075 \times 60) = 11525.82 / 4.5 = 2561.29$$

6.7 AIRE REQUERIDO PARA VENTILACIÓN

Si se considera, según tabla 3-1, que se requieren 15 pie³/min de aire por persona tenemos :

$$5 \text{ personas} \times 15 \text{ pie}^3/\text{min} = (75 \text{ pie}^3/\text{min}) \times (60 \text{ min/hr}) = 4500 \text{ pie}^3/\text{hr}$$

para calcular la masa de ventilación requerida tenemos :

$$M = \rho \times V = 0.0075 \times 4500 \text{ lb pie}^3 / \text{pie}^3 \text{ hr} = 337.5 \text{ lb/hr}$$

$$\text{Cambios de aire por hora} = \frac{\text{volumen del espacio a acondicionar}}{\text{volumen del aire requerido}}$$

Se saca el volumen del espacio a acondicionar del dibujo om-80388-2

volumen en primer cuarto

4.5 x 2 x 2.4 pasando estas cantidades en pies se obtendría. :

$$14.76 \times 6.56 \times 7.87 = 762.4 \text{ pies}^3$$

volumen en segundo cuarto

$$16.4 \times 13.12 \times 7.87 = 1694.23 \text{ pies}^3$$

volumen total.

$$V_t = 1694.23 + 762.4 = 2456.63 \text{ pies}^3$$

sustituyendo :

$$\text{Cambios} = 2456.63 \text{ pie}^3 \text{ h} / 4500 \text{ pie}^3 = .54 \text{ cambios por hora} :$$

Calor latente que absorbe el aire suministrado.

$$w = M \times (W_i - W_d) / 7000$$

donde

M = masa del aire suministrado por la maquina = 11525.82 lb/hr

W_i = humedad específica o relación de humedad del aire que debe tener el espacio a acondicionar. = 86 granos/lba

W_d = Humedad específica o relación de humedad del aire que entrega la máquina acondicionadora = 85 granos/lba

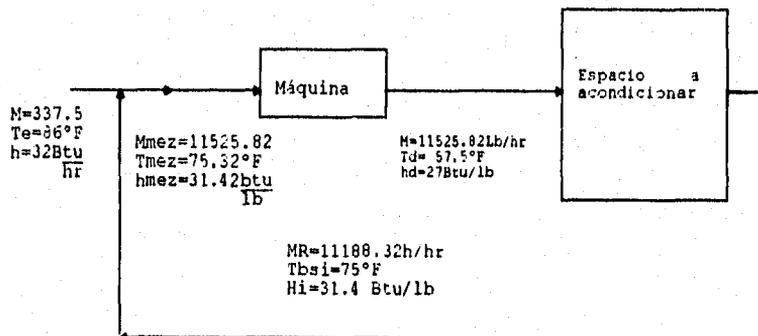
w = cantidad de humedad liberada o extraída en un espacio.

Sustituyendo se tiene :

$$w = 11525.82 \times (85 - 84) / 7000 = 1.65 \text{ lbv / hr}$$

$$QL = w \times 1050 = 1728.87 \text{ Btu/lb}$$

6.8 CAPACIDAD DEL ACONDICIONADOR CUANDO SOLO EL AIRE DE VENTILACIÓN SE TOMA DEL EXTERIOR.



$$M_{mez} = M_r + M_{ven}$$

Donde:

M_{mez} = masa del aire de la mezcla en lb/hr

M_r = mezcla del aire de retorno lb/hr

M_{ven} = masa del aire del exterior para ventilación.

$M_r = M_{mez} - M_{ven} = 11525.82 - 337.5 = 11188.32 \text{ lb/hr}$

$M_{mez} \times T_{mez} = M_{ven} \times T_{ex} + M_r \times T_i$

$T_{mez} = (M_{ven} \times T_{ex} + M_r \times T_i) / M_{mez}$

Sustituyendo :

$$((337.5) \times (86) + (11188.32) \times (75)) / 11525.82 = 75.32 \text{ °F}$$

$$h_{mez} = M_{ven} \times h_e + M_r \times h_i / M_{mez} = ((337.5) \times (32) + (11188.32) \times (31.4)) / 11525.82$$

$$h_{mez} = (10800 + 351313.25) / 11525.82 = 362113.25 / 11525.82 = 31.42$$

donde :

h_i = entalpia del aire en el interior

h_e = entalpia del aire del exterior

h_d = entalpia a la salida de la maquina o de los difusores

T_{ex} = temperatura del aire exterior

T_i = temperatura del aire en el interior

T_{mez} = temperatura de la mezcla aire de retorno y exterior

Para encontrar los requerimientos de la maquina se calcula las toneladas de refrigeración del aparato :

$$Q = M(h_{mez} - h_d)$$

sustituyendo :

$$Q = 11525.82 (31.42 - 27) = 50944.12 \text{ Btu/h}$$

$$Q = 50944.12 \text{ Btu ton} / 12000 \text{ Btu} = 4.245 \text{ ton.ref}$$

donde :

Q = toneladas de refrigeración requeridas para acondicionar el aire.

7. CRITERIO DE SELECCIÓN DE EQUIPO

La selección de equipo se hizo tomando en consideración los siguientes criterios:

1. Espacio disponible: existen dos grandes grupos donde los equipos de acondicionamiento de aire se ubican y son:

- Equipo dividido.- Son aquellos donde se contiene en un gabinete la condensadora y el compresor y en otro gabinete la evaporadora y el ventilador de inyección de aire uniéndose entre ambos gabinetes por medio de tubería
- Equipo paquete.- Son aquellos equipos en donde en un sólo gabinete se alejan todos los elementos que generan la refrigeración o bajan la Temperatura del aire.

En el caso de este proyecto se seleccionó un equipo paquete ya que no se cuenta con espacio suficiente para alojar un equipo dividido.

1. Capacidad de equipo: De acuerdo al cálculo de carga térmica para refrigeración que se realizó; la capacidad requerida en el espacio acondicionado fue de 4 toneladas de refrigeración.

Con el dato anterior se optó por seleccionar un equipo que utiliza refrigerante R-22.

Los proveedores de equipo recomiendan el utilizar refrigerante de este tipo hasta una capacidad de 5 toneladas de refrigeración y utilizar equipos con agua helada en capacidades mayores debido al costo de los mismos.

3. - Acciones de mantenimiento.- Dado que el proyecto requiere de mantener una temperatura constante prácticamente a lo largo del año, otro factor fundamental es el mantenimiento del equipo ya que en mantenimiento preventivo como correctivo es necesario apagar el equipo.

Para lo anterior se propuso la selección de dos equipos con el 75% de la capacidad cada uno logrando con esto, que al salir de operación uno de ellos, el otro mantiene el 75% de la carga térmica solo en los casos de ganancias de calor pico o máxima la cual ocurre en el mes de julio, entre las 13 y 16 horas.

Otra ventaja es que se tiene disponible el 150% de la capacidad para futuras expansiones del equipo de Telecomunicaciones.

Con lo expuesto anteriormente se seleccionó un equipo tipo paquete con capacidad de 3 toneladas de refrigeración, marca CARRIER, MOD. 50SS-036-5.

8. CONDUCCIÓN DEL AIRE.

La conducción del aire se hace a través de ductos construidos de lámina galvanizada de acuerdo a las normas AMACNA.

CLASIFICACIÓN :

Los sistemas de ductos se clasifican para su construcción en sistemas de baja velocidad, siendo esta de 1200 a 2200 ppm ; y sistemas de alta velocidad, siendo esta mas de 2200ppm. Estos valores corresponden a ductos de inyección ; los ductos de retorno o de extracción siempre se construyen como sistemas de baja velocidad.

También se clasifican

por la presión total interna que manejan, las cuales son :

PRESIÓN	PULG. COL. H2O	CLASE
Baja	HASTA 3.75	I
Media	HASTA 6.75	II
Alta	HASTA 12.25	III

DIMENSIONES DE DUCTOS DE BAJA VELOCIDAD.

Recuperación de estática .- Este método consiste en dimensionar la ductería de forma que aumento de presión estática debida a la reducción de velocidad en cada tramo , compense las perdidas por rozamiento en la subsecuente sección de esta forma la presión estática se pretende mantener constante en el sistema.

Reducción de velocidad.- Este método se basa principalmente en seleccionar la velocidad de descarga del ventilador y posteriormente establecer arbitrariamente una serie de reducciones a lo largo del ducto. La velocidad inicial no debe ser mayor que la velocidad recomendada para el uso que se le dará al sistema. Normalmente este método no se utiliza, porque para resolver el problema con una precisión razonable, se requiere mucha experiencia y conocer perfectamente el cálculo de ductos y los efectos que produce sobre el aire que conduce.

Fricción constante .- este método es el más utilizado en sistemas de inyección retorno y extracción de aire a baja velocidad. Consiste en calcular los ductos de forma que se mantenga constante las pérdidas por fricción por unidad de longitud a lo largo de un sistema. La forma de calcular por este método consiste en utilizar tablas o gráficas; pero aun más sencillo es utilizar un ductulador con los valores impresos de las propiedades del aire a diferentes velocidades dentro de un ducto. En primer lugar se elige la velocidad inicial en el ducto principal a la salida del ventilador y con el caudal del aire se determina la fricción de este tramo por cada 100 pies de longitud con estos valores se determina la sección del ducto ya sea de sección circular cuadrada o rectangular.

Para determinar la caída de presión global de un sistema, es necesario calcular las pérdidas en la trayectoria que tenga mayor resistencia considerando las pérdidas que tengan los cambios de sección debido a codos, derivaciones transiciones, etc., las cuales se suman como longitud equivalente a la longitud efectiva de la trayectoria. El ducto más largo no es necesariamente el que tiene mayor pérdida de carga, puesto que trayectorias más cortas pueden tener más restricciones que se acumulan como longitud equivalente.

Los ductos de menor costo en su construcción son los de sección cuadrada pero se pueden construir rectangulares de preferencia con relación de 2:1, siempre y cuando las restricciones del edificio lo permitan (altura entre plafón , y traves o losas, pasos de ductos en muros y losas, etc.).

9. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo, hemos visto como la ciencia tiene gran aplicación en todos los procesos, y específicamente como los principios de la termodinámica y las leyes que rigen los gases ideales tienen una gran aplicación para diseñar sistemas de aire acondicionado, basados en el balance de la carga térmica y mas aun como se aplican estos principios en el cálculo de dicha carga para poder así darnos un parámetro de los requerimientos técnicos del equipo que se necesitan instalar para satisfacer las necesidades que deben regir dentro de un espacio.

En el capítulo seis, se aplicaron las leyes termodinámicas, las leyes de los gases ideales y todos los conceptos que se manejaron a lo largo de este trabajo en un problema específico, en el cual había que acondicionar un espacio donde se iba a instalar un equipo de comunicación, el cual genera cierta cantidad de calor y debía de estar a una temperatura de bulbo seco que comprendía el rango de 76 a 78°F y con condiciones de humedad relativa de entre el 40 y 60%, por lo cual se calculó toda la ganancia de calor tanto por : transmisión a través de barreras, radiación solar, infiltración de aire por el método de ranuras, ganancia de calor por personas y por último ganancia de calor por material misceláneo, es decir por cualquier equipo o sistema de iluminación que genere calor.

Posteriormente, teniendo la cantidad de calor sensible como calor latente se calculó el factor de calor sensible, el cual nos sirvió para encontrar las condiciones del aire que se necesitaban a la salida de los difusores y con estos valores calcular la cantidad de aire necesario para mantener el espacio en las condiciones requeridas.

Este trabajo se realizó con la seguridad de que será de gran valía para los alumnos o cualquier persona interesada en el aire acondicionado

APÉNDICE

DIBUJO OM - 80388 1

DIBUJO OM - 80388 2

DIBUJO OM - 80388 3

TABLA 1.1 PROPIEDADES DE LA MEZCLA VAPOR DE AGUA A BAJAS TEMPERATURAS

FIGURA 2.1 CARTA PSICROMÉTRICA A TEMPERATURAS NORMALES

TABLA 3.1 VENTILACIÓN RECOMENDADA PARA DIFERENTES LUGARES

TABLA 4.1 VOLUMEN DEL AIRE INFILTRADO POR PIE DE RANURA PARA DIFERENTES TIPOS DE VENTANAS Y PUERTAS

TABLA 4.2 VOLUMEN DE AIRE INFILTRADO POR PIE DE SUPERFICIE

TABLA 4.3 VOLUMEN DE AIRE POR PIEZ DE SUPERFICIE DE PUERTA EN INVIERNO

TABLA 5.1 GANANCIA DE CALOR SOLAR A TRAVÉS DE CRISTALES

TABLA 5.2 FACTOR DE CORRECCIÓN PARA DIFERENTES TIPOS DE DISPOSITIVOS PROTECTORES CONTRA LA LUZ SOLAR

TABLA 5.3 TEMPERATURA DIFERENCIAL TOTAL EQUIVALENTE PARA CALCULAR LA GANANCIA DE CALOR TOTAL A TRAVÉS DE PAREDES

TABLA 5.4 TEMPERATURA DIFERENCIAL TOTAL EQUIVALENTE PARA CALCULAR LA GANANCIA DE CALOR TOTAL A TRAVÉS DE TECHOS

TABLA 5.5 CALOR PRODUCIDO POR LAS PERSONAS

TABLA 5.6 GANANCIA DE CALOR DEBIDO AL EQUIPO MISCELÁNEO

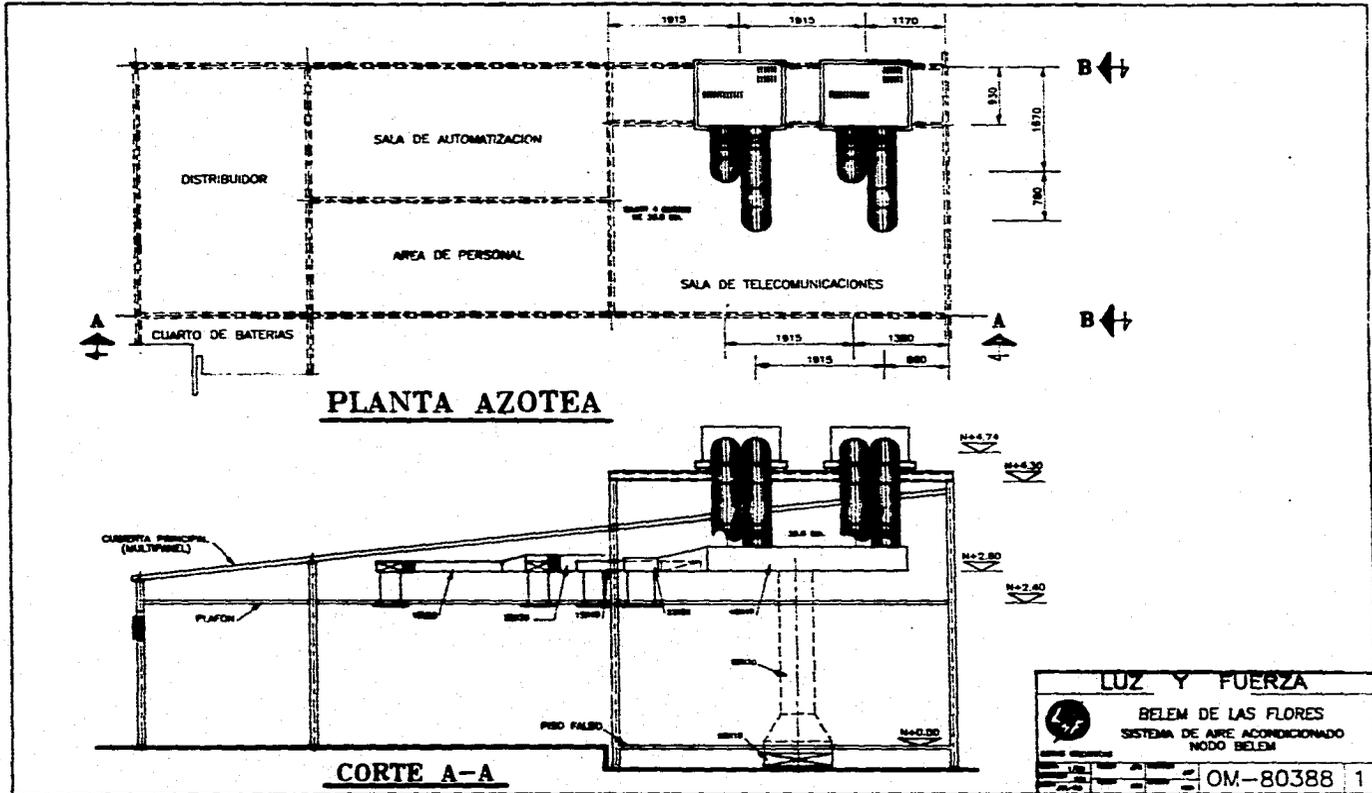
CARTA PSICROMÉTRICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

TABLA 6.1 CONDICIONES DE DISEÑO DE ALGUNAS CIUDADES DE MÉXICO

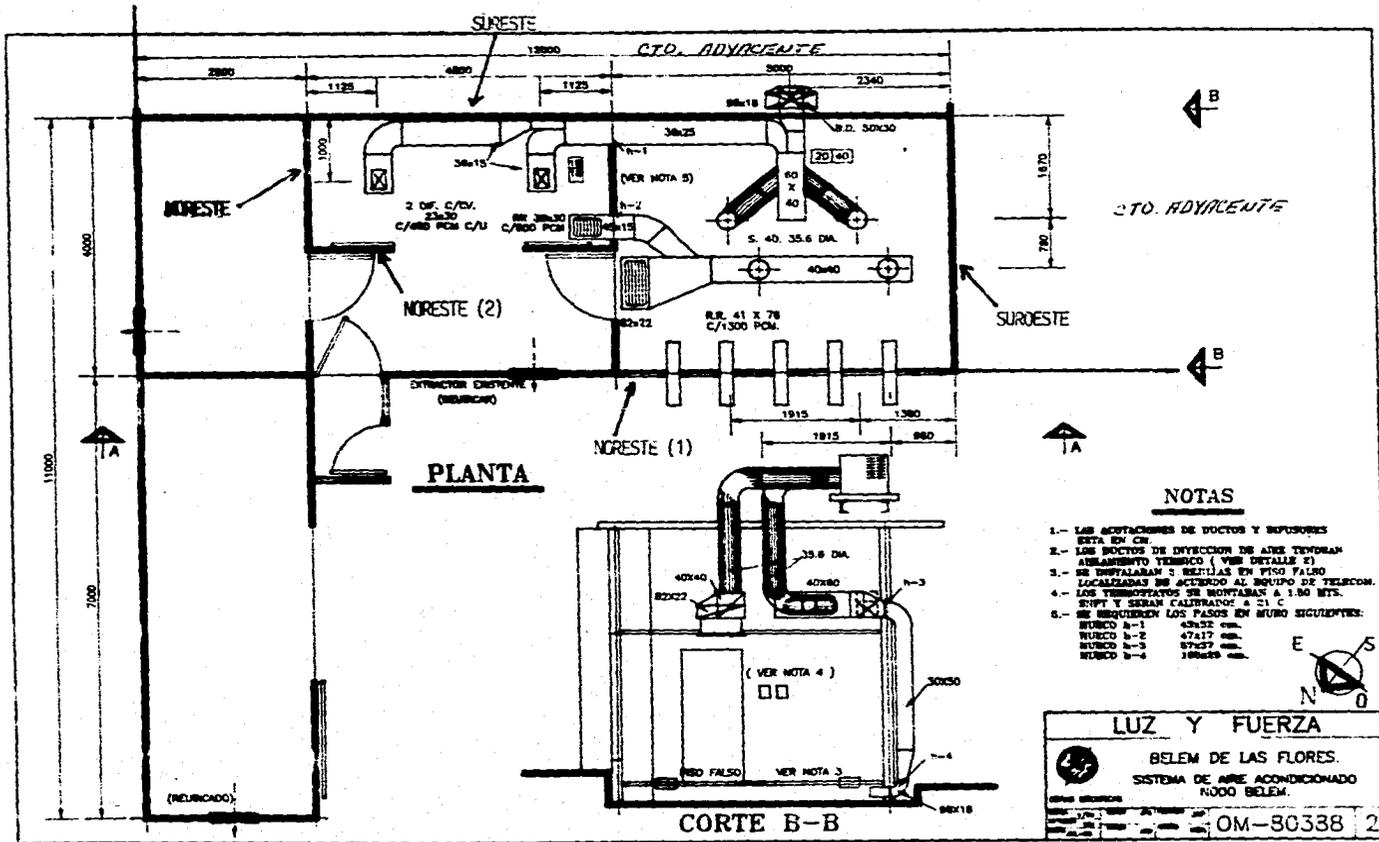
TABLA 6.2 VALORES DE RESISTENCIA PARA MATERIALES DE CONSTRUCCION AISLANTE

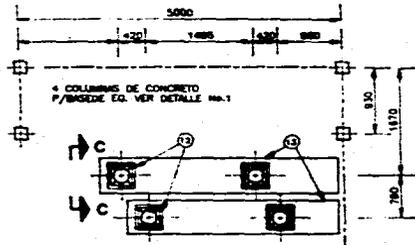
TABLA 6.3 VALORES DE "K" PARA DIFERENTES MATERIALES

TABLA 6.4 CARGA GENERAL POR EL EQUIPO DE COMUNICACIÓN

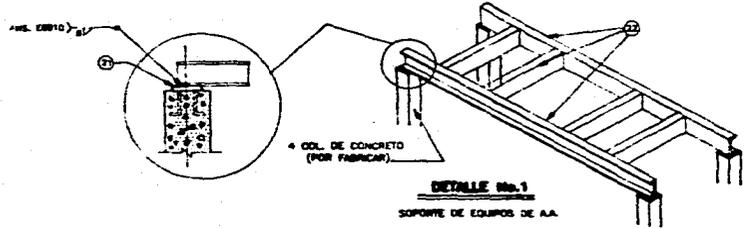


LUZ Y FUERZA																	
BELEM DE LAS FLORES																	
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO																	
NODO BELEM																	
<table border="1"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																	OM-80388 1

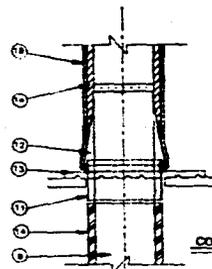




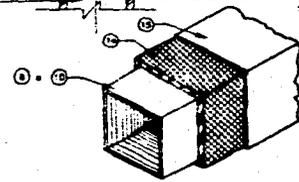
PLANTA DE AZOTEA
 (Corte vertical de pared para interior
 Dimensiones: 430 x 430 mm)



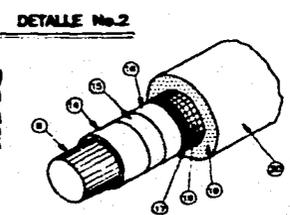
DETALLE No.1
 SOPORTE DE EQUIPOS DE A.A.



CORTE C-C



ASLAMIENTO EN DUCTOS INTERIORES

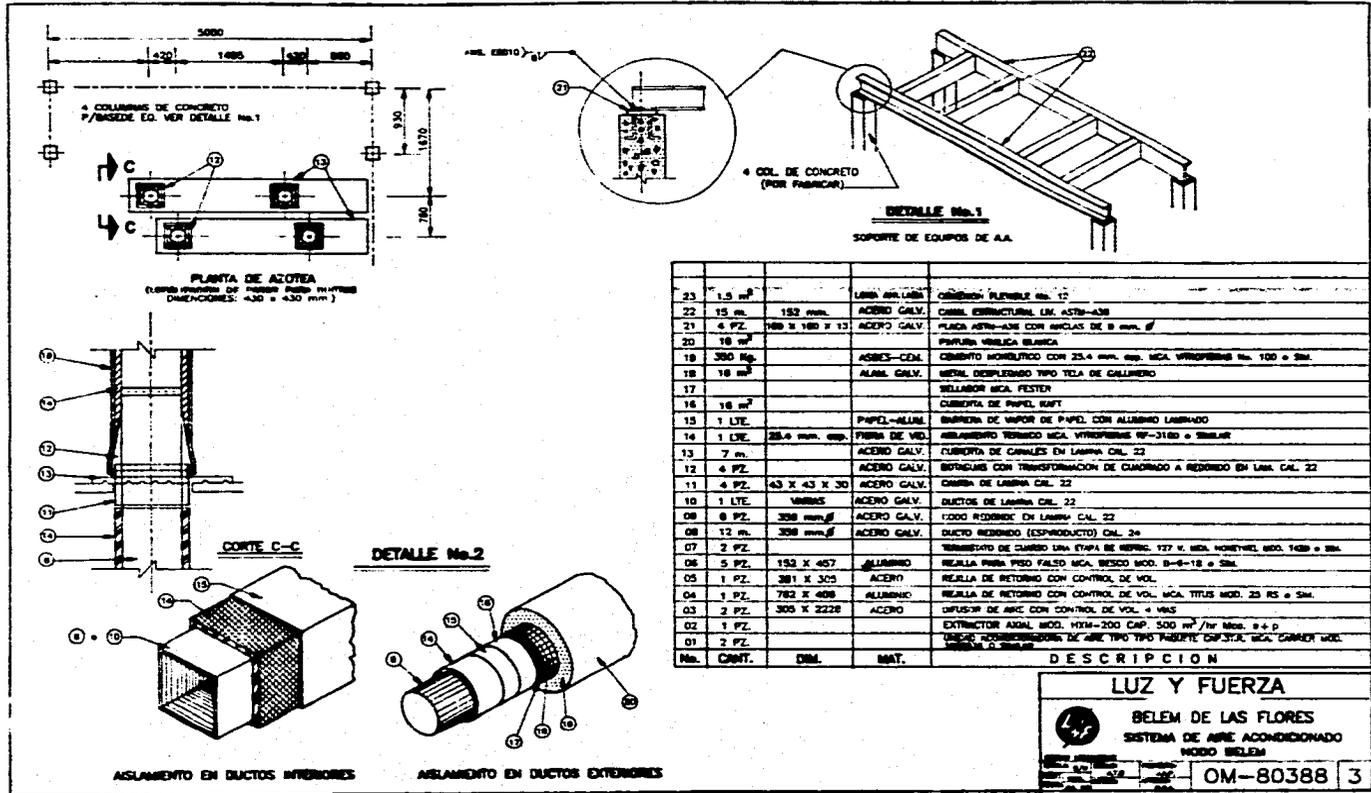


DETALLE No.2

ASLAMIENTO EN DUCTOS EXTERIORES

23	1.5 m ²		ALUMINIO	REJILLA FLEXIBLE No. 17
22	15 m ²	152 mm	ACERO GALV.	CUBIL ESTRUCTURAL L.M. ASTRA-AS
21	4 PZ.	180 x 180 x 13	ACERO GALV.	PLACA ASTRA-AS CON REJILLA DE 8 mm. Ø
20	18 m ²			PAPELINA MALLADA BLANCA
19	350 kg.		ASBES-CEL.	CEMENTO MORTALUDO CON 25.4 mm. esp. MCA. VITROFIBRA No. 100 Ø 5M.
18	18 m ²		ALAM. GALV.	METAL DESPLEGADO TIPO TEJA DE GALINERO
17				SELLADOR MCA. FEXTER
16	18 m ²			CUBIERTA DE PAPEL KRAFT
15	1 LITE.		PAPEL-ALUM.	BARRERA DE VAPOR DE PAPEL CON ALUMINIO LAMINADO
14	1 LITE.	25.4 mm. esp.	FIBRA DE VID.	ASLAMIENTO VERDEO MCA. VITROFIBRA BF-3100 Ø 5M/5M
13	7 m ²		ACERO GALV.	CUBIERTA DE CAÑALES EN LAMINA CAL. 22
12	4 PZ.		ACERO GALV.	BOTAPULSOS CON TRANSFORMACION DE CUADRADO A REDONDO EN LAM. CAL. 22
11	4 PZ.	43 X 43 X 30	ACERO GALV.	CANCHA DE LAMINA CAL. 22
10	1 LITE.	MALLAS	ACERO GALV.	DUCTOS DE LAMINA CAL. 22
09	6 PZ.	356 mm. Ø	ACERO GALV.	CORDO REDONDO EN LAMINA CAL. 22
08	12 m ²	356 mm. Ø	ACERO GALV.	DUCTO REDONDO (ESPRODUCTO) CAL. 24
07	2 PZ.			TRINCHADO DE CUBIERTA UNA ETAPA DE REVIC. 127 X MCA. HONEYWELL MOD. 1488 Ø 5M.
06	5 PZ.	152 X 457	ALUMINIO	REJILLA PARA PISO FALSO MCA. BESSCO MOD. B-9-18 Ø 5M.
05	1 PZ.	381 X 305	ACERO	REJILLA DE RETORNO CON CONTROL DE VOL.
04	1 PZ.	782 X 408	ALUMINIO	REJILLA DE RETORNO CON CONTROL DE VOL. MCA. TITUS MOD. 23 AS Ø 5M.
03	2 PZ.	305 X 228	ACERO	DIFFUSOR DE AIRE CON CONTROL DE VOL. 4 VAS
02	1 PZ.			EXTRACTOR AXIAL MOD. HX-200 CAP. 500 m ³ /hr. MCA. s + s
01	2 PZ.			UNIDAD RECOMENDADA DE AIRE TIPO TROFICOR CAP. 37.5 MCA. GARDNER MOD. TROFICOR A 2000
No.	CANT.	DM.	MAT.	DESCRIPCION

LUZ Y FUERZA
 BELEM DE LAS FLORES
 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
 MODO BELEM
 OM-80388 3



23	1.5 m ²	LINDA ANILAS	CUBIERTA PLUMBIZ No. 12
22	15 m	152 mm. ACERO GALV.	CANAL ESTRUCTURAL LIN. ASTE-AM
21	4 PZ.	180 X 180 X 13	ACERO GALV. PLACA ASTE-AM CON ANCLAS DE 8 mm. Ø
20	18 m ²		PLAFÓN MOLDICA BLANCA
19	300 kg.	ACRES-CEM.	CEMENTO MORTALCO CON 25.4 mm. esp. MCA. VITROPRISM No. 100 x 5m.
18	18 m ²	ALAM. GALV.	METAL DEPLEGADO TIPO TELA DE GALLENERO
17			SELLADOR MCA. FETER
16	18 m ²		CUBIERTA DE PAPEL KRAFT
15	1 LIT.	PAPEL-ALUM.	EMPRESA DE VAPOR DE PAPEL CON ALUMINO LAMINADO
14	1 LIT.	25.4 mm. esp.	FIBRA DE VID. ASLAMIENTO TERMO MCA. VITROPRISM 1P-3180 x SIMLAR
13	7 m.	ACERO GALV.	CUBIERTA DE CANALES EN LAMINA CAL. 22
12	4 PZ.	ACERO GALV.	BOTANICAS CON TRANSFORMACION DE CUADRADO A REDONDO EN LAM. CAL. 22
11	4 PZ.	43 X 43 X 30	ACERO GALV. CANAL DE LAMINA CAL. 22
10	1 LIT.	VIRRES	ACERO GALV. DUCTOS DE LAMINA CAL. 22
09	8 PZ.	308 mm. Ø	ACERO GALV. TUBO REDONDO EN LAMINA CAL. 22
08	12 m.	308 mm. Ø	ACERO GALV. DUCTO REDONDO (ESP/PRODUCTO) CAL. 24
07	2 PZ.		TERMOSTATO DE CUERPO LINA ETAPA DE REPRIC. 127 V. MCA. HONEYWELL MOD. 148 x 5m.
06	5 PZ.	130 X 457	ALUMINO REJILLA PARA PISO FALSO MCA. BESSCO MOD. B-6-18 x 5m.
05	1 PZ.	381 X 305	ACERO REJILLA DE RETORNO CON CONTROL DE VOL.
04	1 PZ.	782 X 408	ALUMINIO REJILLA DE RETORNO CON CONTROL DE VOL. MCA. TITUS MOD. 23 RS x 5m.
03	2 PZ.	305 X 2228	ACERO DIFUSOR DE AIRE CON CONTROL DE VOL. x 18AS
02	1 PZ.		EXTRACTOR AXIAL MOD. HXN-200 CAP. 500 m ³ /hr Mod. s + p
01	2 PZ.		VALVULA REGULADORA DE AIRE TIPO TRO. PABST. CAP. 3.75 MCA. GAMNEY MOD. 100 x 100 x 100
No.	CANT.	DIM.	MAT.

DESCRIPCION

LUZ Y FUERZA

BELEM DE LAS FLORES

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

MODULO BELEM

OM-80388 3

TABLA 1.1 PROPIEDADES DE LA MEZCLA DE AIRE Y VAPOR DE AGUA A BAJAS TEMPERATURAS

Temp. °F	Presión del vapor saturada · 10 ⁴		Peso del vapor saturado				Volumen en pies ³ Barométrico, 29.92 plg de Hg		Entalpía por libra		
	Pulgadas de Hg	Lb/plg ²	Por pie ³		Por libra de aire seco		de una libra de aire seco	de una libra de aire seco + vapor para saturación (9)	Aire seco Datum 0°F	Vapor Datum 32°F	Aire seco con vapor para saturación
			Libras × 10 ⁻⁴	Gramos	Libras × 10 ⁻⁴	Gramos					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
-25	946.4	464.87	1.8016	0.12611	19.68	1.3776	10.95	10.95	-6.011	1048.0	-5.805
-24	1,003.	492.67	1.9049	0.13334	20.86	1.4602	10.97	10.97	-5.770	1048.4	-5.551
-23	1,064.	522.64	2.0162	0.14113	22.13	1.5491	11.00	11.00	-5.529	1048.9	-5.297
-22	1,126.	553.09	2.1287	0.14901	23.42	1.6394	11.02	11.02	-5.288	1049.3	-5.042
-21	1,192.	585.51	2.2484	0.15739	24.79	1.7353	11.05	11.05	-5.047	1049.8	-4.787
-20	1,262.0	619.89	2.3750	0.16625	26.25	1.8375	11.07	11.07	-4.807	1050.2	-4.531
-19	1,337.	656.73	2.5105	0.17574	27.81	1.9467	11.10	11.10	-4.566	1050.7	-4.274
-18	1,416.	695.54	2.6527	0.18569	29.45	2.0615	11.13	11.13	-4.325	1051.1	-4.015
-17	1,496.	734.84	2.7963	0.19574	31.12	2.1784	11.15	11.15	-4.085	1051.6	-3.758
-16	1,584.	778.06	2.9542	0.20679	32.95	2.3065	11.18	11.18	-3.844	1052.0	-3.497
-15	1,675.0	822.76	3.1168	0.21818	34.84	2.4388	11.20	11.21	-3.604	1052.5	-3.237
-14	1,772.	870.41	3.2899	0.23029	36.86	2.5802	11.23	11.24	-3.363	1052.9	-2.975
-13	1,874.	920.51	3.4714	0.24300	38.98	2.7286	11.25	11.26	-3.123	1053.4	-2.712
-12	1,980.	972.58	3.6596	0.25617	41.19	2.8833	11.28	11.29	-2.883	1053.8	-2.449
-11	2,093.	1,028.1	3.8599	0.27019	43.54	3.0478	11.30	11.31	-2.642	1054.3	-2.183
-10	2,210.0	1,085.6	4.0666	0.28466	45.98	3.2186	11.33	11.34	-2.402	1054.7	-1.917
-9	2,335.	1,147.0	4.2871	0.30009	48.58	3.4006	11.35	11.36	-2.162	1055.2	-1.649
-8	2,463.	1,209.8	4.5120	0.31584	51.25	3.5875	11.38	11.39	-1.921	1055.6	-1.380
-7	2,592.	1,279.0	4.7534	0.32014	52.06	3.6442	11.40	11.41	-1.681	1056.1	-1.131
-6	2,745.	1,348.3	5.0066	0.35046	57.12	3.9934	11.43	11.44	-1.441	1056.5	-0.875
-5	2,895.0	1,423.5	5.2738	0.36917	60.30	4.2210	11.45	11.46	-1.201	1057.0	-0.5636
-4	3,055.	1,500.6	5.5473	0.38831	63.57	4.4499	11.48	11.49	-0.9604	1057.4	-0.2882
-3	3,222.	1,582.6	5.8370	0.40865	67.05	4.6935	11.50	11.51	-0.7203	1057.9	-0.01098
-2	3,397.	1,668.5	6.1414	0.42990	70.69	4.9483	11.53	11.54	-0.4802	1058.3	+0.2679
-1	3,580.	1,758.5	6.4583	0.45208	74.50	5.2150	11.55	11.57	-0.2401	1058.8	+0.5487
0	3,773.0	1,853.3	6.7914	0.47500	78.52	5.5000	11.58	11.59	0	1059.2	+0.8317

De Heating, Ventilating and Air Conditioning Guide, Cap. I, 1939; compilación de W. M. Sawdon; presiones de vapor convertidas de International Critical Tables. Reproducido con autorización de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

TABLA 1.1 PROPIEDADES DE LA MEZCLA DE AIRE Y VAPOR DE AGUA A BAJAS TEMPERATURAS

Temp. °F	Presión del vapor saturado		Peso del vapor saturado				Volumen específico de vapor saturado			Energía por libra		
	Pulsos de Hg	lb/ft ²	Porcentaje		lb/lb	Porcentaje de aire seco		ft ³ /lb	ft ³ /lb	Btu/lb	Btu/lb	Btu/lb
			líquido	vapor		líquido	vapor					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	
0	0.03773	0.01853	0.00067914	0.475	0.0007852	5.50	11.58	11.59	0.000	1059.2	0.8117	
1	0.03975	0.01963	0.00071395	0.503	0.0008275	5.79	11.60	11.62	0.240	1059.7	1.117	
2	0.04180	0.02050	0.00075021	0.525	0.0008714	6.10	11.63	11.64	0.480	1060.1	1.404	
3	0.04409	0.02166	0.00078851	0.552	0.0009178	6.43	11.65	11.67	0.720	1060.6	1.694	
4	0.04645	0.02282	0.00082890	0.580	0.0009671	6.77	11.68	11.70	0.960	1061.0	1.986	
5	0.04886	0.02400	0.00087005	0.609	0.001017	7.12	11.70	11.72	1.200	1061.5	2.280	
6	0.05144	0.02527	0.00091199	0.640	0.001071	7.50	11.73	11.75	1.440	1061.9	2.577	
7	0.05412	0.02658	0.00095935	0.672	0.001127	7.89	11.75	11.77	1.680	1062.4	2.877	
8	0.05692	0.02796	0.0010070	0.705	0.001186	8.30	11.78	11.80	1.920	1062.8	3.180	
9	0.05988	0.02941	0.0010572	0.740	0.001247	8.73	11.80	11.83	2.160	1063.3	3.486	
10	0.06295	0.03092	0.0011090	0.776	0.001311	9.18	11.83	11.85	2.400	1063.7	3.795	
11	0.06618	0.03251	0.0011634	0.814	0.001379	9.65	11.86	11.88	2.640	1064.2	4.108	
12	0.06956	0.03418	0.0012206	0.854	0.001450	10.15	11.88	11.91	2.880	1064.6	4.424	
13	0.07309	0.03590	0.0012794	0.890	0.001523	10.66	11.91	11.93	3.120	1065.1	4.742	
14	0.07677	0.03771	0.0013410	0.939	0.001600	11.20	11.93	11.96	3.359	1065.5	5.064	
15	0.08067	0.03963	0.0014062	0.984	0.001682	11.77	11.96	11.99	3.599	1066.0	5.392	
16	0.08469	0.04160	0.0014732	1.031	0.001766	12.36	11.98	12.01	3.839	1066.4	5.722	
17	0.08895	0.04369	0.0015440	1.081	0.001855	12.99	12.00	12.04	4.079	1066.9	6.058	
18	0.09337	0.04586	0.0016174	1.132	0.001947	13.63	12.03	12.07	4.319	1067.3	6.397	
19	0.09797	0.04812	0.0016935	1.185	0.002043	14.29	12.06	12.09	4.559	1067.8	6.741	
20	0.1028	0.05050	0.0017717	1.242	0.002144	15.01	12.08	12.12	4.798	1068.2	7.088	
21	0.1078	0.05295	0.0018564	1.299	0.002250	15.75	12.11	12.15	5.038	1068.7	7.443	
22	0.1132	0.05560	0.0019439	1.361	0.002361	16.51	12.13	12.18	5.278	1069.1	7.802	
23	0.1196	0.05826	0.0020335	1.423	0.002476	17.33	12.16	12.20	5.518	1069.6	8.166	
24	0.1241	0.06111	0.0021276	1.489	0.002596	18.17	12.18	12.23	5.758	1070.0	8.536	
25	0.1301	0.06403	0.0022255	1.558	0.002722	19.05	12.21	12.26	5.998	1070.5	8.912	
26	0.1366	0.06710	0.0023278	1.629	0.002853	19.97	12.23	12.29	6.237	1070.9	9.292	
27	0.1432	0.07034	0.0024342	1.704	0.002991	20.94	12.26	12.32	6.477	1071.4	9.682	
28	0.1500	0.07368	0.0025445	1.781	0.003133	21.93	12.28	12.34	6.717	1071.8	10.075	
29	0.1571	0.07717	0.0026597	1.862	0.003283	22.99	12.31	12.37	6.957	1072.3	10.477	
30	0.1645	0.08080	0.0027797	1.946	0.003439	24.07	12.33	12.40	7.197	1072.7	10.886	
31	0.1722	0.08453	0.0029043	2.033	0.003601	25.21	12.36	12.43	7.437	1073.2	11.302	
32	0.1803	0.08856	0.0030343	2.124	0.003771	26.40	12.38	12.46	7.677	1073.6	11.726	
33	0.1879	0.09230	0.0031471	2.203	0.003931	27.52	12.41	12.49	7.917	1074.1	12.139	
34	0.1957	0.09610	0.0032690	2.288	0.004094	28.66	12.43	12.51	8.157	1074.5	12.556	
35	0.20360	0.1000	0.0033994	2.376	0.004262	29.81	12.46	12.54	8.397	1075.0	12.979	
36	0.21195	0.1041	0.0035277	2.469	0.004438	31.07	12.48	12.57	8.636	1075.4	13.409	
37	0.22050	0.1083	0.003662	2.563	0.004618	32.33	12.51	12.60	8.876	1075.9	13.845	
38	0.22925	0.1126	0.0037999	2.660	0.004803	33.62	12.53	12.63	9.116	1076.3	14.285	
39	0.23842	0.1171	0.003943	2.760	0.004996	34.97	12.56	12.66	9.356	1076.8	14.736	
40	0.24778	0.1217	0.004090	2.863	0.005194	36.36	12.59	12.69	9.596	1077.2	15.191	
41	0.25735	0.1265	0.004243	2.970	0.005401	37.80	12.61	12.72	9.836	1077.7	15.657	
42	0.26773	0.1315	0.004401	3.081	0.005616	39.31	12.62	12.75	10.08	1078.1	16.13	
43	0.27832	0.1367	0.004566	3.196	0.005840	40.88	12.66	12.78	10.32	1078.6	16.62	
44	0.28911	0.1420	0.004735	3.315	0.006069	42.48	12.69	12.81	10.56	1079.0	17.11	
45	0.30031	0.1475	0.004909	3.436	0.006306	44.14	12.71	12.84	10.80	1079.5	17.61	
46	0.31191	0.1532	0.005088	3.562	0.006553	45.87	12.74	12.87	11.04	1079.9	18.12	

TABLA I.1 PROPIEDADES DE LA MEZCLA DE AIRE Y VAPOR DE AGUA A BAJAS TEMPERATURAS

Temp. °F	Presión del vapor saturado		Peso del vapor saturado				Volumen en pies ³ Barom. 29.92 plg de Hg			Entalpia por libra		
	Pulgadas de Hg	Lb/plg ²	Por pie ³		Por libra de aire seco		de una libra de aire seco	de una libra de aire seco + vapor para saturación	Aire seco Daum 0°F	Vapor Daum 32°F	Aire seco con vapor para saturación	
			Libras	Granos	Libras	Granos						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	
47	0.32393	0.1591	0.0005274	3.692	0.006808	47.66	12.76	12.90	11.23	1080.4	18.64	
48	0.33635	0.1652	0.0005465	3.826	0.007072	49.50	12.79	12.93	11.52	1080.8	19.16	
49	0.34917	0.1715	0.0005663	3.964	0.007345	51.42	12.81	12.96	11.76	1081.3	19.70	
50	0.36241	0.1780	0.0005866	4.106	0.007626	53.38	12.84	12.99	12.00	1081.7	20.25	
51	0.37625	0.1848	0.0006078	4.255	0.007921	55.45	12.86	13.02	12.23	1082.2	20.80	
52	0.39051	0.1918	0.0006296	4.407	0.008226	57.58	12.89	13.06	12.47	1082.6	21.38	
53	0.40496	0.1889	0.0006516	4.561	0.008534	59.74	12.91	13.09	12.71	1083.1	21.95	
54	0.42003	0.2063	0.0006746	4.722	0.008856	61.99	12.94	13.12	12.95	1083.5	22.55	
55	0.43570	0.2140	0.0006984	4.889	0.009192	64.34	12.96	13.15	13.19	1084.0	23.15	
56	0.45179	0.2219	0.0007228	5.060	0.009536	66.75	12.99	13.19	13.43	1084.4	23.77	
57	0.46828	0.2300	0.0007477	5.234	0.009890	69.23	13.01	13.22	13.67	1084.9	24.40	
58	0.48538	0.2384	0.0007735	5.415	0.01026	71.82	13.04	13.25	13.91	1085.3	25.05	
59	0.50310	0.2471	0.0008003	5.602	0.01064	74.48	13.06	13.29	14.15	1085.8	25.70	
60	0.52142	0.2561	0.0008278	5.795	0.01101	77.21	13.09	13.32	14.39	1086.2	26.37	
61	0.54035	0.2654	0.0008562	5.993	0.01144	80.08	13.11	13.35	14.63	1086.7	27.06	
62	0.55970	0.2749	0.0008852	6.196	0.01186	83.02	13.14	13.39	14.87	1087.1	27.76	
63	0.57958	0.2848	0.0009153	6.407	0.01229	86.03	13.16	13.42	15.11	1087.6	28.48	
64	0.60042	0.2949	0.0009460	6.622	0.01274	89.18	13.19	13.46	15.35	1088.0	29.21	
65	0.62179	0.3054	0.0009778	6.845	0.01320	92.40	13.21	13.49	15.59	1088.5	29.96	
66	0.64378	0.3162	0.0010105	7.074	0.01368	95.76	13.24	13.53	15.83	1088.9	30.73	
67	0.66638	0.3273	0.0010440	7.308	0.01417	99.19	13.26	13.57	16.07	1089.4	31.51	
68	0.68980	0.3388	0.0010816	7.571	0.01468	102.8	13.29	13.60	16.31	1089.8	32.31	
69	0.71382	0.3506	0.0011140	7.798	0.01520	106.4	13.31	13.64	16.55	1090.3	33.12	
70	0.73866	0.3628	0.0011507	8.055	0.01574	110.2	13.34	13.68	16.79	1090.7	33.96	
71	0.76431	0.3754	0.0011884	8.319	0.01631	114.2	13.37	13.71	17.03	1091.2	34.83	
72	0.79058	0.3883	0.0012269	8.588	0.01688	118.2	13.40	13.75	17.27	1091.6	35.70	
73	0.81766	0.4016	0.0012667	8.867	0.01748	122.4	13.42	13.79	17.51	1092.1	36.60	
74	0.84553	0.4153	0.0013075	9.153	0.01809	126.6	13.44	13.83	17.75	1092.5	37.51	
75	0.87448	0.4295	0.0013497	9.448	0.01873	131.1	13.47	13.87	17.99	1093.0	38.46	
76	0.90398	0.4440	0.0013927	9.749	0.01938	135.7	13.49	13.91	18.23	1093.4	39.42	
77	0.93452	0.4590	0.0014371	10.06	0.02005	140.4	13.52	13.95	18.47	1093.9	40.40	
78	0.96588	0.4744	0.0014825	10.38	0.02075	145.3	13.54	13.99	18.71	1094.3	41.42	
79	0.99825	0.4903	0.0015295	10.71	0.02147	150.3	13.57	14.03	18.95	1094.8	42.46	
80	1.0316	0.5067	0.0015777	11.04	0.02221	155.5	13.59	14.08	19.19	1095.2	43.51	
81	1.0661	0.5236	0.0016273	11.39	0.02298	160.9	13.62	14.12	19.43	1095.7	44.61	
82	1.1013	0.5409	0.0016781	11.75	0.02377	166.4	13.64	14.16	19.67	1096.1	45.72	
83	1.1377	0.5588	0.0017304	12.11	0.02459	172.1	13.67	14.21	19.91	1096.6	46.88	
84	1.1752	0.5772	0.0017841	12.40	0.02543	178.0	13.69	14.26	20.15	1097.0	48.05	
85	1.2135	0.5960	0.0018389	12.87	0.02629	184.0	13.72	14.30	20.39	1097.5	49.24	
86	1.2527	0.6153	0.0018950	13.27	0.02718	190.3	13.74	14.34	20.63	1097.9	50.47	
87	1.2933	0.6352	0.0019531	13.67	0.02810	196.7	13.77	14.39	20.87	1098.4	51.74	
88	1.3346	0.6555	0.0020116	14.08	0.02904	203.3	13.79	14.44	21.11	1098.8	53.02	
89	1.3774	0.6765	0.0020725	14.51	0.03002	210.1	13.82	14.48	21.35	1099.3	54.35	
90	1.4211	0.6980	0.0021344	14.94	0.03102	217.1	13.84	14.53	21.59	1099.7	55.70	
91	1.4661	0.7201	0.0021982	15.39	0.03205	224.4	13.87	14.58	21.83	1100.2	57.09	
92	1.5125	0.7429	0.0022634	15.84	0.03312	231.8	13.89	14.63	22.07	1100.6	58.52	
93	1.5600	0.7662	0.0023304	16.31	0.03421	239.5	13.92	14.69	22.32	1101.1	59.99	

TABLA I.1 PROPIEDADES DE LA MEZCLA DE AIRE Y VAPOR DE AGUA A BAJAS TEMPERATURAS

Temp. °F	Presión del vapor saturado		Peso del vapor saturado					Volumen en pies ³ Batón, 29.92 plg de Hg			Entalpía por libra	
	Pulgadas de Hg	Lb/plg ³	Por pie ³		Por libra de aire seco		de una libra de aire seco	de una libra de aire seco + vapor para saturación	Aire seco Datum 0°F	Vapor Datum 32°F	Aire seco con vapor para saturación	
			Libras	Gramos	Libras	Gramos						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	
94	1.6088	0.7902	0.0023992	16.79	0.03535	247.5	13.94	14.73	22.56	1101.5	61.50	
95	1.6591	0.8149	0.0024697	17.28	0.03652	255.6	13.97	14.79	22.80	1102.0	63.05	
96	1.7108	0.8403	0.0025425	17.80	0.03772	264.0	13.99	14.84	23.04	1102.4	64.62	
97	1.7638	0.8661	0.0026164	18.31	0.03896	272.7	14.02	14.90	23.28	1102.9	66.25	
98	1.8181	0.8930	0.0026925	18.85	0.04024	281.7	14.02	14.95	23.52	1103.3	67.92	
99	1.8741	0.9205	0.0027700	19.39	0.04156	290.9	14.07	15.01	23.76	1103.8	69.63	
100	1.9316	0.9487	0.0028506	19.95	0.04293	300.5	14.10	15.07	24.00	1104.2	71.40	
101	1.9904	0.9776	0.0029316	20.52	0.04433	310.3	14.12	15.12	24.24	1104.7	73.21	
102	2.0507	1.0072	0.0030156	21.11	0.04577	320.4	14.15	15.18	24.48	1105.1	75.06	
103	2.1128	1.0377	0.0031017	21.71	0.04726	330.8	14.17	15.25	24.72	1105.6	76.97	
104	2.1763	1.0689	0.0031887	22.32	0.04879	341.5	14.20	15.31	24.96	1106.0	78.92	
105	2.2414	1.1009	0.0032786	22.95	0.05037	352.6	14.22	15.37	25.20	1106.5	80.93	
106	2.3084	1.1338	0.0033715	23.60	0.05200	364.0	14.25	15.44	25.44	1106.9	83.00	
107	2.3770	1.1675	0.0034650	24.26	0.05368	375.8	14.27	15.50	25.68	1107.4	85.13	
108	2.4473	1.2020	0.0035612	24.93	0.05541	387.9	14.30	15.57	25.92	1107.8	87.30	
109	2.5196	1.2375	0.0036603	25.62	0.05719	400.3	14.32	15.64	26.16	1108.3	89.54	
110	2.5939	1.274	0.0037622	26.34	0.05904	413.3	14.35	15.71	26.40	1108.7	91.86	
111	2.6692	1.311	0.0038669	27.07	0.06092	426.4	14.37	15.78	26.64	1109.2	94.21	
112	2.7480	1.350	0.0039729	27.81	0.06292	440.4	14.39	15.85	26.88	1109.6	96.70	
113	2.8280	1.389	0.0040816	28.57	0.06493	454.5	14.42	15.93	27.12	1110.1	99.20	
114	2.9044	1.429	0.0041911	29.34	0.06700	469.0	14.45	16.00	27.36	1110.5	101.76	
115	2.9929	1.470	0.0043047	30.13	0.06913	483.9	14.47	16.08	27.60	1111.0	104.40	
116	3.0784	1.512	0.0044208	30.95	0.07134	499.4	14.50	16.16	27.84	1111.4	107.13	
117	3.1660	1.555	0.0045372	31.76	0.07361	515.3	14.52	16.24	28.08	1111.9	109.92	
118	3.2576	1.600	0.0046620	32.63	0.07600	532.0	14.55	16.32	28.32	1112.3	112.85	
119	3.3492	1.645	0.0047846	33.49	0.07840	548.8	14.57	16.41	28.56	1112.8	115.80	
120	3.4449	1.692	0.0049115	34.38	0.08093	566.5	14.60	16.50	28.80	1113.2	118.89	
121	3.5406	1.739	0.0050400	35.28	0.08348	584.4	14.62	16.58	29.04	1113.7	122.01	
122	3.6404	1.788	0.005173	36.21	0.08616	603.1	14.65	16.68	29.28	1114.1	125.27	
123	3.7422	1.838	0.005311	37.18	0.08892	622.4	14.67	16.77	29.52	1114.6	128.63	
124	3.8460	1.889	0.005450	38.15	0.09175	642.3	14.70	16.87	29.76	1115.0	132.06	
125	3.9519	1.941	0.005590	39.13	0.09466	662.6	14.72	16.96	30.00	1115.5	135.59	
126	4.0618	1.995	0.005734	40.14	0.09770	683.9	14.75	17.06	30.24	1115.9	139.26	
127	4.1718	2.049	0.005882	41.17	0.1008	705.6	14.77	17.17	30.48	1116.4	143.01	
128	4.2858	2.105	0.006031	42.22	0.1040	728.0	14.80	17.27	30.72	1116.8	146.87	
129	4.4039	2.163	0.006188	43.32	0.1074	751.8	14.83	17.38	30.96	1117.3	150.96	
130	4.5220	2.221	0.006344	44.41	0.1107	774.9	14.85	17.49	31.20	1117.7	154.93	
131	4.6441	2.281	0.006504	45.53	0.1143	800.1	14.88	17.61	31.45	1118.2	159.26	
132	4.7703	2.343	0.006671	46.70	0.1180	826.0	14.90	17.73	31.69	1118.6	163.68	
133	4.8986	2.406	0.006839	47.87	0.1218	852.6	14.93	17.85	31.93	1119.1	168.24	
134	5.0289	2.470	0.007010	49.07	0.1257	879.9	14.95	17.97	32.17	1119.5	172.89	
135	5.1633	2.536	0.007185	50.30	0.1297	907.9	14.98	18.10	32.41	1120.0	177.67	
136	5.2997	2.603	0.007364	51.55	0.1339	937.3	15.00	18.23	32.65	1120.4	182.67	
137	5.4402	2.672	0.007547	52.83	0.1382	967.4	15.03	18.36	32.89	1120.9	187.80	
138	5.5827	2.742	0.007732	54.12	0.1427	998.9	15.05	18.50	33.13	1121.3	193.14	
139	5.7291	2.814	0.007923	55.46	0.1473	1031.1	15.08	18.65	33.37	1121.8	198.61	

TABLA 1.1 PROPIEDADES DE LA MEZCLA DE AIRE Y VAPOR DE AGUA A BAJAS TEMPERATURAS

Temp. °F	Presión del vapor saturado		Peso del vapor saturado				Volumen en pies ³ Barom. 29.92 pig de Hg		Entalpia por libra		
	Pulgadas de Hg	Lb/pig ²	Por pie ³		Por libra de aire seco		de una libra de aire seco	de una libra de aire seco + vapor para saturación (9)	Aire seco Datum 1°F	Vapor Datum 32°F	Aire seco con vapor para saturación
			Libras	Granos	Libras	Granos					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(10)	(11)	(12)	
140	5.8779	2.887	0.008116	56.81	0.1521	1,064.7	15.10	18.79	33.61	1122.2	204.30
141	6.0306	2.962	0.008313	58.19	0.1570	1,099.0	15.13	18.94	33.85	1122.7	210.11
142	6.1874	3.039	0.008516	59.61	0.1622	1,135.4	15.15	19.10	34.09	1123.1	216.26
143	6.3482	3.118	0.008724	61.07	0.1675	1,172.5	15.18	19.26	34.33	1123.6	222.53
144	6.5111	3.198	0.008933	62.53	0.1730	1,211.0	15.20	19.43	34.57	1124.0	229.02
145	6.6781	3.280	0.009148	64.04	0.1787	1,250.9	15.23	19.60	34.81	1124.5	235.76
146	6.8471	3.363	0.009366	65.56	0.1846	1,292.2	15.25	19.78	35.05	1124.9	242.71
147	7.0222	3.449	0.009590	67.13	0.1908	1,335.6	15.28	19.96	35.29	1125.4	250.02
148	7.1993	3.536	0.009817	68.72	0.1971	1,379.7	15.30	20.15	35.53	1125.8	257.43
149	7.3805	3.625	0.010040	70.28	0.2037	1,425.9	15.33	20.35	35.77	1126.3	265.20
150	7.5658	3.716	0.010284	71.99	0.2105	1,473.5	15.35	20.55	36.02	1126.7	273.19
151	7.7551	3.809	0.010526	73.68	0.2176	1,523.2	15.38	20.76	36.26	1127.2	281.54
152	7.9485	3.904	0.010772	75.40	0.2250	1,575.0	15.40	20.97	36.50	1127.6	290.21
153	8.1460	4.001	0.011022	77.15	0.2327	1,628.9	15.43	21.20	36.74	1128.1	299.25
154	8.3476	4.100	0.011279	78.95	0.2407	1,684.9	15.45	21.43	36.98	1128.5	308.61
155	8.5532	4.201	0.011539	80.77	0.2490	1,743.0	15.48	21.67	37.22	1129.0	318.34
156	8.7650	4.305	0.011807	82.65	0.2577	1,803.9	15.50	21.93	37.46	1129.4	328.51
157	8.9788	4.410	0.012077	84.54	0.2667	1,866.9	15.53	22.19	37.70	1129.9	339.04
158	9.1986	4.518	0.012354	86.43	0.2761	1,932.7	15.56	22.46	37.94	1130.3	350.02
159	9.4206	4.627	0.012634	88.44	0.2858	2,000.6	15.58	22.74	38.18	1130.8	361.36
160	9.6486	4.739	0.012919	90.43	0.2961	2,072.7	15.61	23.03	38.43	1132.2	373.38
161	9.8807	4.853	0.013211	92.46	0.3067	2,146.9	15.63	23.33	38.67	1131.7	385.76
162	10.119	4.970	0.013509	94.56	0.3179	2,225.3	15.66	23.65	38.91	1132.1	398.80
163	10.361	5.089	0.013812	96.68	0.3295	2,306.5	15.68	23.98	39.15	1132.5	412.34
164	10.608	5.210	0.014120	98.84	0.3416	2,391.2	15.71	24.33	39.39	1133.0	426.42

TABLA 3.1 VENTILACION RECOMENDADA PARA DIFERENTES LUGARES

APLICACION	Humo de cigarros	ft ³ /min. por persona		ft ³ /min. mínimo de aire de aire por ft ² de techo
		Recomen- dado	Mínimo	
Departamentos {normales de lujo	Poco	20	15	—
	Poco	30	25	0.33
Bancos	Ocasional	10	7.5	—
Peluquerías	Considerable	15	10	—
Salones de belleza	Ocasional	10	7.5	—
Bares	Mucho	30	25	—
Corredores	—	—	—	0.25
Sala de juntas	Excesivo	50	30	—
Departamentos de tiendas	Nada	7.5	5	0.05
Garajes	—	—	—	1.0
Fábricas	Nada	10	7.5	0.10
Funerarias (salones)	Nada	10	7.5	—
Cafetería	Considerable	10	7.5	—
Hospitales {quirófanos cuartos privados salas de espera	Nada	—	—	2.0
	Nada	30	25	0.33
	Nada	20	15	—
Habitaciones de hotel	Mucho	30	25	0.33
Cocinas {restaurantes residencias	—	—	—	4.0
	—	—	—	2.0
Laboratorios	Poco	20	15	—
Salones de reunión	Mucho	50	30	1.25
Oficinas {generales privadas privadas	Poco	15	10	—
	Nada	25	15	0.25
	Considerable	30	25	0.25
Restaurantes {cafetería comedor	Considerable	12	10	—
	Considerable	15	12	—
Salones de clase	—	—	—	—
Teatros	Nada	7.5	5	—
Teatros	Poco	15	10	—
Tocadores	—	—	—	2.0

De *Modern Air Conditioning, Heating, and Ventilating*, 3ª edición, por Willis H. Carrier, Realto E. Cherne, Walter A. Grant y William H. Roberts, con autorización de Pitman Publishing Corporation.

Tabla 4.1 volumen de aire infiltrado por pie de ranura para diferentes tipos de ventanas y puertas

Tipo de ventana o puerta	OBSERVACIONES	PIE3/MIN POR PIE DE RANURA					
		Velocidad del viento (mph)					
		5	10	15	20	25	30
ventana de doble hoja o guillotina (madera)	Ventana normal sin protección especial incluyendo fugas a través de marco de madera	.12	.35	.65	.98	1.3	1.73
	Idem ; con protección especial	.07	.22	.40	.60	1.18	1.05
	Ventana de construcción barata, sin protección especial ; incluyendo fugas a través de marcos	.45	1.15	1.85	2.6	3.3	4.2
	Idem ; con protección especial	1	.32	.57	.85	1.18	1.53
Ventana de metal de doble hoja	Sin cerrojo ; sin protección especial	.33	.78	1.23	1.73	2.3	2.8
	Sin cerrojo ; con protección especial	.10	.32	.53	.77	1.00	1.27
Ventana metálica de guillotina	Ranura de 1/16" (con fugas a través de marco)	.87	1.8	2.9	4.1	5.1	6.2
	Ranuras de 1/32" (sin fugas a través de marco)	.25	.60	1.03	1.43	1.86	2.3
	Ranuras de 3/64" (sin fugas a través de marco)	.33	.87	1.47	1.93	2.5	3.0
	Ranura de 1/64" (en residencia sin fugas)	.10	.30	.55	.78	1.00	1.23
	Ranura de 1/32" (en residencias sin fugas)	.23	.53	.87	1.27	1.67	2.1
	Ranuras de 1/64" (sin fugas a través de marco)	.05	.17	.30	.43	.58	.80
	Ranura de 1/32" (sin fugas a través de marco)	.13	.40	.63	.90	1.2	1.53
Estructura tubular	Ventanas con pivote vertical (con fugas)	.50	1.46	2.4	3.1	3.7	4.0
puerta de vidrio	Ranura de 1/8" (buena instalación)	3.2	6.4	9.6	13.0	16.0	19.0
	Ranuras de 3/16" (mediana instalación)	4.8	15.0	14.0	20.0	24.0	29.0
	Ranura de 1/4" (pobre instalación)	6.4	13.0	19.0	26.0	32.0	38.0
Puerta normal de metal o madera	Buena construcción ; sin protección especial	.90	1.2	1.8	2.6	3.3	4.2
	Mala construcción sin protección especial	.90	2.3	3.7	5.2	6.6	8.4
Puertas de fábrica	1/8" de ranura	3.2	6.4	9.6	13.0	16	19.0

De Modern Air Conditioning, Heating, and Ventilating 3rd Edition, por Willis H. Carrier, Realto E. Cheme, Walter A. Grant y William H. Roberts.

TABLA 4.2 VOLUMEN DE AIRE INFILTRADO POR PIE2 DE SUPERFICIE DE VENTANA
INVIERNO

TIPO DE VENTANA	OBSERVACIONES	PIE3/MIN POR PIE2 DE SUP. DE VENTANA VELOCIDAD DEL VIENTO 15 MILLAS/HRA										
		VENTANAS PEQUEÑAS (APROXIMADAMENTE 30 X 30 X 72 PLG)	VENTANAS GRANDES (APROXIMADAMENTE 54 X 96 PLG)									
VENTANA DE DOBLE HOJA O GUILLOTINA (MADERA)	VENTANA NORMAL SIN PROTECCION ESP. INCLUUENDO FUGAS A TRAVES DEL MARCO DE MADERA	0.85	0.53									
	IDEM CON PROTECCION ESPECIAL	0.52	.33									
	VENTANA DE CONS BARATA, SIN PROTECCION ESPECIAL INCLUYENDO FUGAS A TRAVES DEL MCO. DE MADERA.	2.4	1.52									
	IDEM. CON PROTECCION ESPECIAL	.74										
VENTANA DE METAL DE DOBLE HOJA	SIN CERRROJO, SIN PROTECCION ESPECIAL	1.6	1.01									
	SIN CERRROJO CON PROTECCION ESPECIAL	0.69	0.44									
PORCENTAJE VENTILADO												
		0%	25%	33%	40%	45%	50%	60%	66%	75%	100%	
VENTANA METALICA DE GUILLOTINA	RANURA DE 1/16" CON FUGA A TRAVES DE MARCO	0.63	1.44		1.98			1.10	1.48	2.9		5.2
	RANURA DE 3/16 SIN FUGA A TRAVES DE MARCO		0.78									
	RANURA DE 1/32" SIN FUGA A TRAVES DE MARCO RESILIANCIAS			0.56								1.26
	RANURA DE 1/32 SIN FUGA A TRAVES DE MARCO					0.45				0.63	0.78	4.3
ESTRUCTURA TUBULAR	VENTANA CON PIVOTE VERTICAL (CON FUGAS A TRAVÉS DE MARCOS)	0.54	1.19		1.64					2.4		4.3

DE MODERN AIR CONDITIONING, HEATING AND VENTILATING, 3a EDICIÓN, POR WILLES H. CARRIER, REALTO E. CHERNE, WALTER A. GRANT Y Y WILLIAM H. ROBERTS.

Tabla 4.3 volumen de aire por pie² de superficie de puertas para invierno

Tipo de puerta	Infiltración pie ³ /min por pie ² poco uso	Infiltración pie ³ /min por pie ² uso normal
Puerta de cristal : construcción normal 1/162 de ranura	9.0	20.0
Puerta normal de madera(3' x 7')	2.0	13.0
Puerta de garaje	4.0	9.0
Puertas de fábricas pequeñas	1.5	3.0

De Modern Air Conditioning, Heating, and Ventilating, 3a. edición, por Willis H. Carrier, Realto E. Churne, Walter A. Gense y William H. Roberts

TABLA 5.1 GANANCIA DE CALOR SOLAR A TRAVÉS DE CRISTALES

50°

50°

50° Latitud Norte		BTU por hora por pie cuadrado												50° Latitud Sur		
TIEMPO SOLAR →		6 AM	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6 PM	← TIEMPO LOCAL	
← TIEMPO LOCAL														← TIEMPO LOCAL		
Epoce del año	Fecha del edificio													Fecha del edificio	Epoce del año	
JUN. 21	Norte	27	17	12	13	14	14	14	14	14	13	12	12	22	DIC. 22	Sur
	Noreste	122	175	94	50	16	14	14	14	14	13	12	10	8		Sur
	Este	115	144	102	116	94	41	14	14	14	13	12	10	8		Este
	Suroeste	64	102	126	135	124	68	61	23	14	13	12	10	8		Noreste
	Sur	8	10	16	35	68	87	93	87	68	39	16	10	8		Norte
	Suroeste	8	10	12	13	14	23	61	98	124	135	126	102	64		Noreste
	Oeste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8		Oeste
JUL. 23	Noreste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8	Sur	
	Oeste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8	Noreste	
	Noreste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8	Sur	
	Noreste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8	Noreste	
	Oeste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8	Oeste	
	Suroeste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8	Suroeste	
	Tragaluces plano	64	88	131	173	192	214	220	214	193	173	131	88	64	Tragaluces plano	
MAY. 21	Norte	27	17	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8	ENE. 21	Sur
	Noreste	114	172	82	44	15	14	14	14	14	13	12	10	8		Sur
	Este	131	161	103	144	96	43	14	14	14	13	12	10	8		Este
	Suroeste	65	107	134	143	116	109	70	26	14	13	12	10	8		Noreste
	Sur	8	10	21	50	80	98	102	98	80	50	21	10	8		Norte
	Suroeste	8	10	12	13	14	26	70	109	136	143	116	107	65		Noreste
	Oeste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8		Oeste
AGO. 24	Noreste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8	NOV. 21	Sur
	Oeste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8		Noreste
	Noreste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8		Sur
	Noreste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8		Noreste
	Oeste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8		Oeste
	Suroeste	8	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	8		Suroeste
	Tragaluces plano	33	75	119	159	188	205	211	205	188	159	119	75	33		Tragaluces plano
ABR. 20	Norte	8	8	10	12	13	14	14	14	14	13	12	10	8	FEB. 20	Sur
	Noreste	76	144	201	211	188	105	132	85	40	13	12	10	8		Sur
	Este	94	145	183	184	98	45	14	14	13	12	10	8	4		Este
	Suroeste	53	111	144	157	151	132	85	40	13	12	10	8	4		Noreste
	Sur	4	8	16	31	105	120	118	120	105	31	16	7	4		Norte
	Suroeste	4	8	10	12	13	40	89	132	151	157	144	111	53		Noreste
	Oeste	4	8	10	12	13	14	14	14	14	13	12	10	8		Oeste
SEPT. 22	Noreste	4	8	10	12	13	14	14	14	14	13	12	10	8	OCT. 23	Sur
	Oeste	4	8	10	12	13	14	14	14	14	13	12	10	8		Noreste
	Noreste	4	8	10	12	13	14	14	14	14	13	12	10	8		Sur
	Noreste	4	8	10	12	13	14	14	14	14	13	12	10	8		Noreste
	Oeste	4	8	10	12	13	14	14	14	14	13	12	10	8		Oeste
	Suroeste	4	8	10	12	13	14	14	14	14	13	12	10	8		Suroeste
	Tragaluces plano	13	46	89	131	160	179	185	179	160	131	89	46	13		Tragaluces plano
MAY. 21	Norte	0	0	4	8	10	13	12	12	12	10	8	4	0	MAR. 22	Sur
	Noreste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Sur
	Este	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Este
	Suroeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Noreste
	Sur	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Norte
	Suroeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Noreste
	Oeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Oeste
OCT. 23	Noreste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0	SEPT. 22	Sur
	Oeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Noreste
	Noreste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Sur
	Noreste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Noreste
	Oeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Oeste
	Suroeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Suroeste
	Tragaluces plano	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Tragaluces plano
FEB. 20	Norte	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0	ABR. 20	Sur
	Noreste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Sur
	Este	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Este
	Suroeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Noreste
	Sur	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Norte
	Suroeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Noreste
	Oeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Oeste
MAY. 21	Noreste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0	NOV. 21	Sur
	Oeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Noreste
	Noreste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Sur
	Noreste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Noreste
	Oeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Oeste
	Suroeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Suroeste
	Tragaluces plano	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Tragaluces plano
JUL. 23	Norte	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0	JUN. 21	Sur
	Noreste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Sur
	Este	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Este
	Suroeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Noreste
	Sur	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Norte
	Suroeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Noreste
	Oeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Oeste
NOV. 21	Noreste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0	DIC. 22	Sur
	Oeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Noreste
	Noreste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Sur
	Noreste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Noreste
	Oeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Oeste
	Suroeste	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Suroeste
	Tragaluces plano	0	0	4	7	9	10	11	10	9	7	4	0	0		Tragaluces plano

TABLE 5.1 GANANCIA DE CALOR SOLAR A TRAVÉS DE CRISTALES

40°

40°

40° Latitud Norte		BTU por hora por pie cuadrado												40° Latitud Sur		
TIEMPO SOLAR	→	6 AM	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6 PM	←	TIEMPO SOLAR
TIEMPO LOCAL	→													←	TIEMPO LOCAL	
Epoca del año	Fachada del edificio													Fachada del edificio	Epoca del año	
JUN. 21	Norte	12	20	12	13	14	14	14	14	14	13	12	20	12	Sur	DIC. 22
	Noreste	118	107	114	121	130	141	144	144	144	133	127	110	6	Suroeste	
	Este	112	101	108	114	95	44	14	14	14	11	11	10	6	Este	
	Sureste	51	48	109	111	94	71	32	14	14	13	13	10	6	Noreste	
	Sur	6	10	12	13	14	14	14	71	99	111	109	88	51	Nordeste	
	Nordeste	7	10	12	13	14	14	14	44	85	142	152	161	126	Oeste	
JUL. 23	Norte	6	10	12	13	14	14	14	14	14	13	12	10	6	Sur	ENE. 21
	Noreste	106	127	135	144	144	144	144	144	144	132	124	106	5	Suroeste	
	Este	118	131	144	144	98	43	14	14	14	13	13	10	5	Este	
	Sureste	54	76	119	125	110	82	47	15	14	13	12	10	5	Noreste	
	Sur	9	10	13	14	14	14	14	83	110	125	118	96	54	Nordeste	
	Nordeste	5	10	12	13	14	14	14	43	98	144	144	161	118	Oeste	
MAY. 21	Norte	5	10	12	13	14	14	14	14	14	14	13	12	10	Sur	NOV. 21
	Noreste	24	31	126	171	203	225	231	225	203	171	126	73	24	Suroeste	
	Este	7	8	11	13	14	14	14	14	14	13	11	8	7	Este	
	Sureste	68	103	144	144	101	45	14	14	14	13	11	8	7	Noreste	
	Sur	48	105	138	144	139	107	63	25	14	13	11	8	7	Nordeste	
	Nordeste	3	8	11	13	14	14	14	107	139	144	137	105	48	Oeste	
AGO. 24	Norte	3	8	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	8	Sur	FEB. 20
	Noreste	68	103	144	144	101	45	14	14	14	13	11	8	7	Suroeste	
	Este	48	105	138	144	139	107	63	25	14	13	11	8	7	Este	
	Sureste	3	8	11	13	14	14	14	107	139	144	137	105	48	Noreste	
	Sur	3	8	11	13	14	14	14	45	101	145	144	147	84	Nordeste	
	Nordeste	3	8	11	13	14	14	14	14	16	46	82	102	84	Oeste	
ABR. 30	Norte	9	47	100	150	185	205	214	205	185	150	100	47	9	Sur	OCT. 23
	Noreste	0	5	0	12	13	13	14	13	13	12	9	5	0	Suroeste	
	Este	0	51	98	76	11	13	14	13	13	12	9	5	0	Este	
	Sureste	0	118	149	139	97	45	14	13	13	12	9	5	0	Noreste	
	Sur	0	15	144	167	157	133	90	41	14	12	9	5	0	Nordeste	
	Nordeste	0	12	24	31	110	127	129	127	110	71	44	12	0	Oeste	
SEPT. 22	Norte	0	5	9	12	13	13	14	13	13	12	9	5	0	Sur	MAR. 22
	Noreste	0	5	9	12	14	41	86	133	157	162	144	85	0	Suroeste	
	Este	0	5	9	12	13	13	14	13	13	12	9	5	0	Este	
	Sureste	0	5	9	12	13	13	14	13	13	12	9	5	0	Noreste	
	Sur	0	5	9	12	13	13	14	13	13	12	9	5	0	Nordeste	
	Nordeste	0	5	9	12	13	13	14	13	13	12	9	5	0	Oeste	
MAR. 22	Norte	0	21	67	124	153	176	181	176	153	124	67	21	0	Sur	SEPT. 22
	Noreste	0	2	6	10	11	12	12	12	11	10	6	2	0	Suroeste	
	Este	0	15	31	12	11	12	12	12	11	10	6	2	0	Este	
	Sureste	0	85	117	122	88	39	12	12	11	10	6	2	0	Noreste	
	Sur	0	81	132	161	167	144	101	63	20	10	6	2	0	Nordeste	
	Nordeste	0	71	59	104	137	134	103	154	132	104	59	71	0	Oeste	
OCT. 23	Norte	0	2	6	10	11	12	12	12	11	10	6	2	0	Sur	ABR. 20
	Noreste	0	2	6	10	11	12	12	12	11	10	6	2	0	Suroeste	
	Este	0	2	6	10	11	12	12	12	11	10	6	2	0	Este	
	Sureste	0	2	6	10	11	12	12	12	11	10	6	2	0	Noreste	
	Sur	0	2	6	10	11	12	12	12	11	10	6	2	0	Nordeste	
	Nordeste	0	2	6	10	11	12	12	12	11	10	6	2	0	Oeste	
FEB. 20	Norte	0	8	29	64	101	123	129	123	101	64	29	8	0	Sur	AGO. 24
	Noreste	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Suroeste	
	Este	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Este	
	Sureste	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Noreste	
	Sur	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Nordeste	
	Nordeste	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Oeste	
NOV. 21	Norte	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Sur	MAY. 21
	Noreste	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Suroeste	
	Este	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Este	
	Sureste	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Noreste	
	Sur	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Nordeste	
	Nordeste	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Oeste	
ENE. 21	Norte	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Sur	JUL. 23
	Noreste	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Suroeste	
	Este	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Este	
	Sureste	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Noreste	
	Sur	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Nordeste	
	Nordeste	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Oeste	
DIC. 22	Norte	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Sur	JUN. 21
	Noreste	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Suroeste	
	Este	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Este	
	Sureste	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Noreste	
	Sur	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Nordeste	
	Nordeste	0	0	1	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Oeste	

TABLA 5.1 GANANCIA DE CALOR SOLAR A TRAVÉS DE CRISTALES

30°

30°

30° Latitud Norte		BTU por hora por pie cuadrado												30° Latitud Sur			
TIEMPO SOLAR	←	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	PIA	←	TIEMPO SOLAR
TIEMPO LOCAL	←															←	TIEMPO LOCAL
Epoca del año	Fachada del edificio													Fachada del edificio	Epoca del año		
JUN. 21	Norte	33	20	18	14	14	14	14	14	14	18	29	31	Sur	DIC. 22		
	Noreste	105	139	130	97	55	19	14	14	14	14	12	10	5		Suroeste	
	Este	108	195	161	141	98	44	14	14	14	14	12	10	5		Este	
	Suroeste	47	75	90	90	71	44	17	14	14	14	12	10	5		Noreste	
	Sur	5	10	12	14	14	14	14	19	44	73	90	75	47		Nordeste	
	Noreste	5	10	12	14	14	14	14	19	55	97	130	139	105		Oeste	
	Oeste	5	10	12	14	14	14	14	19	55	97	130	139	105		Noroeste	
	Noroeste	5	10	12	14	14	14	14	19	55	97	130	139	105		Suroeste	
	Fragatas plano	19	61	131	180	217	240	250	240	217	180	131	61	19		Fragatas plano	
	Sur	27	20	14	13	14	14	14	14	14	14	13	14	20		27	Sur
JUL. 23	Norte	33	20	18	14	14	14	14	14	14	18	29	31	Sur	ENE. 21		
	Noreste	93	131	133	88	46	15	14	14	14	13	12	9	4		Suroeste	
	Este	100	155	144	145	98	44	14	14	14	14	12	10	5		Este	
	Suroeste	42	82	100	100	83	53	27	14	14	14	12	9	4		Noreste	
	Sur	4	9	12	14	20	27	30	27	20	14	12	9	4		Nordeste	
	Noreste	4	9	12	13	14	14	14	53	83	100	100	87	47		Noroeste	
	Oeste	4	9	12	13	14	14	14	44	99	145	154	135	70		Oeste	
	Noroeste	4	9	12	13	14	14	14	44	99	145	154	135	70		Suroeste	
	Fragatas plano	15	66	133	176	214	235	235	214	176	133	66	15	Fragatas plano			
	Sur	4	9	12	14	20	27	30	27	20	14	12	9	4		Sur	
MAY. 21	Norte	33	20	18	14	14	14	14	14	14	18	29	31	Sur	NOV. 21		
	Noreste	55	108	100	68	27	14	14	14	13	13	11	8	2		Suroeste	
	Este	66	147	165	148	107	46	14	14	13	13	11	8	2		Este	
	Suroeste	37	68	127	129	112	87	39	15	13	13	11	8	2		Noreste	
	Sur	2	8	13	27	47	59	23	38	47	27	13	9	2		Nordeste	
	Noreste	2	8	13	13	15	19	32	112	129	129	98	37	2		Noroeste	
	Oeste	2	8	13	13	15	19	32	112	129	129	98	37	2		Oeste	
	Noroeste	2	8	13	13	15	19	32	112	129	129	98	37	2		Suroeste	
	Fragatas plano	6	47	107	161	200	225	225	200	161	107	47	6	Fragatas plano			
	Sur	0	5	10	12	13	14	14	14	13	12	10	5	0		Sur	
SEPT. 22	Norte	0	5	10	12	13	14	14	14	13	12	10	5	0	Sur	MAR. 22	
	Noreste	0	74	90	40	15	14	14	14	13	12	10	5	0	Suroeste		
	Este	0	74	158	144	103	48	14	14	13	12	10	5	0	Este		
	Suroeste	0	98	131	152	141	113	67	29	13	12	10	5	0	Noreste		
	Sur	0	9	18	30	47	48	105	98	82	40	18	9	0	Nordeste		
	Noreste	0	9	18	30	47	48	105	98	82	40	18	9	0	Noroeste		
	Oeste	0	9	18	30	47	48	105	98	82	40	18	9	0	Oeste		
	Noroeste	0	9	18	30	47	48	105	98	82	40	18	9	0	Suroeste		
	Fragatas plano	0	75	81	135	179	202	202	179	135	81	75	0	Fragatas plano			
	Sur	0	5	10	12	13	14	14	14	13	12	10	5	0	Sur		
MAR. 22	Norte	0	5	10	12	13	14	14	14	13	12	10	5	0	Sur	SEPT. 22	
	Noreste	0	98	131	152	141	113	67	29	13	12	10	5	0	Suroeste		
	Este	0	98	131	152	141	113	67	29	13	12	10	5	0	Este		
	Suroeste	0	98	131	152	141	113	67	29	13	12	10	5	0	Noreste		
	Sur	0	9	18	30	47	48	105	98	82	40	18	9	0	Nordeste		
	Noreste	0	9	18	30	47	48	105	98	82	40	18	9	0	Noroeste		
	Oeste	0	9	18	30	47	48	105	98	82	40	18	9	0	Oeste		
	Noroeste	0	9	18	30	47	48	105	98	82	40	18	9	0	Suroeste		
	Fragatas plano	0	75	81	135	179	202	202	179	135	81	75	0	Fragatas plano			
	Sur	0	5	10	12	13	14	14	14	13	12	10	5	0	Sur		
OCT. 23	Norte	0	1	6	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Sur	ABR. 20	
	Noreste	0	33	39	18	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Suroeste		
	Este	0	33	125	133	84	43	14	13	12	11	8	3	0	Este		
	Suroeste	0	33	163	163	159	110	62	47	15	11	8	3	0	Noreste		
	Sur	0	18	37	52	121	139	145	139	121	92	57	18	0	Nordeste		
	Noreste	0	18	37	52	121	139	145	139	121	92	57	18	0	Noroeste		
	Oeste	0	18	37	52	121	139	145	139	121	92	57	18	0	Oeste		
	Noroeste	0	18	37	52	121	139	145	139	121	92	57	18	0	Suroeste		
	Fragatas plano	0	49	100	143	181	195	195	181	143	100	49	0	Fragatas plano			
	Sur	0	1	6	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Sur		
FEB. 20	Norte	0	1	6	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Sur	AGO. 24	
	Noreste	0	3	8	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Suroeste		
	Este	0	3	8	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Este		
	Suroeste	0	3	8	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Noreste		
	Sur	0	10	18	29	47	64	84	104	124	143	163	183	203	Nordeste		
	Noreste	0	10	18	29	47	64	84	104	124	143	163	183	203	Noroeste		
	Oeste	0	10	18	29	47	64	84	104	124	143	163	183	203	Oeste		
	Noroeste	0	10	18	29	47	64	84	104	124	143	163	183	203	Suroeste		
	Fragatas plano	0	49	100	143	181	195	195	181	143	100	49	0	Fragatas plano			
	Sur	0	1	6	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Sur		
NOV. 21	Norte	0	1	6	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Sur	MAY. 21	
	Noreste	0	3	8	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Suroeste		
	Este	0	3	8	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Este		
	Suroeste	0	3	8	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Noreste		
	Sur	0	10	18	29	47	64	84	104	124	143	163	183	203	Nordeste		
	Noreste	0	10	18	29	47	64	84	104	124	143	163	183	203	Noroeste		
	Oeste	0	10	18	29	47	64	84	104	124	143	163	183	203	Oeste		
	Noroeste	0	10	18	29	47	64	84	104	124	143	163	183	203	Suroeste		
	Fragatas plano	0	49	100	143	181	195	195	181	143	100	49	0	Fragatas plano			
	Sur	0	1	6	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Sur		
ENE. 21	Norte	0	1	6	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Sur	JUL. 23	
	Noreste	0	3	8	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Suroeste		
	Este	0	3	8	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Este		
	Suroeste	0	3	8	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Noreste		
	Sur	0	10	18	29	47	64	84	104	124	143	163	183	203	Nordeste		
	Noreste	0	10	18	29	47	64	84	104	124	143	163	183	203	Noroeste		
	Oeste	0	10	18	29	47	64	84	104	124	143	163	183	203	Oeste		
	Noroeste	0	10	18	29	47	64	84	104	124	143	163	183	203	Suroeste		
	Fragatas plano	0	49	100	143	181	195	195	181	143	100	49	0	Fragatas plano			
	Sur	0	1	6	11	12	13	14	13	12	11	8	3	0	Sur		
DIC. 22	Norte	0	0	10	9	11	12	12	12	11	9	4	0	0	Sur	JUN. 21	
	Noreste	0	0	92	105	200	37	12	12	11	9	4	0	0	Suroeste		
	Este	0	0	114	157	162	143	108	22	28	9	4	0	0	Este		
	Suroeste	0	0	64	113	147	159	163	159	147	113	64	0	0	Noreste		
	Sur	0	0	4	9	28	77	108	143	159	163	159	147	113	64		Nordeste
	Noreste	0	0	4	9	28	77	108	143	159	163	159	147	113	64		Noroeste
	Oeste	0	0	4	9	28	77	108	143	159	163	159	147	113	64		Oeste
	Noroeste	0	0	4	9	28	77	108	143	159	163	159	147	113	64		Suroeste
	Fragatas plano	0	0	19	68	97	122	131	122	97	68	19	0	0	Fragatas plano		
	Sur	0	0	10	9	11	12	12	12	11	9	4	0	0	Sur		

TABLA 3.1 GANANCIA DE CALOR SOLAR A TRAVÉS DE CRISTALES

20°

20°

20° Latitud Norte		BTU por hora por pie cuadrado												20° Latitud Sur			
TIEMPO SOLAR →		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	← TIEMPO SOLAR		
TIEMPO LOCAL →		AM												PM	← TIEMPO LOCAL		
Epoca del año	Fachada del edificio													Fachada del edificio	Epoca del año		
JUN. 21	Norte	28	41	33	25	19	17	15	17	19	25	33	41	28	Sur	DIC. 22	
	Noreste	81	154	144	122	81	38	15	14	14	14	12	9	3	Suroeste		
	Este	81	148	160	143	96	41	14	14	14	14	12	9	3	Este		
	Suroeste	28	67	73	66	44	21	14	14	14	14	12	9	3	Noreste		
	Sur	3	9	12	14	14	14	14	14	21	44	66	73	67	28		Nordeste
	Nordeste	3	9	12	14	14	14	14	14	41	95	143	160	148	81		Oeste
JUL. 23	Norte	11	40	121	176	216	232	250	232	216	176	121	40	11	Tragaluz plano	ENE. 21	
	Noreste	20	28	23	17	15	14	14	14	15	17	21	28	20	Sur		
	Noreste	71	137	138	111	73	31	14	14	14	13	12	8	3	Suroeste		
	Este	75	148	163	145	99	46	14	14	14	13	12	8	3	Este		
	Suroeste	11	70	85	79	59	29	14	14	14	13	12	8	3	Nordeste		
	Sur	3	8	12	13	14	14	14	14	14	14	13	12	8	3		Norte
MAY. 21	Norte	1	8	12	13	14	14	14	14	46	99	145	161	148	75	Oeste	NOV. 21
	Noreste	1	8	12	13	14	14	14	14	91	73	111	138	132	71	Suroeste	
	Tragaluz plano	4	55	118	175	216	240	251	240	216	175	118	55	4	Tragaluz plano		
	Norte	6	10	11	11	12	14	14	14	14	13	11	10	6	Sur		
	Noreste	45	111	118	89	50	18	14	14	14	13	11	7	2	Suroeste		
	Este	51	142	165	149	101	51	14	14	14	13	11	7	2	Este		
AGO. 24	Noreste	28	81	113	168	216	232	250	232	216	168	113	81	28	Nordeste	FEB. 20	
	Sur	3	7	11	14	14	14	14	24	24	20	14	11	7	3		Norte
	Suroeste	1	7	11	13	14	14	14	20	35	98	108	113	49	24		Nordeste
	Oeste	2	7	11	13	14	14	14	14	51	104	149	165	142	51		Oeste
	Noreste	7	7	11	13	14	14	14	14	78	50	89	118	111	45		Suroeste
	Tragaluz plano	5	40	107	167	210	235	247	235	210	167	107	40	5	Tragaluz plano		
SEPT. 22	Norte	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Sur	MAR. 22	
	Noreste	0	83	87	59	22	14	14	14	14	13	11	6	0	Suroeste		
	Este	0	130	163	149	96	45	14	14	14	13	11	6	0	Este		
	Suroeste	0	9	13	14	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Nordeste		
	Sur	0	8	12	13	14	14	14	14	55	63	82	98	80	0		Norte
	Nordeste	0	6	11	13	14	14	14	14	84	120	140	136	99	0		Noreste
MAR. 22	Oeste	0	6	11	13	14	14	14	14	45	104	149	163	130	0	Oeste	SEPT. 22
	Noreste	0	6	11	13	14	14	14	14	22	59	87	83	0	Suroeste		
	Tragaluz plano	0	10	93	155	198	225	233	225	198	155	93	10	0	Tragaluz plano		
	Norte	8	4	9	12	13	14	14	14	14	13	12	9	4	0	Sur	
	Noreste	0	44	52	29	13	14	14	14	14	13	12	9	4	0	Suroeste	
	Este	8	99	141	141	100	49	14	14	14	13	12	9	4	0	Este	
OCT. 23	Noreste	0	91	146	180	149	119	74	27	14	12	9	4	0	Nordeste	ABR. 20	
	Sur	0	21	50	76	93	106	111	106	93	76	50	21	0	Norte		
	Suroeste	0	4	9	12	13	14	14	14	14	14	13	12	9	0		Nordeste
	Oeste	0	4	9	12	13	14	14	14	49	100	141	147	99	0		Oeste
	Noreste	8	4	9	12	13	14	14	14	14	13	12	9	4	0		Suroeste
	Tragaluz plano	0	18	68	127	176	198	208	198	176	127	68	18	0	Tragaluz plano		
NOV. 21	Norte	0	3	8	11	13	13	13	13	13	11	8	3	0	Sur	MAY. 21	
	Noreste	0	24	26	14	13	13	13	13	13	11	8	3	0	Suroeste		
	Este	0	71	128	127	91	41	13	13	13	12	11	8	3	0		Este
	Suroeste	0	73	144	164	158	135	91	46	16	11	8	3	0	Nordeste		
	Sur	0	28	69	100	123	136	141	136	123	100	69	28	0	Norte		
	Nordeste	0	3	8	11	13	13	13	13	13	11	8	3	0	Noreste		
ENE. 21	Oeste	0	2	8	11	0	13	13	43	91	127	128	71	0	Oeste	JUL. 23	
	Noreste	0	2	8	11	0	13	13	13	13	14	26	24	0	Suroeste		
	Tragaluz plano	0	5	48	181	143	172	180	172	143	181	48	5	0	Tragaluz plano		
	Norte	0	2	7	11	12	13	13	13	12	11	7	2	0	Sur		
	Noreste	0	14	14	12	12	11	13	13	12	11	7	2	0	Suroeste		
	Este	0	56	118	121	85	34	13	13	12	11	7	2	0	Este		
DIC. 22	Noreste	0	59	139	167	159	134	91	66	20	11	7	2	0	Nordeste	JUN. 21	
	Sur	0	25	74	111	132	146	149	146	132	111	74	25	0	Norte		
	Suroeste	0	2	7	11	12	13	13	13	13	11	8	3	0	Nordeste		
	Oeste	0	2	7	11	12	13	13	13	34	85	121	118	56	0		Oeste
	Noreste	0	2	7	11	12	13	13	13	12	11	8	3	0	Suroeste		
	Tragaluz plano	0	4	36	92	135	161	170	161	135	92	36	4	0	Tragaluz plano		

TABLA 5.1 GANANCIA DE CALOR SOLAR A TRAVÉS DE CRISTALES

10°

10°

10° Latitud Norte		BTU por hora por pie cuadrado												10° Latitud Sur		
TIEMPO SOLAR →		6 AM	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6 PM	← TIEMPO SOLAR	
TIEMPO LOCAL →														← TIEMPO LOCAL		
Epoca del año	Fecha del edificio													Fecha del edificio	Epoca del año	
JUN. 21	Norte	19	44	50	45	44	43	41	41	44	45	50	44	2	Sur	DIC. 22
	Noreste	55	131	153	140	102	65	29	14	14	11	11	8	2	Suroeste	
	Este	54	134	155	139	98	41	14	14	14	13	11	5	2	Oeste	
	Suroeste	18	49	55	43	25	14	14	14	14	13	11	8	2	Nordeste	
	Sur	2	8	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Norte	
	Suroeste	2	8	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Oeste	
JUL. 23	Norte	5	14	19	13	11	10	11	11	11	11	10	7	5	Sur	FEB. 21
	Noreste	42	127	148	133	109	56	22	14	14	13	11	7	1	Suroeste	
	Este	50	135	158	142	98	43	14	14	14	13	11	7	1	Oeste	
	Suroeste	26	87	98	56	31	14	14	14	14	13	11	7	1	Nordeste	
	Sur	1	7	11	13	14	14	14	14	14	13	11	7	1	Norte	
	Suroeste	1	7	11	13	14	14	14	14	14	13	11	7	1	Oeste	
MAY. 21	Norte	1	7	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Sur	NOV. 21
	Noreste	1	7	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Suroeste	
	Este	1	7	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Oeste	
	Suroeste	1	7	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Nordeste	
	Sur	1	7	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Norte	
	Suroeste	1	7	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Oeste	
AGO. 24	Norte	1	15	16	15	15	14	14	14	14	15	15	14	11	Sur	FEB. 20
	Noreste	17	113	130	111	80	34	14	14	14	13	11	7	1	Suroeste	
	Este	25	138	163	149	104	46	14	14	14	13	11	7	1	Oeste	
	Suroeste	18	79	94	50	29	14	14	14	14	13	11	7	1	Nordeste	
	Sur	1	7	11	13	14	14	14	14	14	13	11	7	1	Norte	
	Suroeste	1	7	11	13	14	14	14	14	14	13	11	7	1	Oeste	
ABR. 20	Norte	1	7	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Sur	OCT. 23
	Noreste	1	7	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Suroeste	
	Este	1	7	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Oeste	
	Suroeste	1	7	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Nordeste	
	Sur	1	7	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Norte	
	Suroeste	1	7	11	13	14	14	14	14	14	14	13	11	7	Oeste	
SEPT. 23	Norte	1	8	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	1	Sur	MAR. 22
	Noreste	1	89	107	80	45	17	14	14	14	13	11	6	1	Suroeste	
	Este	1	93	114	101	67	14	14	14	14	13	11	6	1	Oeste	
	Suroeste	1	93	113	122	94	56	21	14	14	13	11	6	1	Nordeste	
	Sur	1	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	1	Norte	
	Suroeste	1	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	1	Oeste	
MAR. 22	Norte	1	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	1	Sur	SEPT. 23
	Noreste	1	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	1	Suroeste	
	Este	1	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	1	Oeste	
	Suroeste	1	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	1	Nordeste	
	Sur	1	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	1	Norte	
	Suroeste	1	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	1	Oeste	
OCT. 23	Norte	0	5	10	13	14	14	14	14	14	13	10	5	0	Sur	ABR. 20
	Noreste	0	58	68	44	26	16	14	14	14	13	10	5	0	Suroeste	
	Este	0	61	85	108	100	40	14	14	14	13	10	5	0	Oeste	
	Suroeste	0	61	117	149	123	81	46	14	14	13	10	5	0	Nordeste	
	Sur	0	18	40	58	65	71	73	71	65	55	40	18	0	Norte	
	Suroeste	0	5	10	13	14	14	14	14	14	13	10	5	0	Oeste	
FEB. 20	Norte	0	5	10	13	14	14	14	14	14	13	10	5	0	Sur	AGO. 24
	Noreste	0	5	10	13	14	14	14	14	14	13	10	5	0	Suroeste	
	Este	0	5	10	13	14	14	14	14	14	13	10	5	0	Oeste	
	Suroeste	0	5	10	13	14	14	14	14	14	13	10	5	0	Nordeste	
	Sur	0	22	45	139	193	230	230	230	193	139	45	22	0	Norte	
	Suroeste	0	22	45	139	193	230	230	230	193	139	45	22	0	Oeste	
NOV. 21	Norte	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Sur	MAY. 21
	Noreste	0	27	37	27	17	14	14	14	13	12	9	4	0	Suroeste	
	Este	0	39	53	52	37	14	14	14	13	12	9	4	0	Oeste	
	Suroeste	0	49	63	66	46	109	70	31	17	12	9	4	0	Nordeste	
	Sur	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Norte	
	Suroeste	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Oeste	
ENE. 21	Norte	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Sur	JUL. 23
	Noreste	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Suroeste	
	Este	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Oeste	
	Suroeste	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Nordeste	
	Sur	0	17	32	131	175	202	210	202	175	131	32	17	0	Norte	
	Suroeste	0	17	32	131	175	202	210	202	175	131	32	17	0	Oeste	
DIC. 22	Norte	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Sur	JUN. 21
	Noreste	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Suroeste	
	Este	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Oeste	
	Suroeste	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Nordeste	
	Sur	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Norte	
	Suroeste	0	4	9	12	13	14	14	14	13	12	9	4	0	Oeste	

TABLA 5.1 GANANCIA DE CALOR SOLAR A TRAVÉS DE CRISTALIS

0° Latitud Norte		BTU por hora por pie cuadrado												0° Latitud Sur		
TIEMPO SOLAR →	→	A	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6 P.M.	←	TIEMPO SOLAR
TIEMPO LOCAL →	→	A.M.													←	TIEMPO LOCAL
Epoca del año	Fecha del edificio														Fecha del edificio	Epoca del año
JUN. 21	Norte	0	45	65	74	78	80	82	80	76	74	65	45	0	Sur	DIC. 22
	Noreste	0	119	156	154	131	95	53	23	14	13	11	6	0	Suroeste	
	Este	0	116	147	135	93	43	14	14	14	13	11	6	0	Este	
	Suroeste	0	37	47	27	15	14	14	14	14	13	11	6	0	Noreste	
	Sur	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Norte	
	Noroeste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Noroeste	
	Oeste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Oeste	
JUL. 23	Norte	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Sur	ENE. 21
	Noreste	0	118	153	150	124	86	43	16	14	13	11	6	0	Suroeste	
	Este	0	121	157	138	96	43	14	14	14	13	11	6	0	Este	
	Suroeste	0	46	52	36	18	14	14	14	14	13	11	6	0	Noreste	
	Sur	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Norte	
	Noroeste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Noroeste	
	Oeste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Oeste	
MAY. 21	Norte	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Sur	NOV. 21
	Noreste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Suroeste	
	Este	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Este	
	Suroeste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Noreste	
	Sur	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Norte	
	Noroeste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Noroeste	
	Oeste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Oeste	
AGO. 24	Norte	0	19	31	151	195	223	233	223	195	151	91	29	0	Sur	FEB. 20
	Noreste	0	110	141	133	107	61	24	14	14	13	12	6	0	Suroeste	
	Este	0	129	163	148	103	46	14	14	14	13	12	6	0	Este	
	Suroeste	0	67	79	65	35	15	14	14	14	13	12	6	0	Noreste	
	Sur	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Norte	
	Noroeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Noroeste	
	Oeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Oeste	
ABR. 20	Norte	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Sur	OCT. 23
	Noreste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Suroeste	
	Este	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Este	
	Suroeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Noreste	
	Sur	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Norte	
	Noroeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Noroeste	
	Oeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Oeste	
SEPT. 22	Norte	0	31	37	150	206	234	245	234	206	150	97	31	0	Sur	MAR. 22
	Noreste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Suroeste	
	Este	0	134	163	151	107	47	14	14	14	13	12	6	0	Este	
	Suroeste	0	95	118	101	68	31	14	14	14	13	12	6	0	Noreste	
	Sur	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Norte	
	Noroeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Noroeste	
	Oeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Oeste	
MAR. 23	Norte	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Sur	SEPT. 22
	Noreste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Suroeste	
	Este	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Este	
	Suroeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Noreste	
	Sur	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Norte	
	Noroeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Noroeste	
	Oeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Oeste	
OCT. 23	Norte	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Sur	ABR. 20
	Noreste	0	67	79	65	35	15	14	14	14	13	12	6	0	Suroeste	
	Este	0	129	163	148	103	46	14	14	14	13	12	6	0	Este	
	Suroeste	0	110	141	133	107	61	24	14	14	13	12	6	0	Noreste	
	Sur	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Norte	
	Noroeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Noroeste	
	Oeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Oeste	
FEB. 20	Norte	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Sur	AGO. 24
	Noreste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Suroeste	
	Este	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Este	
	Suroeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Noreste	
	Sur	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Norte	
	Noroeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Noroeste	
	Oeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Oeste	
NOV. 21	Norte	0	31	37	150	206	234	245	234	206	150	97	31	0	Sur	MAY. 21
	Noreste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Suroeste	
	Este	0	121	157	138	96	43	14	14	14	13	11	6	0	Este	
	Suroeste	0	118	153	150	124	86	43	16	14	13	11	6	0	Noreste	
	Sur	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Norte	
	Noroeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Noroeste	
	Oeste	0	6	12	13	14	14	14	14	14	13	12	6	0	Oeste	
ENE. 21	Norte	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Sur	JUL. 23
	Noreste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Suroeste	
	Este	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Este	
	Suroeste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Noreste	
	Sur	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Norte	
	Noroeste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Noroeste	
	Oeste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Oeste	
DIC. 22	Norte	0	29	31	151	195	223	233	223	195	151	91	29	0	Sur	JUN. 21
	Noreste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Suroeste	
	Este	0	116	147	135	93	43	14	14	14	13	11	6	0	Este	
	Suroeste	0	119	156	154	131	95	53	23	14	13	11	6	0	Noreste	
	Sur	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Norte	
	Noroeste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Noroeste	
	Oeste	0	6	11	13	14	14	14	14	14	13	11	6	0	Oeste	

Tomado de *Modern Air Conditioning, Heating, and Ventilating*, 3ª edición, por Willis H. Carrier, Realto E. Cherne, Walter A. Grant y William H. Roberts, con autorización de Pitman Publishing Corporation

TABLA 5.2 FACTOR DE CORRECCIÓN PARA DIFERENTES TIPOS DE DISPOSITIVOS PROTECTORES CONTRA LA LUZ SOLAR

Clases de vidrio	Factor para cristal sin sombra f_1	Persiana abierta a 45° (interior) f_2			Persiana abierta a 45° (exterior) f_2	
		Color claro	Color medio	Color oscuro	Color claro	Claro afuera, adentro oscuro
Vidrio común	1.00	.56	.65	.75	.15	.13
Placa regular de vidrio (1/4 de pulgada)	0.94	.56	.65	.74	.14	.12
Vidrio que absorbe color:						
40 % a 48 % de absorción	.80	.56	.62	.72	.16	.11
48 % a 56 % de absorción	.73	.53	.59	.63	.11	.10
56 % a 70 % de absorción	.62	.51	.54	.56	.10	.10
Vidrio doble:						
vidrio común	.90	.51	.61	.67	.14	.12
placa regular de vidrio	.80	.53	.59	.65	.12	.11
vidrio común adentro, 48 a 56 % absorción exterior	.52	.36	.39	.43	.10	.10
placa regular interior	.50	.39	.39	.43	.10	.10
Vidrio triple:						
vidrio común	.83	.48	.56	.64	.12	.11
placa regular	.69	.47	.52	.57	.10	.10
Vidrio pintado:						
color claro	.28					
color medio	.39					
color oscuro	.50					
Vidrio polarizado:						
color ámbar	.70					
rojo oscuro	.56					
azul oscuro	.60					
verde oscuro	.32					
verde grisáceo	.46					
opalescente claro	.43					
opalescente oscuro	.37					

De *Modern Air Conditioning, Heating, and Ventilating*, 3ª edición, por Willis H. Carrier, Realto E. Cherno, Walter A. Grant y William H. Roberts, con autorización de Pitman Publishing Corporation.

TABLA 5.3 TEMPERATURA DIFERENCIAL TOTAL EQUIVALENTE, PARA CALCULAR LA GANANCIA DE CALOR A TRAVÉS DE PAREDES

Latitud norte		TIEMPO SOLAR												Latitud sur					
		A.M.						P.M.											
		8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6			8	10	12	
Pared hacia el:		Color exterior de la pared (O=oscuro, C=claro)														Pared hacia el:			
		O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C
Partición																			
NE	22	10	24	12	14	10	12	10	14	14	14	11	10	10	6	4	2	2	SE
E	30	14	30	18	32	18	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	20	20	16	14	10	10	6	6	2	2	N
SO	-4	-4	0	-2	6	4	20	22	40	28	42	28	24	20	6	4	2	2	NO
O	-4	-4	0	0	6	6	20	12	40	28	48	34	22	22	8	8	2	2	O
NO	-4	-4	0	-2	6	4	12	10	34	20	40	26	34	24	6	4	2	2	SO
N (sombra)	-4	-4	-2	-2	4	4	10	10	14	14	12	12	8	8	4	4	0	0	S (sombra)
Tabique de 4 plg 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	8	6	6	E
SE	2	-2	20	10	28	16	26	16	18	14	14	14	12	12	10	8	6	6	NE
S	-4	-4	-2	-2	12	6	24	16	20	18	20	16	12	12	8	8	4	4	N
SO	0	-2	0	-2	2	2	12	8	32	22	36	26	34	24	10	8	6	6	NO
O	0	-2	0	0	4	2	10	8	26	18	40	28	42	28	14	6	6	6	O
NO	-4	-4	-2	-2	2	2	8	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	8	8	4	4	S (sombra)
Ladrillo hueco de 8 plg																			
NE	0	0	0	0	20	10	16	10	10	6	12	10	14	12	12	10	8	8	SE
E	4	2	12	4	24	12	26	14	20	12	12	10	14	12	14	10	10	8	E
SE	2	0	2	0	16	8	30	12	20	14	14	12	14	12	12	10	8	6	NE
S	0	0	0	0	2	0	12	6	24	14	26	16	20	14	12	10	8	6	N
SO	2	0	2	0	2	0	6	4	12	10	26	18	30	20	26	18	8	6	NO
O	4	2	4	2	4	2	6	4	10	8	18	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	8	SO
N (sombra)	-2	-2	-2	-2	-2	0	0	6	6	16	10	10	10	10	10	6	6	6	S (sombra)
Tabique de 8 plg—Ladrillo hueco de 12 plg																			
NE	2	2	2	2	10	2	16	8	14	8	10	6	10	8	10	10	10	8	SE
E	8	6	8	6	11	8	18	10	18	10	14	8	14	10	11	10	12	10	E
SE	8	4	6	4	6	4	14	10	18	12	10	12	12	10	12	10	12	10	NE
S	4	2	4	2	4	2	4	2	10	6	16	10	16	12	12	10	10	8	N
SO	8	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	8	6	10	6	14	8	20	16	24	16	24	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	8	8	8	8	6	6	S (sombra)
Tabique de 12 plg																			
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	8	14	10	14	10	14	8	14	8	E
SE	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	12	8	14	10	14	10	12	8	NE
S	8	6	8	6	6	4	6	4	6	4	8	4	10	6	12	8	12	8	N
SO	10	6	10	6	10	6	10	6	10	6	10	8	10	8	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	8	6	8	6	8	4	8	4	8	4	8	4	8	6	10	6	10	6	SO
N (sombra)	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	6	S (sombra)

TABLA 5.3 TEMPERATURA DIFERENCIAL TOTAL EQUIVALENTE, PARA CALCULAR LA GANANCIA DE CALOR A TRAVÉS DE PAREDES

Latitud norte	TIEMPO SOLAR																Latitud sur	
	A.M.						P.M.											
	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6						
Pared hacia el:	Color exterior de la pared (O=obscura, C=clara)																Pared hacia el:	
	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C		
Concreto ó piedra de 8 plg ó bien bloque de concreto de 6 u 8 plg																		
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	S E
SE	6	2	6	4	16	10	18	12	18	12	14	12	12	10	12	10	10	S NE
S	2	1	2	1	4	1	12	6	16	12	18	12	14	12	10	8	6	N
SO	6	2	4	2	6	2	8	4	14	10	22	16	21	16	22	16	10	NO
O	6	4	6	4	6	4	8	6	12	8	20	14	28	18	26	18	14	O
NO	4	2	4	0	4	2	4	4	6	6	12	10	20	14	22	16	8	SO
N (sombra)	0	0	0	0	0	0	2	2	4	4	6	6	8	8	6	4	4	S (sombra)
Concreto ó piedra de 12 plg																		
NE	6	4	6	2	6	2	14	8	14	8	10	8	10	8	12	10	10	SE
E	10	6	8	6	10	6	18	10	18	12	10	10	12	10	14	10	14	E
SE	8	4	8	4	6	4	14	8	16	10	16	10	14	10	12	10	12	NE
S	6	4	4	2	4	2	4	2	10	6	14	10	16	12	14	10	10	N
SO	6	4	8	4	6	4	6	4	8	6	10	8	18	14	20	14	18	NO
O	10	6	8	6	8	6	10	6	10	6	12	8	16	10	24	14	22	O
NO	6	4	6	2	6	2	6	4	6	4	8	6	10	8	18	12	20	SO
N (sombra)	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	4	6	6	8	8	6	6	S (sombra)

NOTAS:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ganancia total de calor} \\ \text{debida a la radiación solar} \\ \text{y a la diferencia de} \\ \text{temperaturas en Btu/h-} \\ \text{pie}^2 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{Coeficiente de trans-} \\ \text{misión de calor de la} \\ \text{pared en Btu/h-pie}^2\text{-}^\circ\text{F} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{Temperatura dife-} \\ \text{rencial tomada de} \\ \text{la tabla} \end{array} \right\}$$

De *Air Conditioning and Refrigeration*, 4ª edición, por Burgess H. Jennings y Samuel R. Lewis, con autorización de International Textbook Company.

TABLA 5.4 TEMPERATURA DIFERENCIAL TOTAL EQUIVALENTE, PARA CALCULAR LA GANANCIA DE CALOR A TRAVÉS DE TECHOS

Descripción de los materiales del techo	Tiempo solar									
	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	8	12	12	10	6	2	
Construcción pesada	-2	-2	0	4	8	10	10	8	4	

Tomado de *Air Conditioning and Refrigeration*, 4ª edición, por Burgess H. Jennings y Samuel R. Lewis, con autorización de International Textbook Company.

NOTAS:

1. Calculada con el método de Mackey y Wright.
2. Para techos que no sean planos, considérese el área proyectada.
3. Cuando el color del techo es claro como el blanco o el aluminio, añada a la temperatura equivalente diferencial en techos a la sombra el 55% de la diferencia entre el techo a la sombra y el techo expuesto al sol. Cuando el color es gris claro, azul claro, gris claro o rojo brillante añada el 80%.

TABLA 5.5 CALOR PRODUCIDO POR LAS PERSONAS

Grado de actividad	Aplicación típica	Relación metabólica de un hombre adulto Btu/h	Grupo de personas			Promedio de la relación metabólica Btu/h	Temperaturas del cuarto (°F, BS)									
			% de composición del grupo				82°F	80°F	78°F	75°F	70°F					
			Hombre	Mujer	Niño		Btu/h	Btu/h	Btu/h	Btu/h	Btu/h					
			Sens. Lat.	Sens. Lat.	Sens. Lat.		Sens. Lat.	Sens. Lat.								
Sentado	Teatro	390	45	45	10	350	175	175	195	155	210	140	230	120	260	90
Sentado; trabajo ligero	Escuela	450	50	50	0	400	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125
Trabajo de oficina, actividad moderada	Oficinas, hoteles, departamentos	475	50	50	0	450	200	270	200	250	215	235	245	205	285	165
Parados; caminando despacio	Tienda de ropa, almacenes	550	10	70	20	450	200	270	200	250	215	280	245	205	285	165
Caminando; sentado, de pie; caminando despacio	Cafeterías, Bancos	550	20	70	10	500	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210
		550	40	60	0											
Trabajo sedentario	Restaurantes	500	50	50	0	550	190	360	220	330	240	310	280	270	320	230
Trabajo ligero	Fábrica, trabajo ligero	800	60	40	0	750	190	560	220	530	245	505	295	455	365	285
Baile moderado	Salas de baile	900	50	50	0	850	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450
Caminando, 3 mph	Fábricas, trabajo algo pesado	1,000	100	0	0	1,000	270	730	300	700	330	670	360	620	460	540
Jugando	Boliche	1,500	75	25	0	1,450	450	1,000	465	985	485	965	525	925	605	845

De *Modern Air Conditioning, Heating, and Ventilating*, 3ª edición, por Willis H. Carrier, Realto E. Cheme, Walter A. Grant y William H. Roberts, con autorización de Pitman Publishing Corporation.

TABLA 5.6 GANANCIA DE CALOR DEBIDO AL EQUIPO MISCELÁNEO

Dispositivo	Calor disipado durante el funcionamiento (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 1/4 — 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)

* Con carga conectada fuera del cuarto, reste 2,544 Btu/h.

** Para equipo cubierto, reduzca los valores un 50%.

De *Air Conditioning and Refrigeration*, 4ª edición, por Burgess H. Jennings y Samuel R. Lewis, con autorización de International Textbook Company.

TABLA 6.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y CONDICIONES DE DISEÑO DE ALGUNAS CIUDADES DE MÉXICO

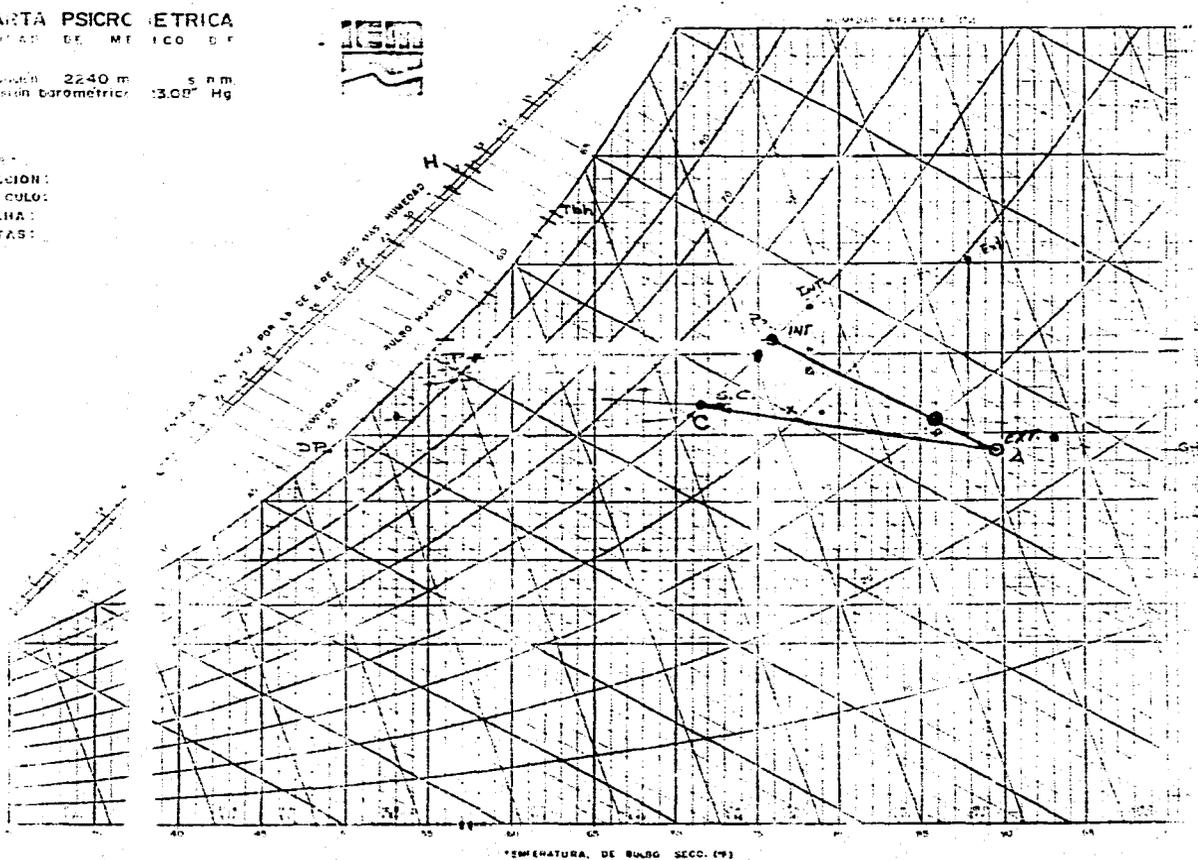
TEMPERATURA

ESTADO	CIUDAD	MÁXIMA EXTREMA ANUAL °C	PROMED. MÁXIMO ANUAL °C	MÁXIMA DE DISEÑO °C	MÍNIMA EXTREMA ANUAL °C	PROMED. MÍNIMO ANUAL °C	MÍNIMA DE DISEÑO °C	HUMEDAD RELATIVA DISEÑO %	LATITUD N	LONGITUD W	MES MAS CALUROSO
D.F.	MÉXICO	33.0	23.4	26.2	-4.4	9.6	2.6	47	19.4	99.2	ABR.
HIDALGO	PACHUCA TULANCINGO	34.1 36.4	26.2 23	27.2 29.2	-6 -13.8	8.7 5.6	1.4 -4.0	52 63	20.13 20.08	96.73 96.57	ABR. ABR.
MÉXICO	CHAPINGO TESCOCO TOLUCA	34.3 28.8	24.3 18.7	29.3 23.8	-11.5 -10.0	5.9 5.9	-2.8 -2.1	55 55	19.46 19.3	96.68 99.67	ABR. ABR.
PUEBLA	PUEBLA	37.8	24.0	30.6	-5.0	9.8	2.4	50	19.03	96.20	ABR.

CARTA PSICROMÉTRICA
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Altitud: 2240 m s.n.m.
Presión barométrica: 30.07 Hg

SECTOR:
SECCION:
MÓDULO:
FECHA:
NOTAS:



TEMPERATURA DE BUBO SECC. (°C)

TABLA 4. VALORES DE RESISTENCIA PARA MATERIAL DE CONSTRUCCION AISLANTE

Posición del espacio de aire	Dirección del flujo de calor	Espesor del espacio de aire, pulg.	Resistencia térmica (R)		
			Foil de aluminio brillante	Papel de aluminio pintado	No reflectiva
No. 1 Superficie de aire quieta					
(a) Horizontal	Arriba		1.32	1.10	0.61
(b) Pendiente de 45°	Arriba		1.37	1.14	0.62
(c) Vertical	Horizontal		1.70	1.35	0.68
(d) Pendiente de 45°	Abajo		2.22	1.67	0.76
(e) Horizontal	Abajo		4.55	2.70	0.92
No. 2 Espacios de aire					
(a) Horizontal	Arriba (invierno)	3/4 a 4	2.06	1.62	0.85
(b) Horizontal	Arriba (verano)	3/4 a 4	2.25	1.87	0.80
(c) Pendiente de 45°	Arriba (invierno)	3/4 a 4	2.22	1.71	0.88
(d) Vertical	Horiz. (invierno)	3/4 a 4	2.62	1.94	0.94
(e) Vertical	Horiz. (verano)	3/4 a 4	3.44	2.16	0.91
(f) Pendiente de 45°	Abajo (verano)	3/4 a 4	4.36	2.50	0.90
(g) Horizontal	Abajo (invierno)	3/4	3.55	2.39	1.02
(h) Horizontal	Abajo (verano)	3/4	3.25	2.08	0.84
(i) Horizontal	Abajo (invierno)	1 1/2	5.74	3.21	1.14
(j) Horizontal	Abajo (verano)	1 1/2	5.24	2.76	0.93
(k) Horizontal	Abajo (invierno)	4	8.94	4.02	1.23
(l) Horizontal	Abajo (verano)	4	8.08	3.38	0.99
No. 3 Superficies de aire móviles (cualquier posición o dirección)					
(a) 15 mph Viento (invierno)					0.17
(b) 7 1/2 mph Viento (verano)					0.25
Descripción	Densidad (lb./pie ³)	Resistencia térmica (R)			
		Por pulg. de espesor	Para ej. espesor listado		
No. 4 Lámina de construcción, páncoles, recubrimientos, etc.					
(a) Lámina de asbesto-cemento	120	0.25			
(b) Lámina de asbesto-cemento - 1/8 pulg.	120		0.01		
(c) Lámina de yeso o repello - 3/8 pulg.	50		0.32		
(d) Lámina de yeso o repello - 1/2 pulg.	50		0.45		
(e) Madera prensada	34	1.25			
(f) Madera prensada - 1/4 pulg.	34		0.31		
(g) Madera prensada - 1/2 pulg.	34		0.47		
(h) Madera prensada - 3/4 pulg.	34		0.63		
(i) Madera prensada - 1 pulg.	34		0.78		
(j) Madera prensada o páncoles de madera - 3/4 pulg.			0.94		
(k) Lámina de fibra de madera, laminada u homogénea	26	2.18			
	31	2.00			
	33	1.85			
(l) Fibra de madera del tipo de lámina dura	65	0.72	0.18		
(m) Fibra de madera del tipo de lámina dura - 1/4 pulg.	65		0.98		
(n) Madera, recubrimiento de pino o abeto - 25/32 pulg.			0.98		
(o) Madera, pino o abeto - 1/4 pulg.			2.03		

TABLA 6.3 VALORES DE K PARA DIFERENTES MATERIALES

MATERIAL	DENSIDAD lb/pie ³	TEMP. MEDIA °F	CONDUCTI- BILIDAD k	CONDUCTI- TANCIA C	RESISTENCIA (R)	
					POR PULG	TOTAL
<i>Materiales aislantes</i>						
Manta de lana mineral	0.5	75	0.32			3.12
Manta de fibra de vidrio	0.5	75	0.32			3.12
Lámina de corcho	6.5- 8.0	0	0.25			4.0
Lámina de fibra de vidrio	9.5- 11.0	-16	0.21			4.76
Uretano expandido, R11		0	0.17			5.88
Poliestireno expandido	1.0	0	0.24			4.17
Lámina de lana mineral	15.0	0	0.25			4.0
Aislamiento para techo, 2 pulg		75		0.18		5.56
Lana mineral, empacada floja	2.0- 5.0	0	0.23			4.35
Perlita, expandida	5.0- 8.0	0	0.32			3.12
<i>Materiales de mampostería</i>						
Concreto, arena y grava	140		12.0			0.08
Ladrillo común	120	75	5.0			0.20
Ladrillo a la vista	130	75	9.0			0.11
Bloque hueco, dos celdas, 6 pulg		75		0.66		1.57
Bloque de concreto, arena y grava, 8 pulg		75		0.90		1.11
Bloque de concreto de cenizas, 8 pulg		75		0.58		1.72
Estuco	105	75	5.6		0.18	

TABLA 6.4 CARGA GENERAL POR EL EQUIPO DE COMUNICACIÓN

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
 DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES
 CUADRO DE CARGAS NODOS DE TELECOMUNICACIONES

TELECOMUNICACIONES	BELEM		LECHERIA	
	CARGA (W)	BTU'S	CARGA (W)	BT'S
IP52405 (NCC)	---		---	
NETCON 70 (SISTEMA RMS)	---		---	
IP 4	---		---	
IP 8 8				
IP 8 16	2 204		2 204	
IP 8006	1 155	300	1 155	300
P1 1	1 125		---	
SHELF MODEMS	1 200		1 200	
SHELF HETSHITCH	1 7		1 7	
G. CONV. PROTOCOLOS	1 20		1 20	
CODEX	---		---	
FIBRA OPTICA	4 400		4 400	
MODEMS (GABINETE DE CONTROL)	38 760		32 640	
IMPRESORA WETCON	---		---	
CONSOLA WETCON	---		---	
TERMINAL PRIME (NCC)	---		---	
IMPRESORA PRIRME	---		---	
SISTEMA CONTRA INCENDIO	**		**	
AIRE ACONDICIONADO	**		**	
RADIO	1 275		1 275	
MICROONDAS	1 1500		1 1500	
CONMUTADOR BCS 5200	1 1270		1 1270	
CM8 (SHELF 3 RUTAS)	2 360		2 360	
82 A	---		---	
TUCON SHELF (16 TARJETA)	1 24		1 24	
PCM	1 500		1 500	
EQ. PRUEBA	3 1500		3 1500	
TOTAL TELECOM WATTS	7300	24913	7055	24077
TOTAL TELECOM (KWA)	9125		8819	
TOTAL AUTORIZACION (KVA)	3063		3063	
TOTAL				

10. BIBLIOGRAFIA

1. FUNDAMENTOS DE AIRE ACONDICIONADO

**HERNANDEZ GORIBAR EDUARDO
EDITORIAL LIMUSA.**

2. HANDBOOK OF AIR CONDITIONING

**HEATING AND VENTILATING
CARRIER
INDUSTRIAL PRESS**

3. INSTALACIONES FRIGORIFICAS

**RAPIN PIERRE
MARCOMBO**

4. LA PRODUCCIÓN DE ENERGIA MEDIANTE EL VAPOR DE AGUA, EL AIRE Y LOS GASES

W. H. SEVERNS/H. E. DEGLER/J. C. MILLES