

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Rediseño del Sistema de Climatización del Edificio de la Comandancia
General de la Policía Nacional**

Nelson Alberto Calvache Vallejo

Andrés Proaño, Ing., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero Mecánico

Quito, Septiembre 2013

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio Politécnico**

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Rediseño del Sistema de Climatización del Edificio de la Comandancia
General de la Policía Nacional**

Nelson Alberto Calvache Vallejo

Andrés Proaño, Ing.
Director de Tesis

.....

Víctor Hidalgo, M. Sc.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Diego Araujo, M. Sc.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Alfredo Valarezo, Ph. D.
Director Departamento de Ingeniería Mecánica

.....

Ximena Córdova, Ph. D.
Decana del Colegio Politécnico

.....

Septiembre de 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Nelson Alberto Calvache Vallejo

C. I.: 1715628846

Fecha: Quito, septiembre 2013

DEDICATORIA

A mis hijas, Ruth y Sofía, quienes han sido el impulso para continuar ante las adversidades.

A Paola Andrea, quien de manera silenciosa y constante me supo apoyar en los momentos más difíciles que se presentaron durante mis estudios, éste logro es tuyo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme bendecido con la oportunidad de tener estos estudios.

A la Noble Institución Policial, por haber confiado en mi persona y permitirme acceder a esta carrera.

A todos mis profesores, compañeros y amigos de la Universidad San Francisco de Quito.

A mi familia, por su apoyo incondicional.

RESUMEN

El principal objetivo del presente trabajo de tesis, es realizar el Rediseño del Sistema de Climatización del Edificio de la Comandancia General de la Policía Nacional del Ecuador. En las instalaciones del mismo, funcionan el Comando General, Jefatura de Estado Mayor y las principales Direcciones Generales de la institución, lo que lo convierte en el centro administrativo y operativo de la Policía Nacional. Por esta razón, es importante que las condiciones de trabajo del personal policial y civil que trabaja en sus diferentes oficinas, brinden las condiciones de confort necesarias, tanto en espacio, así como en ambiente. Debido a la ubicación y orientación del inmueble, se alcanzan altas temperaturas internas en horas de la tarde y bajas en la noche, lo que provoca incomodidad y malestar en los funcionarios. Ante esta realidad, es necesario un sistema de ventilación y climatización, que garantice un entorno de trabajo adecuado y óptimo en las diferentes instancias y oficinas de la edificación.

El estudio se ha dividido en siete capítulos, en el primero se desarrolla el fundamento teórico en el cual se basa el diseño y las relaciones físicas y matemáticas utilizadas. Luego de ello, en el capítulo dos, se han establecido las condiciones de diseño internas y externas, considerando las cargas térmicas producidas por los funcionarios que laboran en las oficinas, la carga generada por los equipos electrónicos y de iluminación, y la ganancia por radiación y conducción al interior, a través de las paredes y ventanas del edificio. Luego de obtenidos estos datos, se pueden determinar las condiciones del ambiente interno y las renovaciones de aire necesarias para obtener un ambiente adecuado para las actividades internas. Con estos datos, se puede determinar el sistema de ventilación más adecuado, tomando en consideración costos y durabilidad.

En el tercer capítulo se analizan los equipos de climatización más adecuados para satisfacer las necesidades determinadas en el capítulo anterior. En el capítulo cuatro, se indican las especificaciones para la instalación del sistema seleccionado, con las normas de seguridad que se deben adoptar. El siguiente capítulo, detalla los sistemas de control seleccionados para un funcionamiento automatizado del sistema de climatización determinado. Finalmente, los capítulos seis y siete, albergan respectivamente, el presupuesto referencial del sistema y las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to perform the redesign of a HVAC System for the building of the General Command of National Police Department of Ecuador. In its facilities, the General Command, Chief of Police, and the main General Directorates of the Institution operate. It makes it the administrative and operative center of National Police. For this reason, it is important that working conditions for police and civilian staff who work in these offices are the best not only in comfort but also in atmosphere.

Due to location and orientation of the building, high temperatures are reached during the afternoon and low at night which causes discomfort and distress for the staff. Due to this reality, it is necessary to implement an HVAC system that guarantees an appropriate and optimal working environment in the different instances and offices of the building.

This study is divided in seven chapters, the first develops the theoretical foundation in which the design is based and the physical and mathematical relations used. After that, in chapter two the internal and external design conditions have been established taking in consideration the thermal loads produced by staff who works in the offices, the load generated by electronic and lighting equipment, and the gain for radiation and conduction to the interior through walls and windows. After obtaining these data it can be determined the conditions of internal environment and all air changes needed to obtain the most appropriate environment not only in cost but also in durability.

Chapter three analyzes the most adequate HVAC equipment to fulfill the needs identified in the previous chapter. Chapter four lists the specifications for the installation of selected system with security standards to be adopted. Next chapter details the selected control systems for an automated operation of the determined HVAC system. Finally, chapters six and seven summarized the referential budget of the system and the conclusions and recommendations of the study.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO 1 (FUNDAMENTO TEÓRICO)

1.1 AIRE ATMOSFÉRICO	20
1.1.1 AIRE SECO.....	20
1.1.2 AIRE HÚMEDO.....	21
1.1.3 LEYES DE GASES IDEALES.....	21
1.1.4 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS ESTANDAR.....	21
1.1.5 HUMEDAD ABSOLUTA.....	22
1.1.6 HUMEDAD RELATIVA.....	23
1.1.7 RELACIÓN DE HUMEDAD.....	23
1.1.8 RELACIÓN DE SATURACIÓN.....	24
1.1.9 ENTALPÍA.....	24
1.1.10 TEMPERATURA DE BULBO SECO Y BULBO HÚMEDO.....	25
1.1.10 TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCÍO.....	25
1.1.11 CARTAS PSICROMÉTRICAS.....	26
1.1.12 CALOR SENSIBLE DEL AIRE.....	28
1.1.13 CALOR LATENTE DEL AIRE.....	28
1.1.14 CALOR TOTAL DEL AIRE.....	29
1.1.15 COMODIDAD HUMANA Y CONDICIONES DE CONFORT.....	30
1.2 CARGAS TÉRMICAS	31
1.3. FORMAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR	34
1.3.1 CONDUCCIÓN.....	35
1.3.2 CONVECCIÓN.....	35
1.3.3 RADIACIÓN.....	36
1.3.4 RESISTENCIA Y TRANSFERENCIA DE CALOR.....	37
1.4 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	37
1.4.1 REFRIGERADORES.....	37
1.4.2 BOMBAS DE CALOR.....	38
1.4.3 ACONDICIONADORES DE AIRE.....	39

1.5 SISTEMAS DE CONTROL	39
1.5.1 TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL.....	39
1.5.1.1 SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO ABIERTO (OPEN LOOP).....	39
1.5.1.2 SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO CERRADO (FEEDBACK).....	40
1.5.2 SENSORES.....	40
1.5.3 ACONDICIONADORES DE SEÑAL.....	41
1.5.4 ACTUADORES.....	41
1.5.5 ELECTROVÁLVULAS.....	41
1.5.6 INFRAESTRUCTURA.....	41
1.6 REFRIGERANTES	42
1.6.1 CARACTERÍSTICAS.....	42

CAPÍTULO 2 (CONDICIONES DE DISEÑO)

2.1 CONDICIONES ACTUALES DEL EDIFICIO	44
2.2 CONDICIONES EXTERIORES DE DISEÑO	45
2.3 CONDICIONES INTERIORES DE DISEÑO	46
2.4 ANÁLISIS PSICROMÉTRICO DEL EDIFICIO	47
2.5 ESTUDIO DEL EDIFICIO	50
2.5.1 CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO.....	51
2.5.1.1 ORIENTACIÓN.....	51
2.5.1.2 UTILIZACIÓN.....	52
2.5.1.3 MATERIALES PAREDES Y LOSAS.....	53
2.5.1.4 CARACTERÍSTICAS VENTANAS.....	54
2.5.1.5 ESPECIFICACIONES POR PISOS.....	54
2.5.1.5.1 OCUPANTES.....	54
2.5.1.5.2 EQUIPOS ELECTRÓNICOS.....	55

2.6 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS.....	56
--	-----------

CAPÍTULO 3 (SELECCIÓN DE EQUIPOS)

3.1 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE FLUJO VARIABLE.....	70
3.1.1 CLASIFICACIÓN.....	70
3.1.2 GENERALIDADES Y COMPONENTES.....	71

CAPÍTULO 4 (ESPECIFICACIONES Y DETALLES DE INSTALACIÓN)

4.1 GENERALIDADES.....	78
4.2 ESPECIFICACIONES POR EQUIPOS.....	78
4.3 INSTALACIÓN DE EQUIPOS.....	80
4.3.1 EQUIPOS TIPO CASSETTE.....	80
4.3.1.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	80
4.3.1.2 INSTALACIÓN DE EQUIPOS.....	80
4.3.2 EQUIPOS TIPO FANCOIL.....	82
4.3.2.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD.....	82
4.3.2.2 INSTALACIÓN DE EQUIPOS.....	82

CAPÍTULO 5 (SISTEMA DE CONTROL)

5.1 INTRODUCCIÓN.....	85
5.2 EQUIPOS SELECCIONADOS.....	85
5.3 DETALLE DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS.....	85

5.3.1	CONTROL REMOTO INDIVIDUAL.....	85
5.3.2	CONTROL REMOTO INALÁMBRICO.....	86
5.3.3	CONTROL REMOTO CENTRALIZADO.....	87
5.3.4	INTERFACE.....	88

CAPÍTULO 6 (PRESUPUESTO)

PRESUPUESTO REFERENCIAL.....	89
-------------------------------------	-----------

CAPÍTULO 7 (CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES)

7.1 CONCLUSIONES.....	92
7.2 RECOMENDACIONES.....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

ANEXOS

ANEXO A

A. 1 DIFERENCIAS DE TEMPERATURA PARA CARGAS DE ENFRIAMIENTO (DTCE) PARA CALCULAR CARGAS DEBIDAS A TECHOS PLANOS, 1⁰F.

A.2 DIFERENCIAS DE TEMPERATURA PARA CARGAS DE ENFRIAMIENTO (DTCE) PARA CALCULAR CARGAS DE PAREDES AL SOL, 1⁰F.

A.3 DESCRIPCIÓN DE GRUPOS DE CONSTRUCCIÓN DE PAREDES.

A.4 CORRECIÓN DE LA DTCE POR LATITUD Y MES, PARA APLICAR A PAREDES Y TECHOS, LATITUDES NORTE, 0⁰F.

A.5 RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VIDRIO FACTORES DE GANANCIA MÁXIMA DE CALOR PARA VIDRIO. BTU/H-FT², LATITUDES NORTE.

A.6 COEFICIENTE DE SOMBREADO PARA VIDRIO CON O SIN SOMBREADO INTERIOR POR PERSIANAS VENECIANAS ENROLLABLES

A.7 TABLA DE CARGAS DEBIDAS A LAS LUMINARIAS.

A.8 FACTORES DE CARGA SENSIBLE PARA CARGAS DE ENFRIAMIENTO DEBIDO A PERSONAS.

A.9 GANANCIAS DE CALOR DEBIDAS A APARATOS DOMESTICOS, BTU/H.

A.10 REQUISITOS DE VENTILACIÓN PARA OCUPANTES.

A.11 GANANCIA DE CALOR PARA COPIADORAS E IMPRESORAS.

A. 12 DIFERENCIA DE CONDUCCIÓN DE CARGA DE ENFRIAMIENTO A TRAVES DE UN VIDRIO

ANEXO B

B.1 MEDIDAS DE TEMPERATURA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA INAQUITO NRO 2 (INAMHI).

B.2 MEDIDAS DE HUMEDAD RELATIVA, ESTACIÓN METEOROLÓGICA IÑAQUITO NRO. 2 (INAMHI).

ANEXO C

C.1 ESPECIFICACIONES DE REJILLAS DE SUMINISTRO DE AIRE.

ANEXO D

D. 1 PLANOS PLANTA BAJA Y MAZANINE

D. 2 PLANOS PLANTA PRIMER Y SEGUNDO PISO

D. 3 PLANOS PLANTA TERCER Y CUARTO PISO

D.4 PLANOS PLANTA QUINTO, SEXTO Y SÉPTIMO PISO

D. 5 PLANOS OCTAVO Y NOVENO PISO

D. 6 PLANOS PLANTA DÉCIMO Y DÉCIMO PRIMER PISO

D. 7 PLANO TERRAZA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Carta Psicrométrica.....	27
Figura 2: Rango recomendado para condiciones de confort para invierno y verano.....	31
Figura 3: Cargas internas y externas que afectan en un recinto cerrado.....	32
Figura 4: Calor sensible y latente debido a cada una de las cargas en un recinto cerrado	32
Figura 5: Circuito de resistencias térmicas, debido al material.....	37
Figura 6: ciclo de refrigeración.....	38
Figura 7: Sistema de control de lazo abierto.....	40
Figura 8: Sistema de control de lazo cerrado, con retroalimentación positiva.....	40
Figura 9: Carta Psicrométrica de la ciudad de Quito.....	45
Figura 10: Carta Psicrométrica en donde se representan los puntos del proceso de acondicionamiento del aire. (Análisis Psicrométrico mediante software de ASHRAE)	29
Figura 11: Imagen edificio Comandancia General de la Policía Nacional.....	51
Figura 12: Esquema del tercer y cuarto piso del Edificio de la Comandancia General de la Policía Nacional (Energy Pro).....	66
Figura 13: Esquema de la Dirección Nacional de Asesoría Jurídica y Secretaría, secciones 24 y 25, Tabla 15. (Energy pro)	67
Figura 14: Dispositivo de control remoto individual.....	86
Figura 15: Dispositivo de control remoto inalámbrico.....	87
Figura 16: Dispositivo de control remoto centralizado.....	87
Figura 17: Esquema de la plataforma del sistema de control Lon Works.....	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: medidas de c_p de aire seco a diferentes temperaturas.....	20
Tabla 2: Estándar de datos atmosféricos para Altitudes a 30.000 pies.....	21
Tabla 3: Valores de carta psicrométrica para un punto específico.....	27
Tabla 4. Valores representativos en que se dan calor y humedad de los seres humanos en diferentes estados de actividad.....	33
Tabla 5: Medidas de temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo, tomadas experimentalmente.....	43
Tabla 6: Condiciones exteriores de diseño.....	44
Tabla 7: Condiciones interiores de diseño para espacios de oficina.....	45
Tabla 8: Análisis psicrométrico de los puntos del proceso de acondicionamiento de los espacios del edificio de la Comandancia General.....	47
Tabla 9: Orientación de paredes del edificio.....	49
Tabla 10: Plantas y utilización de cada una de las mismas en el Edificio de la Comandancia General.....	50
Tabla 11: Área de paredes exteriores en las plantas del edificio.....	51
Tabla 12: Área de ventanas en la plantas del edificio.....	52
Tabla 13: Numérico de ocupantes por pisos.....	53
Tabla 14: Equipos electrónicos de oficina.....	53
Tabla 15: Espacios del edificio, distribuidos por secciones.....	56
Tabla 16: Detalle de cargas obtenidas para cada sección.....	63
Tabla 17: Datos obtenidos mediante software “Energy Pro” y de manera teórica, así como la relación entre carga térmica y área.....	66
Tabla 18: Distribución de equipos de climatización de flujo variable de refrigerante (interiores y exteriores), en cada una de las secciones y plantas del edificio.....	76
Tabla Nro. 19 contiene las especificaciones técnicas de los equipos internos (evaporadores) seleccionados.....	77
Tabla Nro. 20 contiene las especificaciones técnicas de los equipos externos (condensadores) seleccionados.....	78

ÍNDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO 1

Ley de gases ideales.....	(Ec. 1.1).....	21
Temperatura en función de la altitud.....	(Ec. 1.2).....	22
Humedad relativa.....	(Ec. 1.3).....	23
Relación de humedad.....	(Ec. 1.4).....	23
Relación de saturación.....	(Ec. 1.5).....	24
Entalpía.....	(Ec. 1.6).....	24
Entalpía específica.....	(Ec. 1.7).....	24
Entalpía específica aproximada.....	(Ec. 1.8).....	25
Temperatura de punto de rocío.....	(Ec. 1.9).....	26
Calor sensible del aire.....	(Ec. 1.10).....	29
Calor sensible por masa de aire.....	(Ec. 1.11).....	30
Calor latente del aire.....	(Ec. 1.12).....	31
Entalpía del aire.....	(Ec. 1.13).....	31
Entalpía del aire por masa de libra de aire.....	(Ec. 1.14).....	31
Calor total del aire.....	(Ec. 1.15).....	31
Ley de Fourier de conducción de calor.....	(Ec. 1.16).....	37
Ley de Newton del enfriamiento.....	(Ec. 1.17).....	38
Transferencia de calor por radiación.....	(Ec. 1.18).....	39

CAPÍTULO 2

Temperatura de mezcla de aire.....	(Ec. 2.1).....	50
Humedad relativa de mezcla de aire.....	(Ec. 2.2).....	50
Igualdad para balance de energía.....	(Ec. 2.3).....	52
Calor latente generado por personas.....	(Ec. 2.4).....	61
Calor sensible generado por personas.....	(Ec. 2.5).....	61
Carga térmica generada por luminarias.....	(Ec. 2.6).....	61
Carga térmica debida a radiación solar a través de ventanas.....	(Ec. 2.7).....	61
Carga térmica debida a conducción en paredes.....	(Ec. 2.8).....	62

DTCE corregido para conducción en paredes.....	(Ec. 2.9).....	62
Calor por conducción en ventanas.....	(Ec. 2.10).....	62
DTCE corregido para conducción en ventanas.....	(Ec. 2.11).....	63
Determinación de carga térmica mediante método tradicional.....	(Ec. 2.12).....	.67

INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de avances tecnológicos, se encuentran orientados a mejorar la calidad de vida de las personas, en todas las actividades que desarrollan sean de índole profesional, personal o deportivo, es importante garantizar un ambiente de trabajo cómodo y agradable. Es necesario considerar también que, existen ciudades cuyos ambientes pueden alcanzar temperaturas muy altas o bajas, lo que puede generar incomodidad en las personas, especialmente en los edificios de oficinas, en donde las actividades laborales, requieren ser llevadas a cabo bajo condiciones de confort en lo que se refiere a espacios físicos y a condiciones térmicas.

Esta realidad se palpa en las oficinas de la Comandancia General de la Policía Nacional. Por el hecho de ser un edificio de construcción antigua y con el propósito original de ser la matriz del Banco del Progreso, su sistema de ventilación se encuentra en condiciones que no abastecen la actual necesidad de brindar comodidad térmica a los funcionarios policiales y civiles que laboran en el mismo. El objetivo del presente trabajo, ha sido establecer las condiciones actuales del edificio y determinar un sistema de climatización que brinde las condiciones óptimas que requiere un edificio de oficinas actualmente.

Para lograr el objetivo planteado, se han revisado los principales fundamentos teóricos relacionados con propiedades termodinámicas del aire y sistemas de control. A continuación, se ha desarrollado un estudio psicrométrico del aire que circula en el edificio; se han establecido las condiciones ambientales, la situación actual del edificio en torno a mediciones de temperaturas; y se han establecido las condiciones ideales para los ambientes de trabajo.

En base a las mediciones realizadas, se han calculado las cargas térmicas internas de las oficinas, salas de reunión y ambientes de trabajo; y así se han establecido los equipos de climatización más adecuados para lograr las condiciones de diseño planteadas.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 AIRE ATMOSFÉRICO

El aire, elemento natural con el que se trabaja en los sistemas de acondicionamiento, no es más que una mezcla de nitrógeno, oxígeno y pequeñas cantidades de otros gases. Normalmente, el aire en la atmósfera contiene cierta cantidad de vapor de agua (o *humedad*) y se conoce como **aire atmosférico**. (CHANG)

1.1.1 AIRE SECO

El aire que carece de vapor de agua, es conocido como aire seco. El aire puede ser considerado como una mezcla de aire seco y vapor de agua, en donde el aire seco permanece casi constante y el vapor de agua varía por acción de los procesos de condensación y evaporación de las grandes masas de agua que se encuentran en el planeta. Aunque la cantidad de vapor de agua en el aire es pequeña, su presencia desempeña un rol muy importante dentro de los aspectos relacionados con la comodidad humana, dentro de sus actividades cotidianas. Por ésta razón, es muy importante considerar su influencia dentro de los sistemas de acondicionamiento de aire.

En este tipo de aplicaciones, la temperatura del aire puede variar de -10°C hasta 50°C (14°F a 122°F). rango en el cual, se puede considerar al aire seco como un gas ideal. Con valores promedio de c_p constante de $1.005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ [$0.240 \text{ Btu/lbm} \cdot \text{R}$] con un error (menor a 0.2%).

T, $^{\circ}\text{C}$	c_p , $\text{kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$
-10	1.0038
0	1.0041
10	1.0045
20	1.0049
30	1.0054
40	1.0059
50	1.0065

Tabla 1: medidas de c_p de aire seco a diferentes temperaturas

CENGEL

1.1.2 AIRE HÚMEDO

La mezcla de aire seco y vapor de agua, se conoce como aire húmedo. En donde la cantidad de vapor de agua varía desde cero (solamente aire seco), hasta un valor máximo que depende de la temperatura y presión atmosférica. El equilibrio del aire húmedo, previo a la condensación del vapor del agua contenido en el mismo, se le conoce como estado de saturación. (ASHRAE)

1.1.3 LEY DE GASES IDEALES

Según Chang, un gas ideal es un gas hipotético cuyo comportamiento de presión, volumen y temperatura se puede describir completamente por la ecuación del gas ideal.

$$PV = nRT \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Donde:

R	constante de los gases
n	número de moles
P	presión
V	volumen
T	temperatura

(CHANG, 166)

1.1.4 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS ESTANDAR

La atmósfera es la capa de aire que rodea al planeta Tierra, por lo cual es necesario considerar las variaciones de temperatura y presión, condiciones que cambian en función de la altura y las condiciones geográficas.

En base a mediciones realizadas por la NASA, se establece que a nivel del mar, la temperatura es de 59 ° F, y la presión barométrica es de 14,696 psia (medidas estándar). La temperatura depende de la altitud, y se reduce de manera lineal según ésta última aumenta, mientras nos encontramos en la tropósfera (parte inferior de la atmósfera). Sin embargo, en la parte baja de la estratósfera permanece constante.

La ecuación para la temperatura como una función de la altitud es:

$$t = 59 - 0,00356620 z \quad (\text{Ec. 1.2})$$

Donde:

z = altitud, ft

p = presión barométrica, psia

t = temperatura, ° F

Altitud(ft)	Temperatura(° F)	Presión (psia)
0	59,0	14,696
500	57,2	14,430
1.000	55,4	14,175
2.000	51,9	13,664
3.000	48,3	13,173
4.000	44,7	12,682
5.000	41,2	12,230
6.000	37,6	11,778
7.000	34,0	11,341
8.000	30,5	10,914
9.000	26,9	10,506
10.000	23,4	10,108
15.000	5,5	8,296
20.000	-12,3	6,758
30.000	-47,8	4,371

Fuente : Adaptado de la NASA (1976).

Tabla 2: Estándar de datos atmosféricos para Altitudes a 30.000 pies (ASHRAE)

1.1.5 HUMEDAD ABSOLUTA

Anteriormente se había mencionado que el aire contiene aire seco y vapor de agua. La cantidad de vapor de agua dentro del aire, se le conoce como humedad.

Dossat, indica que la *humedad absoluta* del aire para cualquier condición dada, es la masa de vapor de agua por unidad de volumen de aire a dicha condición, como tal, esto es propiamente la expresión de la densidad del vapor. Se expresa en libras por pie cúbico (lb/pie³). Como la presión que realiza el vapor de agua en el aire es muy baja, se puede considerar que el vapor de agua como un gas ideal. (DOSSAT, 80)

1.1.6 HUMEDAD RELATIVA

“La humedad relativa (HR) expresada en porcentajes, es la relación entre la presión parcial real ejercida por el vapor de agua en cualquier volumen de aire y la presión parcial que ejercería el vapor de agua si el vapor de agua contenido en el aire estuviera saturado a la temperatura del aire, esto es,

$$HR = \frac{\textit{presión parcial real}}{\textit{presión parcial de saturación}} \times 100 \quad (\text{Ec. 1.3})$$

La HR se define también como la relación expresada en por ciento de la densidad del vapor real entre la densidad del vapor a las condiciones de saturación.” (DOSSAT, 80)

1.1.7 RELACIÓN DE HUMEDAD

“La *relación de humedad*, (*w*), llamada algunas veces *humedad específica*, es una expresión de la masa de vapor de agua por unidad de masa de aire seco y por lo general se le expresa en granos por libra de aire seco (gr/lb) o libras por libra de aire seco (lb/lb)

Siete mil granos es igual a 1 lb.” DOSSAT, 84.

Si se obtienen los valores de presión y temperatura de punto de rocío, la humedad específica puede obtenerse a partir de la ecuación:

$$W = \frac{0.622p_w}{p-p_w} \quad (\text{Ec. 1.4})$$

Donde: w = relación de humedad en libras de vapor de agua por libra de aire seco

p_w = presión parcial del vapor de agua correspondiente a la temperatura de PR, en libras por pulgada cuadrada absoluta

p = presión barométrica en libras por pulgada cuadrada (DOSSAT, 84)

1.1.8 RELACIÓN DE SATURACIÓN

También conocida como porcentaje de humedad, “es la relación de la masa de vapor de agua en el aire por masa unitaria de aire seco a la masa de vapor de agua necesaria para la saturación de la misma muestra de aire.” Se expresa en porcentaje y puede determinarse a través de la siguiente relación:

$$\text{relación de saturación} = \frac{w}{w_s} (100) \quad (\text{Ec. 1.5})$$

Donde: w = relación de humedad real en libras por libra de aire seco
 w_s = relación de humedad a condición de saturación a la misma temperatura del aire en libras por libra de aire seco

(DOSSAT, 85)

1.1.9 ENTALPÍA

Constituye la cantidad de energía en movimiento, al realizarse presión constante sobre elemento u objeto cualquiera. De esta manera, se puede decir que la entalpía nos permite conocer la energía contenida por un cuerpo (Joules).

La relación para obtener la entalpía es la siguiente:

$$H = U + pV \quad (\text{Ec. 1.6})$$

En donde: H = entalpía
 U = energía interna
 p = presión
 V = volumen [1]

Según la ASHRAE “la entalpía de una mezcla de gases perfectos, es igual a la suma de las entalpías parciales individuales de los componentes de la misma. Por lo tanto, la entalpía específica del aire húmedo se puede escribir como sigue:

$$h = h_{da} + Wh_g \quad (\text{Ec. 1.7})$$

Donde: h_{da} es la entalpía específica del aire seco en Btu / libra
 h_g es la entalpía específica de vapor de agua saturado en Btu / libra
 W es la temperatura de la mezcla.

Como una aproximación,

$$h_{da} \approx 0.240 t$$

$$h_g \approx 1061 + 0.444 t$$

Donde: t es la temperatura de bulbo seco en ° F.

La entalpía del aire húmedo específico en Btu / libra da a continuación, se convierte en:

$$h = 0.240 t + W(1061 + 0.444 t) \quad (\text{Ec. 1.8})$$

(ASHRAE)

1.1.10 TEMPERATURA DE BULBO SECO Y BULBO HÚMEDO

Dentro de las medidas que se requieren para determinar las propiedades del aire, es importante considerar las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo. Ambas temperaturas son indispensables para realizar el estudio psicrométrico de las propiedades del aire. La primera, consiste en la medida mediante la utilización de un termómetro de bulbo seco. Se la realiza de manera directa en un ambiente que va a ser estudiado. La segunda, es medida en un termómetro de bulbo húmedo, el mismo que consiste en un termómetro ordinario, con una envoltura en el bulbo. Dicha envoltura consiste en una tela o gasa ligeramente humedecida. Para la medición, se procede a balancear ligeramente al termómetro. La medida de temperatura de bulbo húmedo siempre será menor que la de bulbo seco y esta diferencia dependerá de la humedad relativa del ambiente.

(DOSSAT, 85)

1.1.10 TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCÍO

La temperatura de punto de rocío es *“la temperatura a la que se inicia la condensación si el aire se enfría a presión constante.”*(CENGEL, 722) Se la puede encontrar mediante la siguiente relación:

$$T_{PR} = T_{sat} \times P_v \quad (\text{Ec. 1.9})$$

En donde:

T_{PR} = temperatura de punto de rocío

T_{sat} = temperatura de saturación del agua

P_v = presión de vapor

Puede determinarse mediante un procedimiento muy sencillo. Consiste en colocar un poco de agua fría en una copa metálica y un hielo dentro del agua, se agita la copa. La temperatura de la pared de la copa al formarse rocío en la misma es la temperatura de punto de rocío del aire.

(CENGEL, 722)

1.1.11 CARTAS PSICROMÉTRICAS

Las cartas psicrométricas muestran de una manera gráfica, sencilla y directa, las propiedades termodinámicas del aire; resulta muy práctica y conveniente, debido a que con dos medidas de los valores de propiedades termodinámicas, se pueden obtener por aproximación y prácticamente sin errores, el resto de propiedades del aire. De acuerdo a las especificaciones de ASHRAE, “en la carta se pueden apreciar las líneas de relación de humedad, para el rango de cero (aire seco) a 0.03 libras_w / libras_{da}. Las líneas oblicuas representan el valor de la entalpía y son paralelas entre sí. La temperatura de bulbo seco, se encuentra en las líneas rectas, ligeramente inclinadas de la posición vertical y no son necesariamente paralelas entre sí. La temperatura de bulbo húmedo, está en las líneas oblicuas, ligeramente diferentes de las de entalpía. La humedad relativa, se muestra en intervalos de 10%, donde la curva de saturación es la de 100% y la línea horizontal es 0% de humedad relativa. Sobre la curva de saturación, existe una estrecha región, la misma que se ha desarrollado para las condiciones de niebla del aire húmedo; esta región representa una mezcla mecánica de aire húmedo saturado y agua líquida.”

(ASHRAE)



ASHRAE PSYCHROMETRIC CHART NO.1

NORMAL TEMPERATURE SEA LEVEL

BAROMETRIC PRESSURE: 29.921 in. MERCURY

COPYRIGHT 1992

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC.

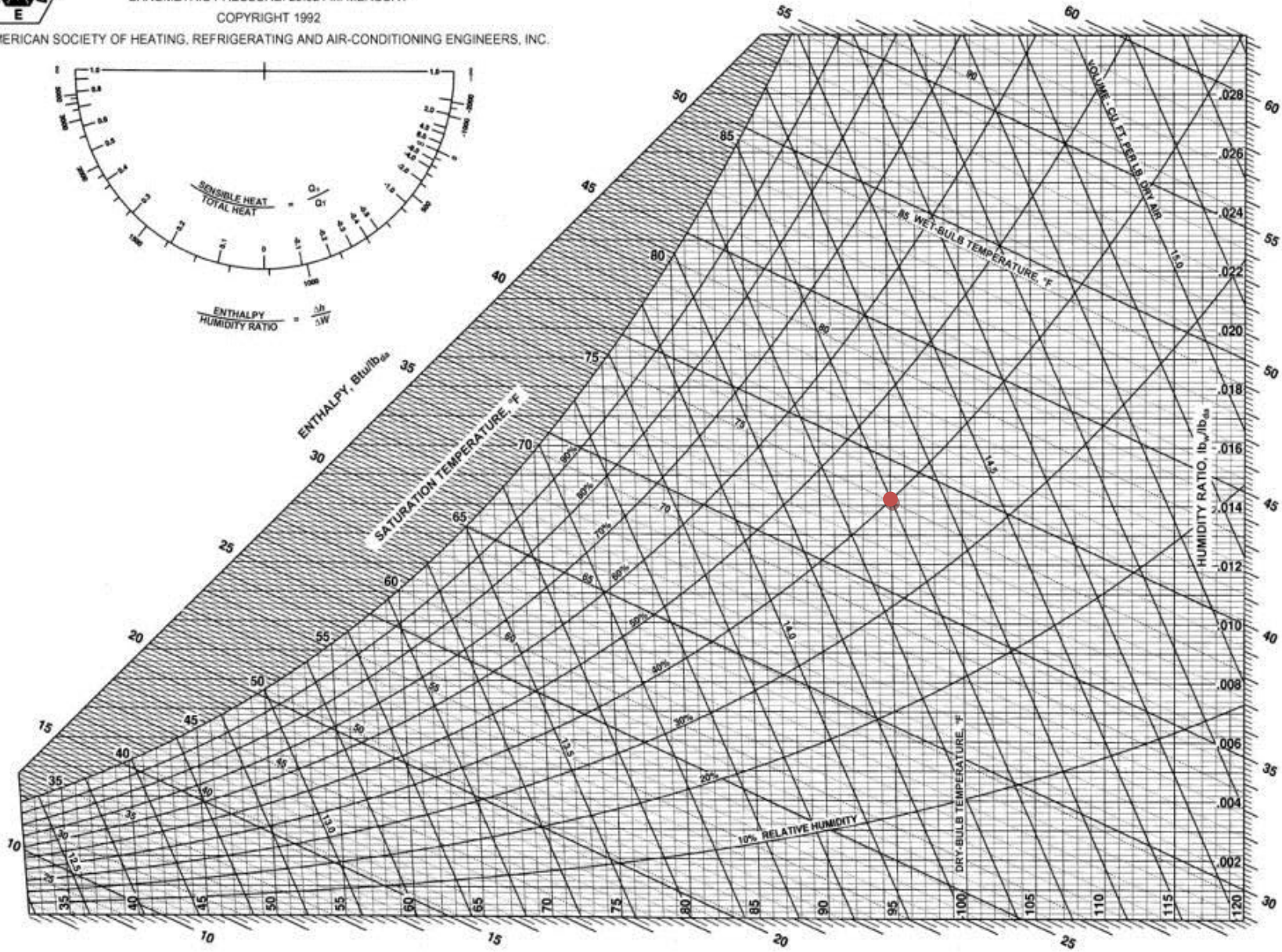


Figura 1: Carta Psicrométrica (ASHRAE)

PROPIEDAD	VALOR
Humedad Relativa	40 %
Temperatura de Bulbo Seco	95 °F
Temperatura de Bulbo Húmedo	75 °F
Relación de Humedad	0,09 lb _w /lb _{da}
Volumen Específico	14,3 Ft ³ /lb
Entalpía	39 Btu/lb
Temperatura de Saturación	75 °F

Tabla 3: Valores de carta psicrométrica para un punto específico.

1.1.12 CALOR SENSIBLE DEL AIRE

Según el libro de DOSSAT, el calor sensible del aire, para cualquier temperatura de bulbo seco, es la entalpía del aire seco a la temperatura dada; y se establece por medio de la siguiente relación:

$$h_s = (0.24)(BS) \quad (\text{Ec. 1.10})$$

Donde: h_s = entalpía específica del aire seco (Btu/libra)

Para calcular el calor sensible total de m libras de aire (entalpía del aire seco)

$$H_s = (m)(0.24)(BS)$$

o

$$H_s = (m)h_s \quad (\text{Ec. 1.11})$$

(DOSSAT, 87)

1.1.13 CALOR LATENTE DEL AIRE

“Debido a que todos los componentes del aire no son condensables a temperaturas y presiones normales, para todos los fines prácticos, el único calor latente contenido en el aire, es el calor latente del vapor de agua contenido en el mismo.” (DOSSAT, 88). Por esta razón, la medida

de calor latente en una molécula de aire, depende de la cantidad de vapor de agua en la misma y el calor latente puede calcularse por la siguiente ecuación:

$$h_l = (m)(w \times h_w) \quad (\text{Ec. 1.12})$$

Donde: h_l = calor latente de cualquier masa dada de aire seco con una relación de humedad w en Btu

m = masa del aire seco en libras

w = relación de humedad en libras por libra

h_w = entalpía especificada del vapor de agua del aire, por lo general se considera como la entalpía de vapor de agua saturado (h_g) a una temperatura igual a la temperatura del PR del aire, en Btu por libra. (DOSSAT, 88)

1.1.14 CALOR TOTAL DEL AIRE

Resulta ser la suma del calor sensible del aire (entalpía del aire seco) y el calor latente del aire (entalpía del vapor de agua). Teniendo que:

$$h_t = h_s + h_l \quad (\text{Ec. 1.13})$$

Donde: h_t = entalpía del aire (húmedo) en Btu por libra

h_s = entalpía del aire seco en Btu por libra

h_l = entalpía del vapor de agua en Btu por libra de aire seco

paramlibras de aire,

$$H_t = (m)(h_t) \quad (\text{Ec. 1.14})$$

Donde: H_t es la entalpía de m libras de aire

El calor total transferido (Q_t) a, o del aire cuando es calentado o enfriado, respectivamente, puede obtenerse de la siguiente ecuación,

$$Q_t = (m)(h_{t2} - h_{t1}) \quad (\text{Ec. 1.15})$$

Donde los subíndices 1 y 2 indican las condiciones inicial y final del aire en este orden.

(DOSSAT, 90)

1.1.15 COMODIDAD HUMANA Y CONDICIONES DE CONFORT

El cuerpo humano puede ser considerado como una máquina térmica, por lo que la mayor parte de las actividades desarrolladas en la vida cotidiana resultan en generación de calor. El calor producido es disipado al ambiente, con el fin de mantener las condiciones de temperatura internas en un nivel casi constante. Si los niveles de calor perdido son bajos, la persona puede caer en un estado de hipertermia; o si el calor perdido es muy alto, en el estado de hipotermia. Estados que resultan muy perjudiciales para la persona, debido a que si la temperatura de la piel es mayor a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($113\text{ }^{\circ}\text{F}$) o menor a $18,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($64,5\text{ }^{\circ}\text{F}$) puede ser causa de dolor (Hardy et al. 1952). La Temperatura de la piel relacionada con la comodidad en actividades sedentarias varía en el rango de $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $33,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($91,5$ a $93\text{ }^{\circ}\text{F}$); (Fanger 1967). En contraste, la temperatura interna aumenta con la actividad. El centro regulador de temperatura en el cerebro es de aproximadamente $36,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($98,2\text{ }^{\circ}\text{F}$) en reposo y aumenta a aproximadamente $37,38\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($99,3\text{ }^{\circ}\text{F}$) al caminar, y $37,88\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($100,2\text{ }^{\circ}\text{F}$) al correr. Una temperatura interna inferior a $27,77\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($82\text{ }^{\circ}\text{F}$) puede causar arritmia cardiaca grave y la muerte, y una temperatura superior a $46\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($115\text{ }^{\circ}\text{F}$) puede causar daño cerebral irreversible. Por lo tanto, es importante una regulación cuidadosa de la temperatura del cuerpo para el confort y la salud.(ASHRAE, HANDBOOK)

En la figura 2, se puede apreciar claramente las características de las condiciones de confort en lo referente a temperatura y humedad, en condiciones ambientales de verano e invierno.

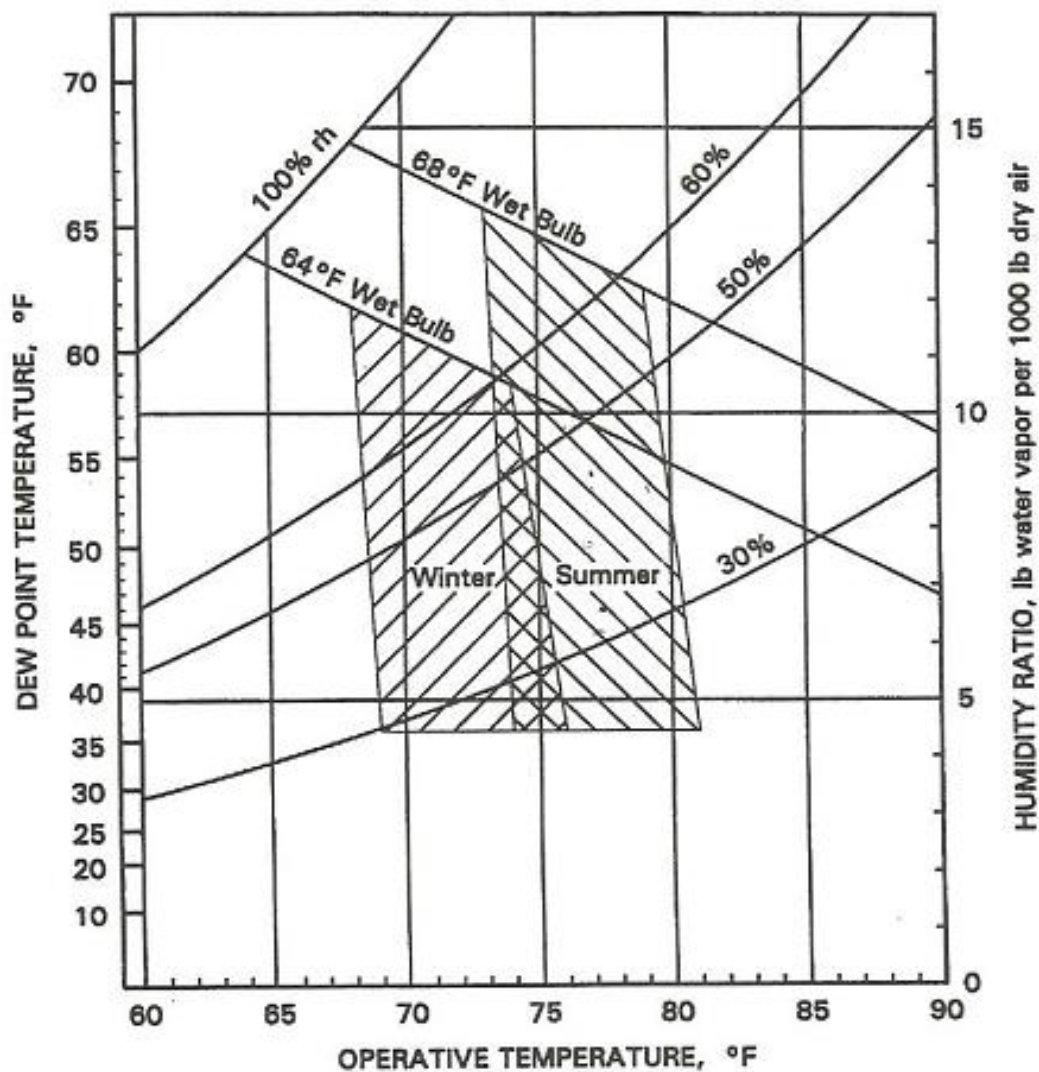


Figura 2: Rango recomendado para condiciones de confort para invierno y verano. (ASHRAE)

1.2 CARGAS TÉRMICAS

Las cargas térmicas resultan de diversas fuentes de calor que afectan un espacio. Pueden ser internas o externas, y su porcentaje de aportación a las condiciones de un espacio cerrado varían en base al calor sensible o latente que aportan. En las gráficas siguientes, se puede observar la manera en la que las cargas internas y externas afectan a un recinto cerrado y la manera en la que la transferencia de calor, interviene para que el espacio aumente su carga térmica total; así como los porcentajes de calor latente y sensible con que cada factor contribuye.

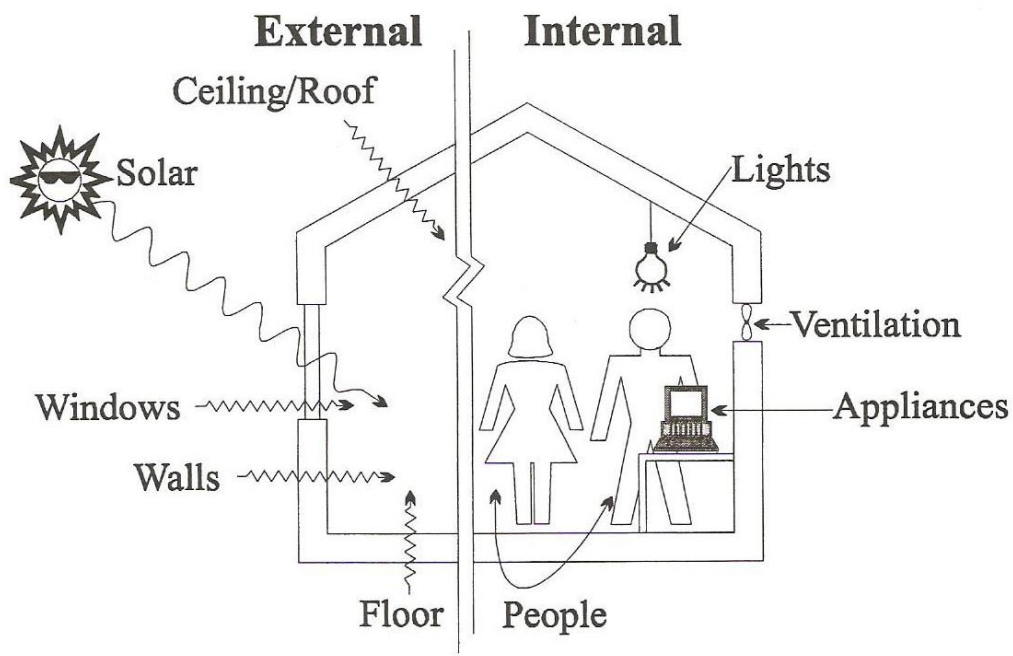


Figura 3: Cargas internas y externas que afectan en un recinto cerrado (FUNDAMENTALS).

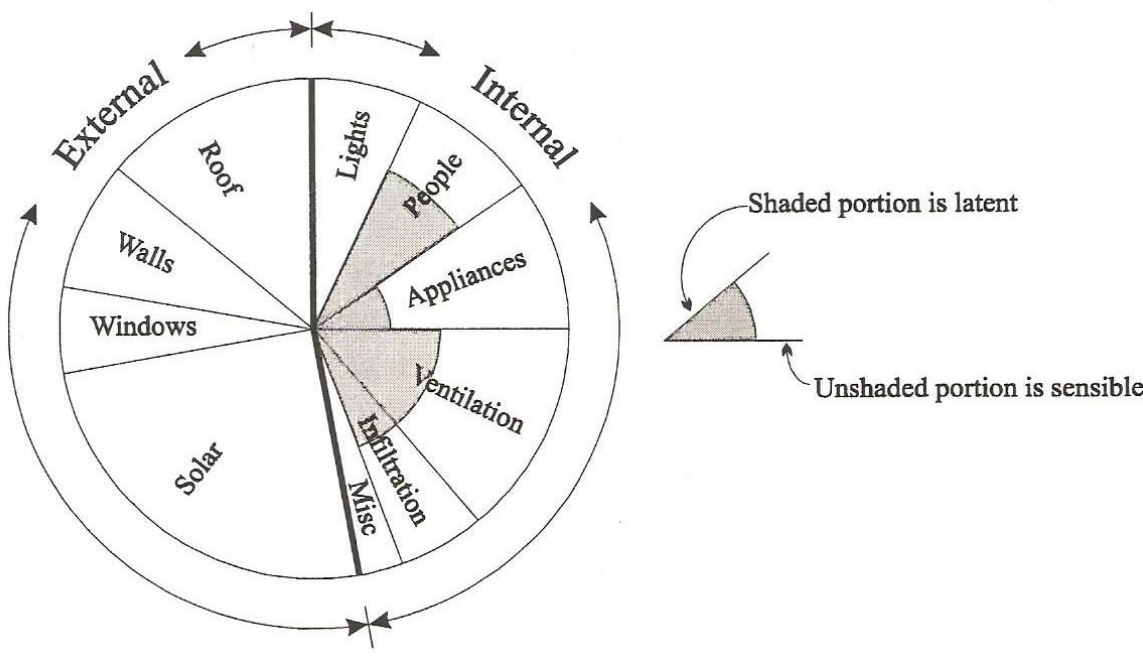


Figura 4: Calor sensible y latente debido a cada una de las cargas en un recinto cerrado (FUNDAMENTALS).

En base a la Figura 3, podemos observar que la carga de un equipo resulta del aporte de varias fuentes de calor. Resultando en la suma de las cargas térmicas con que aporta cada una de las fuentes que afectan al ambiente. Las fuentes más comunes son las siguientes:(DOSSAT, 187)

1. Calor por conducción a través de las paredes no aisladas del espacio refrigerado.
2. Calor por radiación a través de vidrios u otros materiales transparentes.
3. Calor que gana el ambiente refrigerado por medio de aire caliente que se infiltra a través de puertas, ventanas o rendijas.
4. Calor cedido al ambiente por los cuerpos calientes, a medida que su temperatura es bajada hasta el nivel deseado (frigoríficos).
5. Calor emanado por diversas aplicaciones, tales como motores eléctricos, alumbrado, equipo electrónico, planchas de vapor, secadoras de pelo y cafeteras.
6. Calor emitido por personas dentro del ambiente.

Para abordar con detalle el aporte realizado por las personas dentro de un espacio a acondicionar, se presenta la siguiente tabla:

Grado de actividad	Ubicación	Total de calor, Btu / h		Calor Sensible, Btu / h	El calor latente, Btu / h	% Sensible al calor radiante que es ^b	
		Varón Adulto	Ajustado, M / F ^{un}			Low V	Alta V
Sentado en el teatro	Teatro, matinee	390	330	225	105		
Sentado en el teatro, noche	Teatro, noche	390	350	245	105	60	27
Sentado, trabajo muy ligero	Oficinas, hoteles, apartamentos	450	400	245	155		
Moderadamente activo trabajo de oficina	Oficinas, hoteles, apartamentos	475	450	250	200		
De pie, trabajo ligero, caminar	Grandes almacenes, tienda de venta al por menor	550	450	250	200	58	38
Caminando, de pie	Farmacia, banco	550	500	250	250		

Trabajo sedentario	Restaurant ^e	490	550	275	275		
Banco de trabajo ligero	Fábrica	800	750	275	475		
Baile moderado	Cuarto de danzar	900	850	305	545	49	35
Caminando 3 mph; trabajo de la máquina de luz	Fábrica	1000	1000	375	625		
Bowling^d	Bolera	1500	1450	580	870		
El trabajo pesado	Fábrica	1500	1450	580	870	54	19
Trabajo de la máquina pesada; levantamiento	Fábrica	1600	1600	635	965		
Atletismo	Gimnasio	2000	1800	710	1090		

Tabla 4. Valores representativos en que se dan calor y humedad de los seres humanos en diferentes estados de actividad (ASHRAE).

1.3. FORMAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

En el texto de Cengel, se define al calor como la forma de energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia de la temperatura. Según se indica, para que exista transferencia de calor es necesaria una diferencia de temperaturas, por lo que entre cuerpos a la misma temperatura no existe este fenómeno térmico. La velocidad con que se presente la transferencia de calor, dependerá de la diferencia de temperatura. Por lo que si la diferencia es menor el calor tardará mayor tiempo, y si la diferencia de temperaturas entre los cuerpos es mayor, la transferencia se hará en menor tiempo. Además de lo indicado, es importante tomar en cuenta que el calor se transfiere siempre del cuerpo de mayor temperatura, hacia el de menor.

(CENGEL, TRANSFERENCIA, 2)

1.3.1 CONDUCCIÓN

Consiste en la transferencia de calor o energía de las moléculas con mayor cantidad de energía, hacia sus colindantes que poseen menor cantidad de energía. Este tipo de transferencia se puede presentar en cualquiera de los estados de la materia es decir sólidos, líquidos o gaseosos. “En los gases y líquidos se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas en una retícula y al transporte de energía por parte de los electrones libres.

La razón de conducción a través de una capa plana es proporcional a la diferencia de temperatura a través de ésta y al área de transferencia de calor, pero es inversamente proporcional al espesor de esa capa; es decir

$$Q_{cond} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Donde:

k = conductividad térmica del material

En el caso límite de $\Delta x \rightarrow 0$, la ecuación se reduce a la forma diferencial:

$$Q_{cond} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (\text{Ec. 1.16})$$

La cual se llama *ley de Fourier de la conducción del calor.*”

(CENGEL, TRANSFERENCIA, 17)

1.3.2 CONVECCIÓN

Esta forma de transferencia de calor se presenta entre una superficie o cuerpo sólido y el líquido o fluido adyacente, y resulta en una combinación de efectos de conducción y movimiento de fluidos, por lo que mientras mayor sea el movimiento del fluido, la transferencia de calor será mayor. Si el líquido o fluido es obligado a circular alrededor del cuerpo caliente, entonces se denomina convección forzada. Por otro lado, se habla de convección natural si el movimiento del fluido es ocasionado por las diferencias de densidad debidas a la variación de temperatura en ese fluido.

“Se observa que la rapidez de la transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa en forma conveniente por **la ley de Newton del enfriamiento** como

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_\infty) \quad (W) \quad (\text{Ec. 1.17})$$

Donde: h = coeficiente de calor por convección en $W/m^2 \cdot ^\circ C$ o $Btu/ft^2 \cdot ^\circ F$
 A_s es el área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección
 T_s es la temperatura de la superficie
 T_∞ es la temperatura del fluido suficientemente alejado de la superficie”

(CENGEL TRANSFERENCIA, 25)

1.3.3 RADIACIÓN

“La radiación es la energía emitida por la materia en forma de *ondas electromagnéticas* (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un (*medio interventor*). De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío.

En los estudios de transferencia de calor es de interés la radiación térmica, que es la forma de radiación emitida por los cuerpos debido a su temperatura. Todos los cuerpos a una temperatura arriba del cero absoluto emiten radiación térmica.

La razón de transferencia de calor por radiación se encuentra determinada por:

$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{alred}^4) (W) \quad (\text{Ec. 1.18})$$

Donde: σ = constante de Stefan-Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$, o bien, $0.1714 \times 10^{-8} Btu/h \cdot ft^2 \cdot R^4$)
 ε = emisividad ($0 \leq \varepsilon \leq 1$)
 A_s = área superficial
 T_s = temperatura de la superficie

T_{alred} = temperatura superficie circundante” (CENGEL TRANSFERENCIA, 27)

1.3.4 RESISTENCIA Y TRANSFERENCIA DE CALOR

Para tener una mejor apreciación de la manera en que ocurre el fenómeno de transferencia de calor, se ha establecido una analogía de este proceso con un circuito eléctrico. Tomando siempre en consideración que la transferencia de energía por un cuerpo sólido se presenta por conducción, de un fluido a una superficie contigua es por convección y de una superficie a los alrededores se presenta por radiación y convección. Si las diversas formas de transferencia de calor se presentan una a continuación de otra, se colocan como resistencias en serie y si se tiene más de una forma de transferencia de manera simultánea, se colocarán como resistencias en paralelo. En la Figura 5, se puede apreciar de manera gráfica la manera en que se puede plantear el circuito de transferencia de calor como un circuito eléctrico.

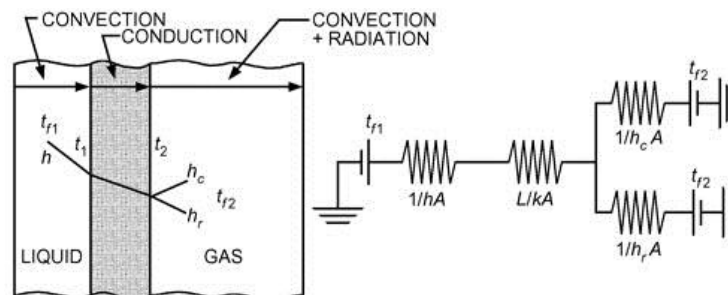


Figura 5: Circuito de resistencias térmicas, debido al material (ASHRAE).

1.4 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

1.4.1 REFRIGERADORES

Son equipos que trabajan en ciclos cerrados, utilizando un líquido refrigerante. Los elementos de estos dispositivos son: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador.

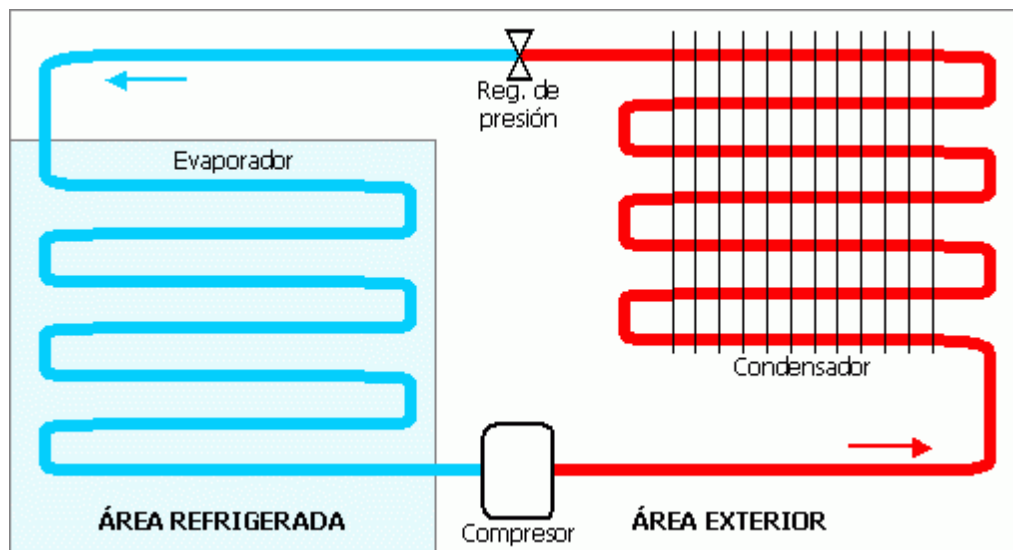


Figura 6: ciclo de refrigeración. (Tomado de refrigeración doméstica, ciclos de refrigeración)

Como se puede apreciar en la Figura 6, “el refrigerante entra al compresor como vapor y se comprime hasta la presión del condensador, posteriormente sale del compresor a una temperatura relativamente alta y se enfría y condensa a medida que fluye por los serpentines del condensador rechazando calor al medio circundante. Después entra al tubo capilar donde su presión y temperatura caen de forma drástica debido al efecto de estrangulamiento. Luego, el refrigerante a temperatura baja entra al evaporador, donde se evapora absorbiendo calor del espacio refrigerado. El ciclo se completa cuando el refrigerante sale del evaporador y vuelve a entrar al compresor.”

(CENGEL, 288)

1.4.2 BOMBAS DE CALOR

La bomba de calor es un dispositivo que funciona de manera similar que el refrigerador, pero al contrario de este último, transfiere el calor al interior del espacio cerrado. Lo que se hace es absorber el calor de una fuente o espacio a temperatura baja como puede ser el ambiente externo, y entrega el calor a un espacio que se requiere. Para entender de una manera más fácil el funcionamiento de un bomba de calor, podemos imaginar que colocamos una refrigeradora en la ventana o puerta de una casa con la puerta abierta hacia el exterior, en este caso, lo que tratará de hacer es absorber el calor del ambiente y lo entregará al espacio interior por medio de los serpentines colocados en la parte posterior.

(CENGEL, 289)

1.4.3 ACONDICIONADORES DE AIRE

Básicamente son refrigeradores, que tiene por objetivo enfriar un espacio interior como una habitación, departamento o casa. Las unidades de acondicionamiento de aire, como su nombre lo indica, acondicionan un ambiente interior al absorber el calor presente en el interior de la misma y descargarlo al exterior, esto en el caso de necesitar un ambiente frío. Pero si la necesidad es que el espacio interior permanezca caliente, se puede adaptar el equipo para que trabaje como una bomba de calor, es decir absorbiendo el calor del exterior y entregándolo al interior de espacio que se requiere acondicionar. (CENGEL, 290)

1.5 SISTEMAS DE CONTROL

En la mayoría de procesos industriales que se desarrollan actualmente, se requiere velocidad, precisión y eficiencia. Estas exigencias son cada vez más complicadas para ser cumplidas por un operario, por lo que se han establecido sistemas de control automático, con lo que se consigue una mejor calidad en los productos, reducción en los tiempos de manufactura y optimización en el manejo de recursos. Los sistemas de control han experimentado un amplio desarrollo en su campo de aplicación, tal es así que en la actualidad se pueden adaptar a casi cualquier proceso que implique la utilización de equipos electrónicos. Abarcando no solamente el área relacionada con la industria, sino incluso en hogares y ambientes de trabajo.[2]

1.5.1 TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL

1.5.1.1 SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO ABIERTO (OPEN LOOP)

Este tipo de sistemas de control no cuenta con retroalimentación de señal al controlador. Es decir que este tipo de sistemas de control no se mide la salida, ni se retroalimenta para compararla con la entrada. Los encontramos en aplicaciones con hornos, lavadoras, etc. Son de fácil instalación, económicos y de fácil mantenimiento. Lamentablemente no son muy exactos, en vista de que al no contar con retroalimentación de la señal, no corrigen el error, dependiendo básicamente de la configuración o calibración de arranque (OGATA, 7).

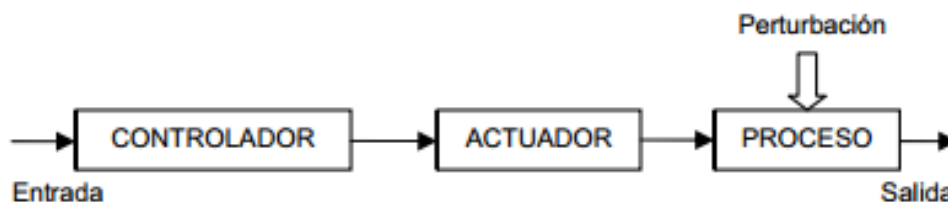


Figura 7: Sistema de control de lazo abierto.

1.5.1.2 SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO CERRADO (FEEDBACK)

Es un sistema alimentado con la señal del error del actuador, siendo la diferencia entre la señal de entrada y salida. Siempre implica la utilización de un control retroalimentado, con el fin de reducir el error del sistema. Resultan muy convenientes para control de sistemas de climatización, debido a que al medir la temperatura real y comparándola con la de confort y activando los equipos de calefacción o enfriamiento (OGATA, 6).

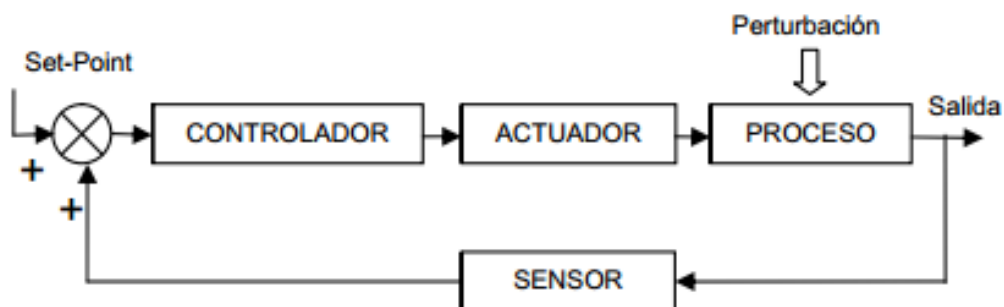


Figura 8: Sistema de control de lazo cerrado, con retroalimentación positiva.

1.5.2 SENSORES

Son dispositivos electrónicos, que tienen como objetivo principal el convertir una magnitud a otra manejable, siendo la última por lo general eléctrica. En aplicaciones de hogares y edificios, entregan la información para su proceso. Un ejemplo práctico son los sensores de temperatura, humedad, etc. (DOMÓTICA, 46)

1.5.3 ACONDICIONADORES DE SEÑAL

“Las señales que entrega un sensor, en la mayoría de los casos deben ser acondicionadas y/o adaptadas al controlador o sistema que las recibe. Para efectuar esta conversión se utilizan los acondicionadores de señal. Estos, son muy variados, pudiendo ser para señales discretas, sensores resistivos, atenuadores pasivos para señales continuas, amplificadores, filtros de señal, convertidores de tensión a frecuencia (V/F) y de frecuencia a tensión (F/V), convertidores analógicos digitales (A/D) y digitales analógicos (D/A).” (DOMÓTICA, 50)

1.5.4 ACTUADORES

“Son los dispositivos electromecánicos que actúan sobre el medio exterior y afectan físicamente al edificio. Convierten una magnitud eléctrica en otra de otro tipo (mecánica, térmica,...), realizando, un proceso inverso al de los sensores. Pueden mantener niveles de salida continuos o discretos.” (DOMÓTICA, 52)

1.5.5 ELECTROVÁLVULAS

Son válvulas controladas mediante señales eléctricas y son utilizadas para controlar caudales de líquidos o gases. En sistemas de climatización, su uso consiste en control de agua, gas o refrigerante. Su paso puede ser de paso variable o todo/nada. “Está formada por dos piezas, el cuerpo, que se ajusta a la tubería, y el cabezal, encargado de mover el dispositivo de apertura o cierre.”(DOMÓTICA, 54)

1.5.6 INFRAESTRUCTURA

Un sistema domótico, es aquel que permite automatizar una vivienda o edificio, mediante la utilización de sistemas de seguridad, energético, comunicaciones, etc. Este tipo de sistemas se conectan por medio de redes de comunicación, que permiten al usuario controlarlo a distancia. “La infraestructura de un sistema domótico o inmótico es la encargada de llevar la información que producen los sensores hasta el sistema de control, y de alimentarlos con una tensión eléctrica adecuada, es decir, el cableado de datos y el cableado de alimentación. Actualmente los datos se pueden transmitir también de forma inalámbrica.”(DOMÓTICA, 56)

1.6 REFRIGERANTES

“Refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúe como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Desde el punto de vista de la refrigeración mecánica por evaporación de un líquido y la compresión devapor, se puede definir al refrigerante como el medio para transportar calor desde donde lo absorbe por ebullición, a baja temperatura y presión, hasta donde lo rechaza al condensarse a alta temperatura y presión.” [3]

1.6.1 CARACTERÍSTICAS

Para tener uso apropiado como refrigerante, se busca que los fluidos cumplan con la mayoría de las siguientes características:

- Baja temperatura de ebullición: Un punto de ebullición por debajo de la temperatura ambiente, a presión atmosférica. (Evaporador)
- Fácilmente manejable en estado líquido: El punto de ebullición debe ser controlable con facilidad de modo que su capacidad de absorber calor sea controlable también.
- Alto calor latente de vaporización: Cuanto mayor sea el calor latente de vaporización, mayor será el calor absorbido por kilogramo de refrigerante en circulación.
- No inflamable, no explosivo, no tóxico. Químicamente estable: A fin de tolerar años de repetidos cambios de estado.
- No corrosivo: Para asegurar que en la construcción del sistema puedan usarse materiales comunes y la larga vida de todos los componentes.
- Moderadas presiones de trabajo: las elevadas presiones de condensación (mayor a 25-28kg/cm²) requieren un equipo extra pesado. La operación en vacío (menor a 0kg/cm²) introduce la posibilidad de penetración de aire en el sistema.
- Fácil detección y localización de pérdidas: Las pérdidas producen la disminución del refrigerante y la contaminación del sistema.
- Inocuo para los aceites lubricantes: La acción del refrigerante en los aceites lubricantes no debe alterar la acción de lubricación.

- Bajo punto de congelación: La temperatura de congelación tiene que estar muy por debajo de cualquier temperatura a la cuál pueda operar el evaporador.
- Alta temperatura crítica: Un vapor que no se condense a temperatura mayor que su valor crítico, sin importar cuál elevada sea la presión. La mayoría de los refrigerantes poseen críticas superiores a los 93 °C.
- Moderado volumen específico de vapor: Para reducir al mínimo el tamaño del compresor.
- Bajo costo: A fin de mantener el precio del equipo dentro de lo razonable y asegurar el servicio adecuado cuando sea necesario.[4]

CAPÍTULO 2

CONDICIONES DE DISEÑO

2.1 CONDICIONES ACTUALES DEL EDIFICIO

Para determinar las condiciones actuales de las instalaciones de la Comandancia General, se realizaron varias mediciones de temperatura en diferentes pisos. La primera, temperatura de bulbo seco, se la tomó con un termómetro de bulbo seco el mismo que es un termómetro normal, y la segunda temperatura, de bulbo húmedo, con un termómetro de bulbo húmedo, que consiste en un termómetro normal colocado una gasa húmeda en el bulbo y realizando una ligera agitación al aparato, se espera a que se estabilice y se toma la medida. El muestreo se lo tomó desde las 15h00 pm hasta las 17h00 aproximadamente, por ser la hora de mayor carga térmica por efecto de radiación y por procesos metabólicos de las personas. Además, las mediciones se las realizaron en las plantas mostradas en la Tabla 5, debido a las variaciones mínimas entre cada piso se puede estimar que los valores obtenidos abarcan la totalidad del edificio. Con estos datos y mediante la utilización de la carta psicrométrica de la ciudad de Quito, se determinaron las condiciones actuales del edificio.

PISO	TEMP. BULBO SECO (°C)	TEMP. BULBO SECO (°F)	TEMP. BULBO HÚMEDO (°C)	TEMP. BULBO HÚMEDO (°F)	HUMEDAD RELATIVA (%)
PLANTA BAJA	28	82,4	24	75,2	74
SEGUNDO	28,5	83,3	24,5	76,1	75
QUINTO	28,5	83,3	24,5	76,1	75
NOVENO	28,5	83,3	24,5	76,1	75
UNDÉCIMO	29	84,2	25	77	76
PROMEDIO	28,5	83,3	24,5	76,1	75

Tabla 5: Medidas de temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo, tomadas experimentalmente en el Edificio de la Comandancia General de la Policía Nacional.

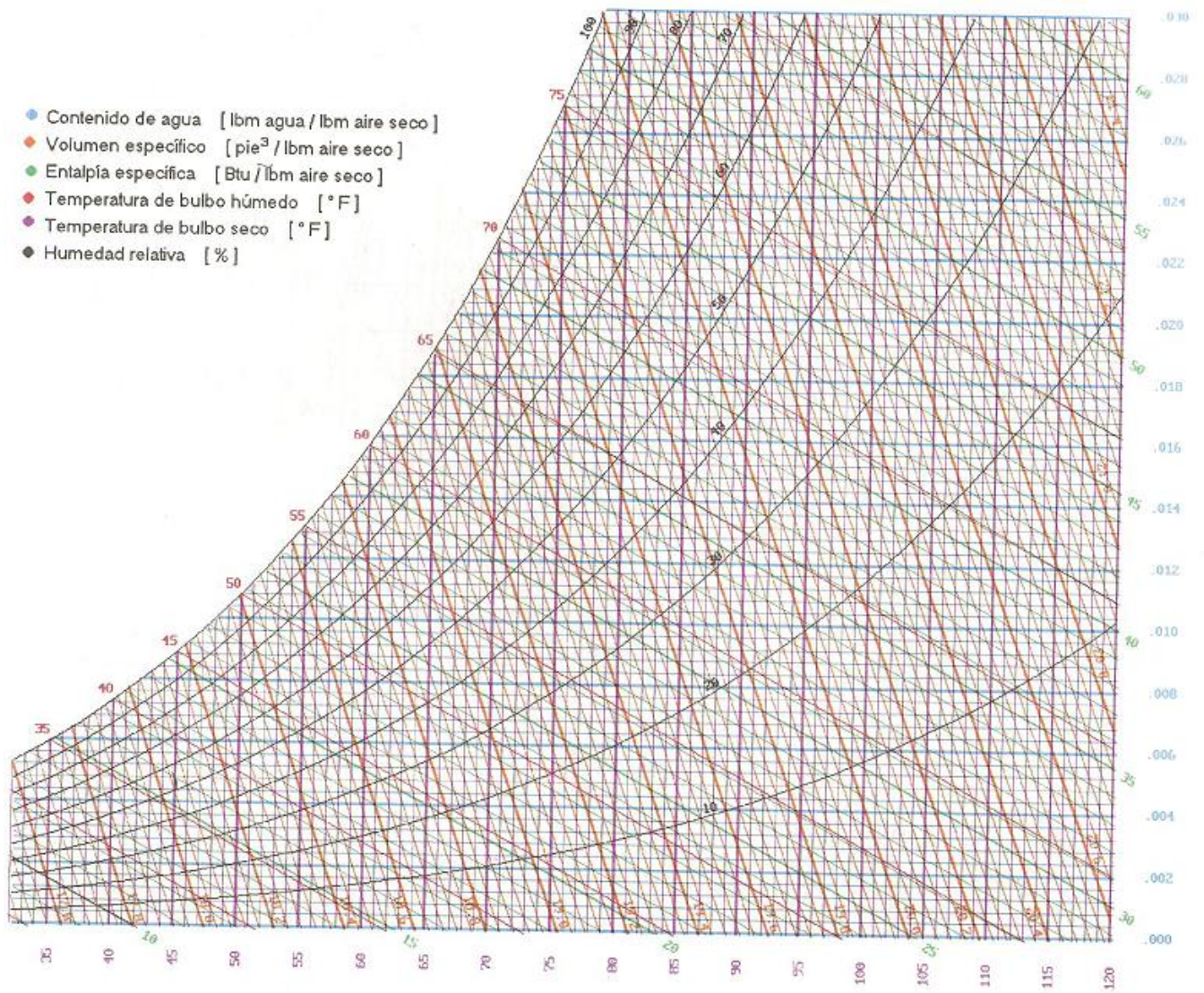


Figura 9: Carta Psicrométrica de la ciudad de Quito (Ortega)

La tabla 5 y la Figura 11, muestran los valores de temperaturas de los pisos del edificio, los mismos fueron tomados de manera experimental, es decir con un termómetro. En base a lo encontrado, se determinan valores de temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo con valores que se encuentran sobre la región de confort recomendada por la ASHRAE (Figura 2).

Por ésta razón se justifica la importancia de contar con un sistema de climatización que garantice el bienestar y comodidad de los funcionarios civiles y policiales que trabajan en la Comandancia General de la Policía Nacional.

2.2 CONDICIONES EXTERIORES DE DISEÑO

Las condiciones exteriores de diseño, han sido establecidas en base a los registros del INAMHI (ANEXO B) y a las tablas psicrométricas para la ciudad de Quito (ORTEGA), siendo las siguientes:

Temperatura máxima de Bulbo Seco	24°C
Temperatura de Bulbo Húmedo	19°C
Humedad Relativa	70 %
Altura de diseño	2800 msnm

Tabla 6: Condiciones exteriores de diseño (INAMHI).

2.3 CONDICIONES INTERIORES DE DISEÑO

Se han considerado las siguientes condiciones interiores, en base a las recomendaciones del ASHRAE, para uso de espacios de edificios de uso público (condiciones de confort para oficinas, auditorios, salas de reuniones, salas de star):

Temperatura de Bulbo Seco	21°C (69,8°F)
Humedad Relativa	50 %
Criterio de Ruido	25-30 NC
Velocidad en Difusores	350 FPM [Pies/minuto]
Velocidad en Rejillas	300 FPM [Pies/minuto]
Velocidad máxima en ductos principales	1000 FPM [Pies/minuto]
Velocidad máxima en ductos secundarios	800 FPM [Pies/minuto]

Tabla 7: Condiciones interiores de diseño para espacios de oficina (ASHRAE)

2.4 ANÁLISIS PSICROMÉTRICO DEL EDIFICIO

Es necesario realizar un estudio de las propiedades del aire durante el proceso de climatización del mismo. Dentro del ciclo, tenemos cuatro puntos establecidos. En el primer punto, se encuentra el aire en las condiciones normales de la ciudad de Quito (Tabla 6), en el segundo, contamos con el aire en el espacio interno del edificio (Tabla 5). A continuación, contamos con el punto de mezcla entre el aire externo e interno del edificio, ASHRAE determina que para espacios de oficina, se puede re utilizar hasta el 80% del aire, en base a esto, se puede determinar la temperatura y humedad relativa de la mezcla en base a la siguiente relación:

$$T_{mezcla} = 0,8 T_{aireinterior} + 0,2 T_{aireexterior} \quad (\text{EC. 2,1})$$

$$H_{mezcla} = 0,8 H_{aireinterior} + 0,2 H_{aireexterior} \quad (\text{EC. 2,2})$$

A través de la ecuación 2,1 se determina que la mezcla tendrá una temperatura de 21,6 °C y una humedad relativa de 54%.

El último punto del ciclo, se encuentra físicamente en la salida del equipo, debido a ello, la temperatura del aire en este punto baja de manera que se encuentra muy cerca de la zona de saturación, con 5 °C y 98% de humedad relativa.

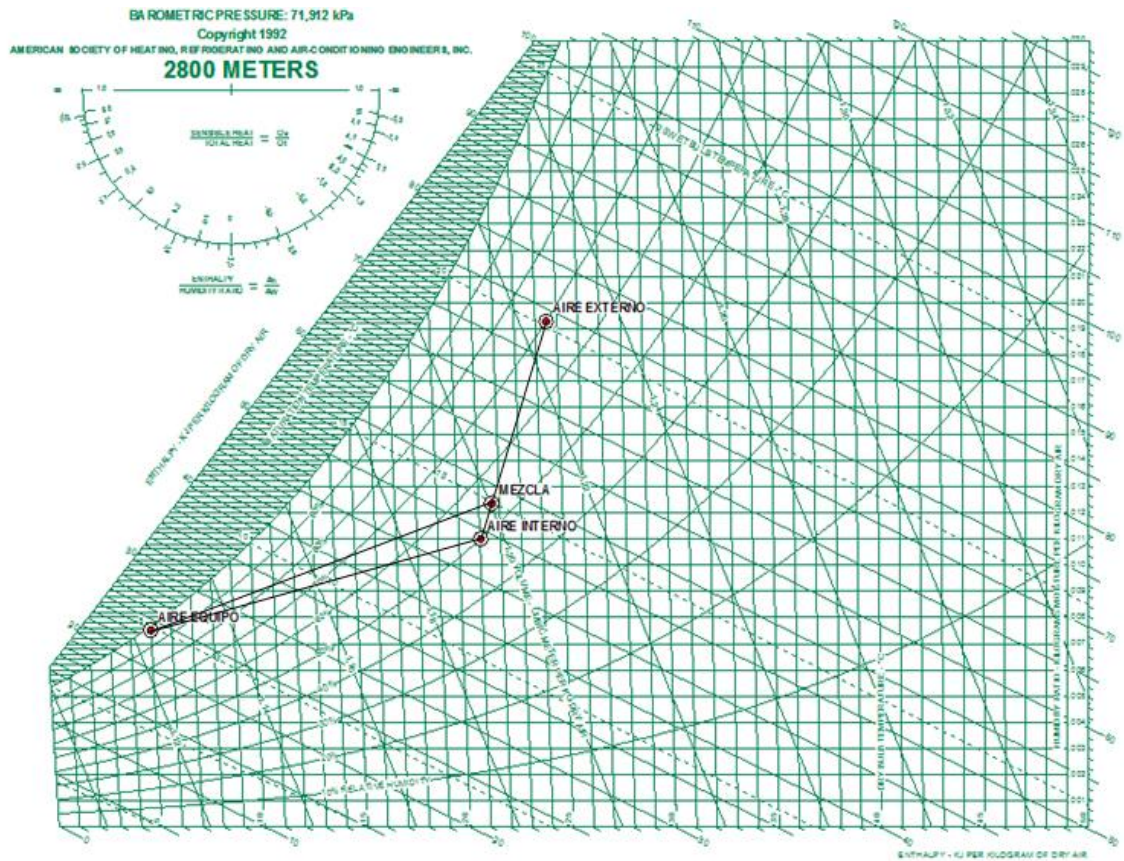


Figura 10: Carta Psicrométrica en donde se representan los puntos del proceso de acondicionamiento del aire. (Análisis Psicrométrico mediante software de ASHRAE)

	AIRE EXTERNO	AIRE INTERNO	MEZCLA DE AIRE	AIRE EN EQUIPO
TEMPERATURA DE BULBO SECO (°C / °F)	24,5 / 76,1	21 / 69,8	21,6 / 70,88	5 / 41
TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO (°C / °F)	20,109 / 68,196	13,779 / 56,802	14,947 / 58,904	4,836 / 40,704
HUMEDAD RELATIVA (%)	70	50	54	98
RELACIÓN DE HUMEDAD (Kg/Kg)	0,01918	0,01099	0,01234	0,00751
ENTALPIA (KJ/Kg)	73,799	49,107	53,155	23,970

Tabla 8: Análisis psicrométrico de los puntos del proceso de acondicionamiento de los espacios del edificio de la Comandancia General.

De los datos obtenidos expuestos en la Tabla 8, se pueden determinar los coeficientes necesarios para el balance energético del sistema, mismo que permite verificar la relación de calor sensible existente en las secciones del edificio, con respecto a la carga térmica total. Determinando así que la cantidad de calor sensible a ser removida, es la adecuada. Este proceso se lo realiza mediante la aplicación de la siguiente igualdad:

$$\frac{Q_{s_{local}}}{Q_{s_{local}} + Q_{h_{local}}} = \frac{Q_{s_{total}}}{Q_{s_{total}} + Q_{h_{total}}} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

$Q_{s_{local}}$ = Calor sensible en una de las secciones

$Q_{h_{total}}$ = Calor latente de una de las secciones

$Q_{s_{total}}$ = Calor sensible total de una de las plantas

$Q_{h_{total}}$ = Calor latente total de una de las plantas

(Carrier, 1-17)

La igualdad indicada, se establece dentro de los espacios a climatizar, el calor del local sensible y latente, es el del ambiente u oficina, y el total representa al del piso al que pertenece el ambiente. La sección de muestra es la Nro. 26 de la Tabla 13 (H. Consejo de Clases y Policías),obteniendo el siguiente resultado:

$$\frac{2000,94(Btu/h)}{(2000,94 + 2501,33)(Btu/h)} = \frac{9004,7(Btu/h)}{(9004,7 + 11255,95)(Btu/h)} = 0,444$$

Al cumplirse la igualdad planteada, se establece que el balance térmico del edificio es correcto.

2.5 ESTUDIO DEL EDIFICIO

En este numeral se especifican las características físicas del edificio, tales como su ubicación y orientación, tipos de materiales en sus paredes y ventanas, además de lo indicado, es necesario determinar el número de personas que laboran en el interior y los equipos electrónicos con que cuentan sus oficinas. Todos estos datos, son muy importantes, debido a que con ellos se toman en cuenta para el cálculo de la carga térmica.

2.5.1 CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

2.5.1.1 ORIENTACIÓN:

La pared que se encuentra frente a la Av. Amazonas, se orienta hacia el Este, lo que se confirma con la imagen obtenida por medio del programa Google Earth. La desviación con respecto del Norte, es despreciable.

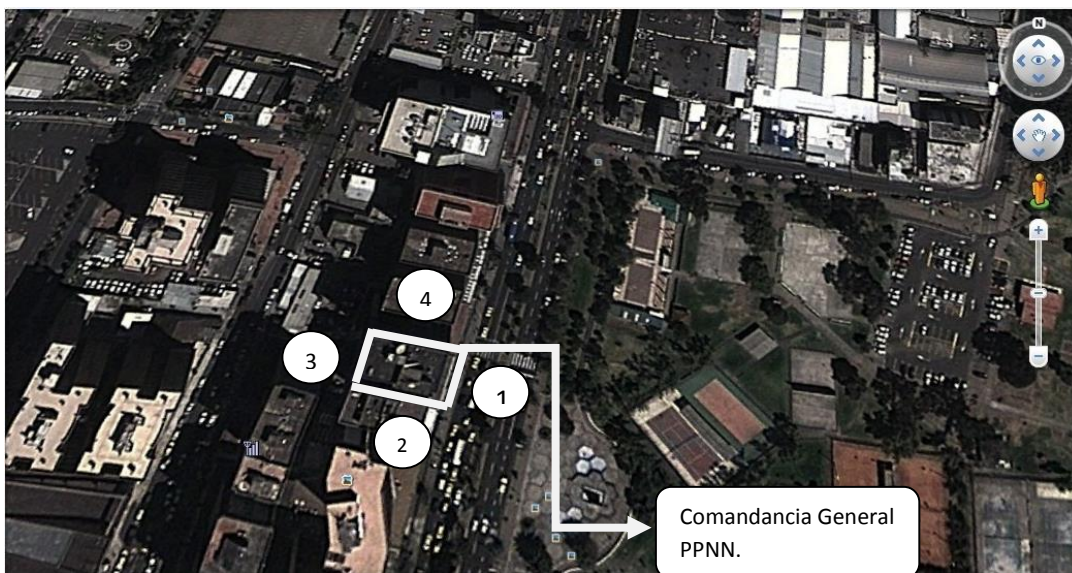


Figura 11: Imagen edificio Comandancia General de la Policía Nacional. (Google Earth)

PARED	ORIENTACIÓN
PARED 1	ESTE
PARED 2	SUR
PARED 3	OESTE
PARED 4	NORTE

Tabla 9: Orientación de paredes del edificio

2.5.1.2 UTILIZACIÓN:

El Edificio de la Comandancia General de la Policía Nacional, es un edificio de oficinas, distribuido en planta baja, mezzanine y diez pisos superiores. Constituye el principal centro de mando de la Policía Nacional. En la Tabla 10 se aprecia la distribución de las Direcciones Generales y Nacionales de cada una de las plantas del inmueble.

PLANTA	UTILIZACIÓN
PLANTA BAJA	Jefatura Financiera y Recepción de documentos
MEZZANINE	Dirección Nacional Financiera
PRIMER PISO	Dirección General de Personal

SEGUNDO PISO	Auditoría Interna
TERCER PISO	Dirección Nacional de Asesoría Jurídica
CUARTO PISO	Dirección General de Logística
QUINTO PISO	Estado Mayor
SEXTO PISO	Secretaría del Comando General
SÉPTIMO PISO	Comando General
OCTAVO PISO	Dirección General de Operaciones
NOVENO PISO	Planificación del Ministerio del Interior
DÉCIMO PISO	Dirección Nacional de Planificación/Auditorio
UNDÉCIMO PISO	Departamento de Protocolo/Comedor

Tabla 10: Plantas y utilización de cada una de las mismas en el Edificio de la Comandancia General.

2.5.1.3 MATERIALES PAREDES Y LOSAS:

Las paredes del edificio son de mampostería de bloque, enlucido y pintado. Se encuentran en las cuatro paredes del edificio distribuidas de la siguiente manera.

PISO	Pared Este (m ²)	Pared Sur (m ²)	Pared Oeste (m ²)	Pared Norte (m ²)
Planta baja				
Mezzanine	20,16			25,03
Primer	25,7	36,74	25,7	25,03
Segundo	25,7	36,74	25,7	25,03
Tercer	25,7	36,74	25,7	25,03
Cuarto	25,7	36,74	25,7	25,03
Quinto	25,7	36,74	25,7	25,03
Sexto	25,7	36,74	25,7	25,03
Séptimo	25,7	36,74	25,7	25,03
Octavo	25,7	36,74	25,7	25,03
Noveno	25,7	36,74	25,7	25,03
Décimo	25,7	36,74	25,7	25,03
Décimo primero	25,7	36,74	25,7	25,03

Tabla 11: Área de paredes exteriores en las plantas del edificio.

2.5.1.4 CARACTERÍSTICAS VENTANAS:

El edificio cuenta con ventanales desde el primer piso hasta el décimo primero en sus cuatro lados, por lo que la transferencia de calor por radiación es bastante considerable. Las ventanas son de vidrio oscuro de seis milímetros de espesor. La planta del mezzanine, solamente tiene ventanas en la pared Este. La planta baja, cuenta con una sola ventana de vidrio, ubicada en la prevención. Dentro del espacio ocupado por las ventanas, el área que corresponde a los marcos metálicos se desprecia.

PISO	Pared Este (m ²)	Pared Sur (m ²)	Pared Oeste (m ²)	Pared Norte (m ²)
Planta baja				
Mezzanine	32,64			
Primer	16,8	28,64	16,8	26,72
Segundo	16,8	28,64	16,8	26,72
Tercer	16,8	28,64	16,8	26,72
Cuarto	16,8	28,64	16,8	26,72
Quinto	16,8	28,64	16,8	26,72
Sexto	16,8	28,64	16,8	26,72
Séptimo	16,8	28,64	16,8	26,72
Octavo	16,8	28,64	16,8	26,72
Noveno	16,8	28,64	16,8	26,72
Décimo	16,8	28,64	16,8	26,72
Décimo primero	16,8	28,64	16,8	26,72

Tabla 12: Área de ventanas en la plantas del edificio

2.5.1.5 ESPECIFICACIONES POR PISOS:

2.5.1.5.1 OCUPANTES:

PLANTA	OCUPANTES	ACTIVIDAD
PLANTA BAJA	29	Moderadamente Activo
MEZZANINE	62	Moderadamente Activo
PRIMER PISO	34	Moderadamente Activo

SEGUNDO PISO	36	Moderadamente Activo
TERCER PISO	45	Moderadamente Activo
CUARTO PISO	35	Moderadamente Activo
QUINTO PISO	28	Moderadamente Activo
SEXTO PISO	27	Moderadamente Activo
SEPTIMO PISO	22	Moderadamente Activo
OCTAVO PISO	43	Moderadamente Activo
NOVENO PISO	31	Moderadamente Activo
DECIMO PISO	108	Moderadamente Activo
DECIMO PRIMER PISO	57	Moderadamente Activo

Tabla 13: Numérico de ocupantes por pisos. (Actividad tomada de Tabla 4)

2.5.1.5.2 EQUIPOS ELECTRÓNICOS:

PLANTA	COMPUTADORES	IMPRESORAS	LÁMPARAS
PLANTA BAJA	20	12	79
MEZZANINE	59	24	148
PRIMER PISO	34	14	97
SEGUNDO PISO	26	11	85
TERCER PISO	39	13	89
CUARTO PISO	24	8	71
QUINTO PISO	20	8	70
SEXTO PISO	27	12	70
SEPTIMO PISO	22	11	75
OCTAVO PISO	33	11	82
NOVENO PISO	31	9	75
DECIMO PISO	13	4	75
DECIMO PRIMERO	5	2	75

Tabla 14: Equipos electrónicos de oficina

2.6 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

Para determinar la carga térmica de los pisos del edificio, se va a dividir cada uno en secciones, con sus respectivas áreas. Distribución basada en el levantamiento arquitectónico de las plantas del Edificio (ANEXO D).

	SECCIÓN
PLANTA BAJA	
Prevención	1
Recepción documentos Comando General	2
Jefatura financiera	3
Recepción de documentos para los diferentes departamentos	4
MEZZANINE	
Equipo de contraloría	5
Secretaría Dirección Nacional Financiera (DNF)	6
Personal DNF sala 1	7
Personal DNF sala 2	8
Recepción documentos Dirección General de Personal (DGP)	9
Archivo DGP	10
Planeamiento DGP	11
Sistemas informáticos DGP y Data Center	12
Órdenes generales	13
Proceso de registros DGP	14
PRIMER PISO	
Despacho DGP	15
Subdirección y Secretaría DGP	16
Informes Jurídicos, Difusión, Licencias y Permisos	17
Proceso de Designación y Traslado de Personal	18
Jefatura y Archivo DGP	19
SEGUNDO PISO	

Despacho Comandante General Temporal (CG)	20
Ayudantía y Sala de Reuniones	21
Auditoría Interna	22
Jefatura Auditoría Interna	23
TERCER PISO	
Despacho Dirección Nacional de Asesoría Jurídica	24
Secretaría DNAJ	25
H. Consejo de Clases y Policías	26
Asesoría Jurídica H. Consejo Superior	27
Asesoría Jurídica H. Consejo de Generales	28
Asesoría Jurídica H. Consejo de Clases y Policías	29
Asistentes	30
CUARTO PISO	
Despacho Dirección General de Logística (DGL)	31
Secretaría DGL	32
Sección vehículos, contabilidad, armas, uniformes, activos fijos, administrador de caja	33
Sub director y secretaría	34
Sala de Operaciones	35
QUINTO PISO	
Jefatura de Estado Mayor	36
Secretaría del Estado Mayor	37
H. Consejo Superior	38
Asesoría Jurídica y Secretaría	39
Planificación del Estado Mayor	40
SEXTO PISO	
Jefe de Secretaría del Comando General	41
Secretaría Comando General	42
H Consejo de Generales	43
Secretaría H Consejo de Generales	44

SEPTIMO PISO	
Despacho Comandante General	45
Edecán y Secretaría	46
Ayudantes Comando General	47
Compras Públicas	48
Asesoría Jurídica Comando General	49
OCTAVO PISO	
Despacho Dirección General de Operaciones (DGO)	50
Secretaría DGO	51
Planificación de Operaciones	52
Sala de Operaciones	53
Subdirección	54
Jefe de planificación y Operaciones Policiales y Sección Organización	55
Jefe de Instrucción Auxiliar	56
Operaciones Psicológicas	57
Evaluación y Estadística	58
NOVENO PISO	
Jefatura del Departamento de Planificación del Ministerio del Interior	59
Secretaría de Coordinación y Planificación del Ministerio del Interior	60
Coordinación de Operaciones Zonas Seguras - ECU 911 y Estadísticas	61
DECIMO PISO	
Jefatura del Departamento de Asuntos Internacionales	62
Secretaría de Asuntos Internacionales	63
Auditorio	64
UNDÉCIMO PISO	
Jefatura del Departamento de Comunicación Estratégica y Protocolo	65
Departamento de Comunicación Estratégica y Protocolo	66
Comedor y Casino	67

Tabla 15: Espacios del edificio, distribuidos por secciones.

- Para determinar la carga térmica generada por personas, se ha considerado el valor correspondiente de la tabla Nro. 4, para una actividad moderadamente activa en oficinas; y la relación:

$$Q_l = n \times q_l \times FCE \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

Q_l = Calor latente ganado [w]

n = número de personas en el interior del recinto

q_l = factor de ganancia de calor latente por persona (Tabla 4)

FCE = Factor de corrección (ANEXO A.8)

$$Q_s = n \times q_s \quad (\text{Ec.2.5}) \quad \text{Donde:}$$

Q_s = Calor sensible ganado [w]

n = número de personas en el interior del recinto

q_s = factor de ganancia de calor latente por persona (Tabla 4)

FCE = factor de carga de enfriamiento para personas(ANEXO A. 8)

- Con respecto a la carga generada por las luminarias, se ha utilizado la relación recomendada por la ASHRAE: (HANDBOOK CAP 18)

$$q_{el} = W F_{ul} F_{sa} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

donde q_{el} = calor generado por la luminaria [w]

W = potencia de la luminaria [w]

F_{ul} = factor de uso de luminarias (1.0)

F_a = factor especial de luminarias (ANEXO A. 6)

- En lo referente a la carga producida por los equipos electrónicos de las oficinas, se calculó en base a la tabla de carga para equipos de oficina de la ASHRAE.(Handbook CAP 18, ANEXO A. 11)
- Para establecer la carga térmica debida a la radiación solar a través de las ventanas, se consideró la ecuación: (PITA)

$$Q = FGCS * A * Cs * FCE \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Donde:

Q = ganancia por radiación solar [w]

FGCS = factor de ganancia de calor solar [w/m^2](ANEXO A. 5)

A = área de ventanas [m^2]

C_s = coeficiente de sombreado(ANEXO A. 6)

FCE = factor de carga de enfriamiento para el vidrio(ANEXO A. 12)

- Respecto a la carga térmica debida a los efectos de conducción por paredes, se utilizó la siguiente ecuación: (PITA)

$$Q_{pared} = U * A * DTCE \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Donde:

Q_{pared} = ganancia por conducción a través de la pared [w]

U = coeficiente de transferencia de calor [$w/m^2 * ^\circ C$] (ANEXO A. 3)

A = área de la pared [m^2]

Es importante considerar el DTCE corregido:

$$DTCE_e = [(DTCE) + (78 - t_R) + (t_o - 85)] \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Donde:

$DTCE_e$ = valor corregido de DTCE, $^\circ F$.

DTCE = temperaturas de las tablas 6.1 o 6.2, $^\circ F$. (ANEXO A. 1 – A. 2)

t_R = temperatura del recinto, $^\circ F$.

t_o = temperatura de diseño exterior promedio, $^\circ F$. (PITA)

- El calor de conducción para ventanas, se determina a través de la siguiente relación:

$$Q_{conducción} = U \times A \times DTCE \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Donde:

$Q_{conducción}$ = calor ganado por conducción a través de las ventanas.

U = Coeficiente de transferencia de calor para el vidrio (ANEXO A. 5)

A = Área total de ventana

$DTCE$ = Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento. (ANEXO A. 12)

El valor del $DTCE_C$ se encuentra determinado por la relación:

$$DTCE_{\text{corregido}} = DTCE + (25,56 - T_{\text{Recinto}}) + (T_o - 29,44) \quad (\text{Ec. 2.11})$$

Donde:

T_R = temperatura del recinto

T_o = temperatura externa (PITA)

Mediante la aplicación de las ecuaciones mostradas anteriormente, se han determinado los valores de carga térmica de cada una de las secciones del Edificio, previamente establecidas en la Tabla Nro. 15. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla Nro. 16, mostrada a continuación, y que contiene los cálculos referentes a carga térmica debida a personas (calor latente y sensible), luces, computadores, impresoras, calor por radiación y conducción en ventanas y paredes de los ambientes.

	Sección	Número Personas	Luces	*C	Imp.	Ql p (W)	Qs p (W)	Q luces (W)	QC (W)	*Q rv (W)	Q condv (W)	*Qcp	Q impr (W)
PLANTA BAJA	1	4	12	2	1	293	234	1152	154	795	242	1,126	98
	2	5	7	3	2	366	293	672	231				196
	3	15	40	10	5	1.099	879	3840	770				490
	4	5	20	5	4	366	293	1920	385				392
TOTAL PB		29	79	20	12	2.124	1.699	7584	1540	795	242	1,126	1176
MEZZANINE	5	8	15	8	3	586	468.9	1440	616				294
	6	5	15	5	2	366	293.0	1440	385	1708	521	285	196
	7	10	25	10	4	732	586.1	2400	770	1413	431	236	392
	8	10	25	10	4	732	586.1	2400	770				392
	9	3	8	2	1	219	175.8	768	154				98
	10	1	4	0	0	73	58.61	384	0				0
	11	3	10	2	1	219	175.8	960	154				98
	12	10	20	10	4	732.67	586.1	1920	770				392
	13	2	6	2	1	146.53	117.2	576	154				98
14	10	20	10	4	732.67	586.1	1920	770				392	
TOTAL MZ		62	148	59	24	4542.5	3634	14208	4543	3121.73	953	522	2352
PRIMER PISO	15	1	10	1	0	73.267	58	960	77	1290	377	193	0
	16	6	20	6	3	439.60	351	1920	462	1077	467	256	294
	17	20	45	20	10	1465.3	1172	4320	1540	907	912	593	980
	18	5	12	5	2	366.33	293	1152	385	408	539	369	196

	19	2	10	2	1	146.53	117	960	154	136	179	123	98
TOTAL P1		34	97	34	16	2491	1992	9312	2618	3819	2477	1536	1568
SEGUNDO PISO	20	1	10	1	0	73.7	58	960	77	1182	346	177	0
	21	10	15	2	1	7327	586	1440	154	1160	503	275	294
	22	20	50	20	8	1465	1172	4800	1540	902	908	590	588
	23	5	10	3	2	366	293	960	231	408	539	369	196
TOTAL P2		36	85	26	11	2637	2110	8160	2002	3653	2298	1413	1078
TERCER PISO	24	2	10	1	1	146	117	960	77	1182	346	177	98
	25	8	15	8	2	586	468	1440	616	1160	503	275	196
	26	10	20	6	2	732	586	1920	462	612	616	400	196
	27	5	8	5	2	366	293	768	385	110	148	101	196
	28	5	8	5	2	366	293	768	385	170	224	153	196
	29	5	8	4	2	366	293	768	308	110	148	101	196
	30	10	20	10	2	732	586	1920	770				196
TOTAL P3		45	89	39	13	3297	2637	8544	3003	3347	1987	1211	1274
CUARTO PISO	31	2	10	1	0	146	117	960	77	1167	341	175	0
	32	6	15	6	2	439	351	1440	462	1160	503	275	196
	33	10	30	10	5	732	586	2880	770	656	908	497	490
	34	2	10	2	1	146	117	960	154	408	539	369	98
	35	15	6	5	0	1099	879	576	385	48.5	224	123	0
TOTAL P4		35	71	24	8	2564	2051	6816	1848	3392	2518	1317	784
	36	2	10	1	0	146	117	960	77	1167	341	175	0

QUINTO PISO	37	6	15	6	3	439	351	1440	462	1160	503	275	294
	38	10	20	3	1	732	586	1920	231	235	314	215	98
	39	5	10	5	2	366	293	960	385	408	539	369	196
	40	5	15	5	2	366	293	1440	385	589	593	385	196
TOTAL P5		28	70	20	8	2051	1641	6720	1540	3560	2293	1422	784
SEXTO PISO	41	2	10	2	2	146	117	960	154	787	341	187	196
	42	7	15	7	5	512	410	1440	539	1160	503	275	490
	43	10	30	10	1	732	586	2880	770	791	796	423	98
	44	8	15	8	4	586	468	1440	616	441	652	446	392
TOTAL P6		27	70	27	12	1831	1465	6720	1925	2393	1951	1146	1176
SEPTIMO PISO	45	2	20	2	1	146	117	1920	154	1797	526	270	98
	46	5	15	5	2	366	293	1440	385	1106	323	221	196
	47	5	10	5	2	366	293	960	385	153	202	138	196
	48	5	15	5	3	366	293	1440	385	473	476	309	294
	49	5	15	5	3	366	293	1440	385	383	566	387	294
TOTAL P7		22	75	22	11	1611	1289	7200	1694	3914	2095	1328	1078
OCTAVO PISO	50	1	10	1	0	73	58	960	77	1290	377	193	0
	51	5	15	5	2	366	293	1440	385	1160	503	275	196
	52	10	15	6	3	732	586	1440	462		0	0	294
	53	15	10	10	1	1099	879	960	770	319	427	292	98
	54	1	4	1	1	73	58	384	77	129	170	116	98
	55	3	10	2	1	219	175	960	154	142	188	129	98
	56	2	6	2	1	146	117	576	154	200	143	98	98
	57	2	6	2	1	146	117	576	154	219	157	107	98
	58	4	6	4	1	293	234	576	308	231	165	113	98
TOTAL P8		43	82	33	11	3150	2520	7872	2541	3694	2135	1328	1078
	59	5	10	5	2	366	293	960	385	1082	341	222	196

NOVENO PISO	60	6	15	6	2	439	351	1440	462	1160	503	275	196
	61	20	50	20	5	1465	1172	4800	1540	1439	1448	941	490
TOTAL P9		31	75	31	9	1904	1523	7200	2002	2599	1951	1217	882
DECIMO PISO	62	1	10	1	1	73	58	960	77	1167	341	175	98
	63	7	15	7	3	512	410	1440	539	1160	503	275	294
	64	100	50	5	0	7326	5861	4800	385	1439	1448	941	0
TOTAL P10		108	75	13	4	7912	6330	7200	1001	3766	2293	1392	392
ONCEAVO PISO	65	2	10	2	1	146	117	960	154	787	341	187	98
	66	5	15	5	2	366	293	1440	385	1160	503	275	196
	67	50	50			3663	2930	4800	0	1439	1448	941	0
TOTAL P11		57	75	5	2	4029	3223	7200	385	2599	1951	1217	196

Tabla 16: Detalle de cargas obtenidas para cada sección.

C = computadoras

O = orientación

rv = radiación en ventanas

cp = conducción en paredes

Ql p = calor latente de personas

Qs p = calor sensible de personas

Qt p = calor total de personas

Adicional al método detallado, se ha utilizado el software “Energy Pro”, para determinar las cargas térmicas de los ambientes. Este programa permite realizar una programación gráfica (Figura 14), en donde se insertan las condiciones atmosféricas de la ciudad, las características del edificio, tales como tipo de paredes, espesor, orientación, áreas y coeficientes de transferencia de las mismas. Dichas especificaciones deben considerarse también para las ventanas de las secciones. Adicional, en el lado derecho de la Figura 14, se observa que se cuenta con las diversas opciones, en donde se especifica el tipo de uso que se dará al espacio a climatizar, seleccionando para cada aplicación la opción de ambientes de oficina, de esta manera se considera la carga debida a personas, aplicaciones electrónicas y luces.

En la imagen, se puede apreciar la distribución realizada para el tercer y cuarto piso del Edificio, en la misma se observa que cada sección cuenta con un sistema propio, los que a su vez pertenecen a una sola unidad condensadora.

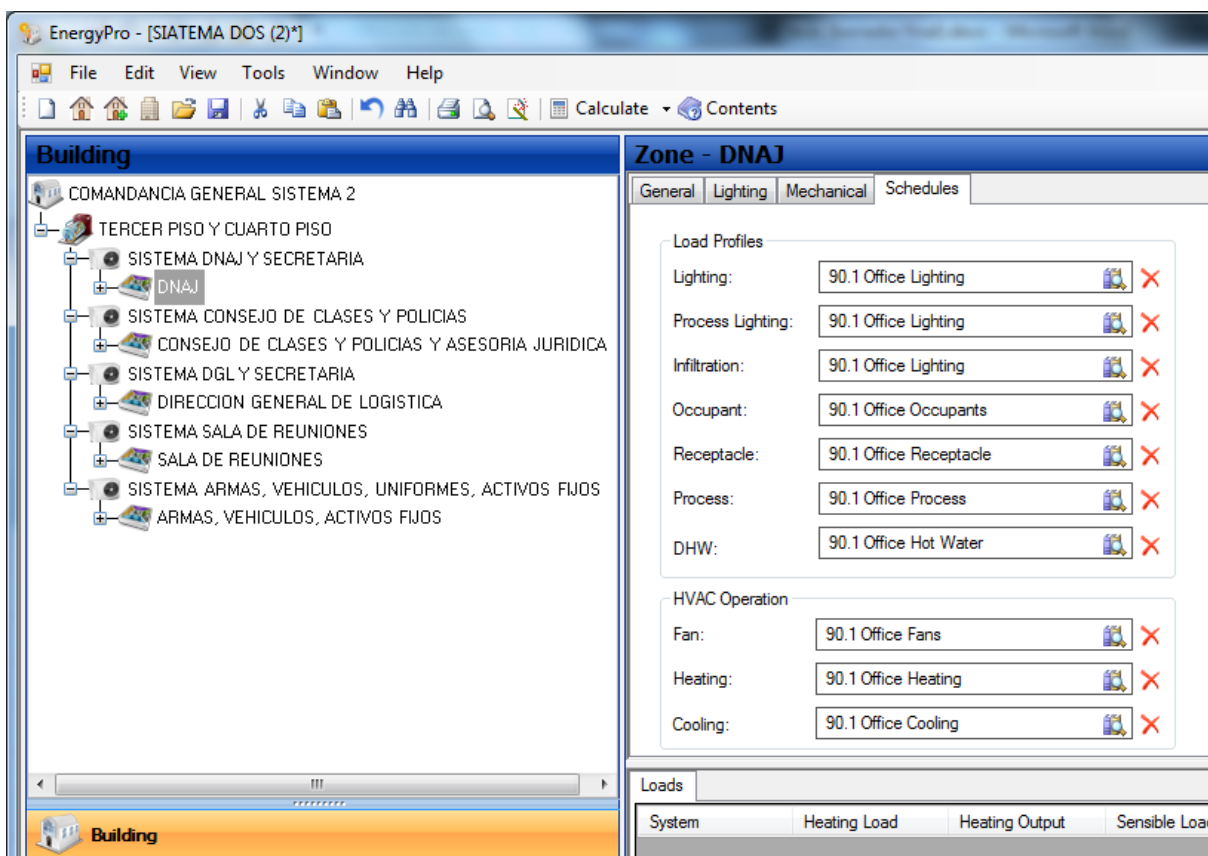


Figura 12: Esquema del tercer y cuarto piso del Edificio de la Comandancia General de la Policía Nacional (Energy Pro).

En la figura 15, se establecen las condiciones específicas de cada sección, se tiene para el caso de la Dirección de Asesoría Jurídica y Secretaría, el detalle de cada pared y ventana, así como las luces con que cuenta el ambiente.

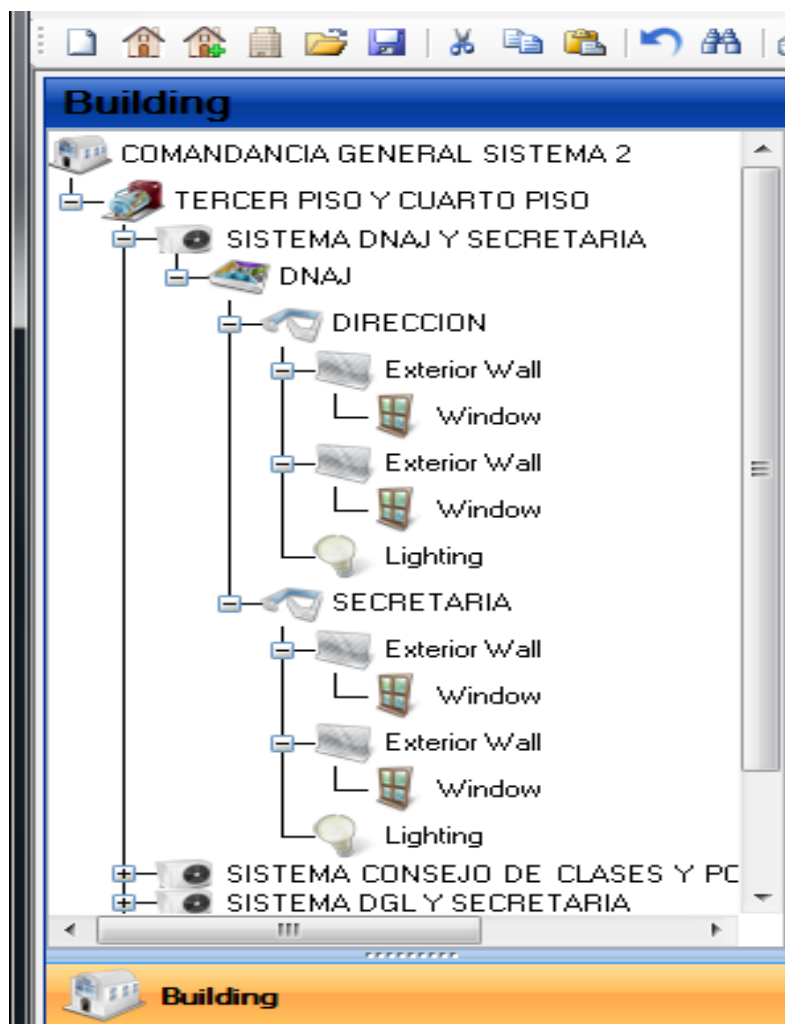


Figura 13: Esquema de la Dirección Nacional de Asesoría Jurídica y Secretaría, secciones 24 y 25, Tabla15. (Energy pro)

Los resultados obtenidos con el programa de cálculo y mediante el método teórico del sistema número dos (tercero y cuarto pisos, de las secciones 24 hasta la 35, tabla 15), se muestran en la siguiente tabla:

Sección	Utilización	Carga Térmica Energy Pro (Btu/h)	Carga Térmica Teórica (Btu/h)	Área (m ²)	Relación CT Energy Pro /Área (Btu/m ²)	Relación CT Teórica /Área (Btu/m ²)
24	D. N. A. J.	9754	10603.2481	33,4	292	317
25	Secretaría D. N. A. J.	15518	16913.4249	57,5	270	294
26	Consejo de Clases y Policías	18851	18865.7814	70,6	267	267.2
27-30	Asesores y Asistentes	37936	39000	121,7	312	320
31	D. G. L.	10707	10192.9786	33,3	320,5	306
32	Secretaría D. G. L.	15931	16487.129	57,4	277	287
33,34	Vehículos, Uniformes, Activos Fijos	33260	35213	159,6	208	220
35	Sala de Reuniones	6177	11318	16,9	365,5	669

Tabla 17: Datos obtenidos mediante software “Energy Pro” y de manera teórica, así como la relación entre carga térmica y área.

La utilización de un software, permite tener un respaldo de las cargas térmicas determinadas mediante el método teórico. Sin embargo, es importante recalcar que el programa utiliza estándares internacionales de construcción para paredes y considera vidrios reflectivos para las ventanas. Además se basa en una distribución específica de densidad de área para personas en espacios de oficina de 10 personas por cada 92,9 m² (Energy Pro, Library). Por lo que es conveniente que un profesional que se encuentre a cargo de la determinación de las cargas de los ambientes de un espacio a climatizar, considere el uso real que se dará a las instalaciones, para evitar errores en la selección de equipos. Lo indicado, especialmente porque en los ambientes de oficina o salas de reuniones, en la realidad se tiende a sobrepasar por mucho dicha relación de personas por área, y esto podría ocasionar que se cometan errores en la

determinación de los equipos de climatización. Por lo que es recomendable una verificación del técnico en los ambientes.

Adicional, existe un método tradicional de estimación de carga, frecuentemente utilizado por los profesionales en el área de aire acondicionado. Consiste en estimar un total de 400 Btu/m², adicionando la carga debida a personas y aplicaciones, con un valor de 150 Btu/ persona y 150 Btu por equipos de oficina y luminarias. Mediante ésta estimación, se obtienen valores que sobredimensionan los valores de carga y por tanto los equipos también poseen una capacidad exagerada, generando así un desaprovechamiento de recursos. Lo mencionado se puede apreciar en el siguiente ejemplo:

Se considera la sección 26 de la Tabla 15, H. Consejo de Clases y Policías, los valores de carga térmica encontrados para el ambiente mediante el método teórico y con el software Energy Pro, se encuentran en la Tabla 17.

Mediante el método tradicional, para la sección 26, con un área de 70,6 m², 10 ocupantes y 8 aplicaciones electrónicas, se encontraría el siguiente valor:

$$Q_{\text{sección 26}} = 400 \frac{\text{Btu}}{\text{m}^2} \times 70,6 \text{ m}^2 + 150 \text{ Btu} \times 10 \text{ personas} + 150 \text{ Btu} \times 8 \text{ equipos}$$

(Ec. 2.12)

$$Q_{\text{sección 26}} = (28.240 + 1.500 + 1.200) \text{ Btu}$$

$$Q_{\text{sección 26}} = 30.940 \text{ Btu}$$

La variación en las estimaciones de carga térmica es considerable. Al observar los valores detallados en la Tabla 17, se cuenta con un estimado de 18.851 (Btu) mediante la simulación y 18.865 (Btu) a través de las ecuaciones teóricas, con lo que se selecciona un equipo interior de tipo cassette de cuatro vías PLFY-P50VBM-E o similares, con una capacidad de 19.100 (Btu). Mientras que al aplicar el método común de estimación de carga térmica, se cuenta con un valor de 30.940, ante lo cual se habría seleccionado un equipo interior de tipo cassette de cuatro vías PLFY-P80VBM-E o similares, con una capacidad de 30.700 (Btu). Selección que generaría un gasto mayor en la compra e instalación de los equipos de climatización.

CAPÍTULO 3

SELECCIÓN DE EQUIPOS

Los equipos de climatización que se seleccionen, deben tener la capacidad suficiente, para satisfacer la carga térmica que se produce en cada una de las secciones del edificio y garantizar así, que las instalaciones brinden las condiciones de confort adecuadas para los funcionarios que laboran en el edificio. En el estudio de la presente tesis, se han considerado los equipos de Refrigerante de Flujo Variable (VRF) marca Mitsubishi o similares, pero esto no conlleva a ningún tipo de condicionamiento en cuanto a equipos, en el caso de que el proyecto sea puesto en ejecución. En la Tabla 18, se puede apreciar la distribución de los equipos seleccionados, en base a la carga en cada sección y planta del edificio.

3.1 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DE FLUJO VARIABLE:

Una de las ventajas de los sistemas (VRV) o de flujo de refrigerante variable, es brindan la facilidad de lograr instalar varios equipos interiores o evaporadores a una sola unidad exterior o condensadora. El sistema utiliza un refrigerante que circula a través de tuberías aisladas. Una ventaja de este tipo de sistemas, permite controlar la cantidad de refrigerante que circula y tener ambientes fríos y calientes de manera simultánea (Ecu RED). Además, brindan una serie de ventajas como “facilidad de diseño, flexibilidad, eficiencia energética, fiabilidad, facilidad de instalación, reducido mantenimiento, silencioso, facilidad de uso y respetuoso al medio ambiente. El parámetro o variable que se modifica en estos sistemas es el caudal o flujo del refrigerante, que se regula gracias a diversas tecnologías en los compresores (Inverter) y a las válvulas de expansión electrónicas (EXV–ElectronicExpansionValve) o válvulas de modulación de impulsos (PMV- Pulse Motor Valve), incorporadas en unidades interiores y exteriores, con el fin de ajustar la capacidad a la demanda.” El principal objetivo entregar a cada unidad interior, la cantidad de refrigerante necesaria para satisfacer la necesidad del espacio interior que necesita ser climatizado. Así se optimiza el sistema y se logra que el funcionamiento no sea el máximo en cada utilización del mismo.

“Estos sistemas son ideales para aplicaciones de carga variable, ya que el régimen del compresor Inverter se adapta a la variabilidad de la carga térmica del edificio. Las principales

aplicaciones comerciales y residenciales son en oficinas, hoteles, comercio, viviendas unifamiliares, remodelaciones de edificios, etc.”

3.1.1 CLASIFICACIÓN

1. Sólo frío: se entrega solamente potencia de refrigeración.
2. Bomba de Calor: las unidades evaporadoras funcionan entregando frío o calor al ambiente.
3. Recuperación de calor: permiten de manera simultánea, entregar frío y calor de manera simultánea a los ambientes que se requiere climatizar, y dependiendo de las necesidades internas de los mismos. De esta manera, en épocas con temperaturas intermedias, es posible contar con un ambiente que reciba calefacción y a la vez con otros que reciban refrigeración.

El tipo de equipo seleccionado es el de recuperación de calor, debido a las ventajas que presenta contar con ambientes fríos y cálidos de manera simultánea, lo que resulta muy conveniente para ciudades con condiciones climáticas como las de la ciudad de Quito.

3.1.2 GENERALIDADES Y COMPONENTES

Como se indicó anteriormente, los sistemas de flujo de refrigerante variable facilitan la conexión de varios equipos internos o evaporadores, a través de un esquema de 2 tuberías de cobre aisladas. Para el tipo de equipos de recuperación de calor, es necesaria la utilización de un grupo de 3 tuberías desde la condensadora, hasta las cajas repartidoras y de 2 tuberías desde las últimas, hasta los equipos evaporadores.

“Se puede decir, que los sistemas VRF derivan de los llamados sistemas Multi-split utilizando la tecnología Inverter y válvulas de expansión electrónicas para conseguir un control continuo del caudal de refrigerante en función de la demanda de la instalación.”

“Frente a los sistemas convencionales que operan con corriente alterna y regulan la temperatura conectando o apagando el compresor, los sistemas de tecnología Inverter, como los VRF, son capaces de variar la corriente en el compresor de alterna a continua para ajustar su capacidad a la demanda energética. Con la tecnología Inverter se consiguen grandes ahorros energéticos, gracias a la regulación del compresor, reducidos niveles sonoros, alta

fiabilidad (se reducen los ciclos marcha/paro), se alcanza antes la temperatura deseada y se reducen las fluctuaciones de temperatura (mayor confort).”

El sistema Inverter, cuenta con los siguientes componentes:

- Convertidor: tiene la función de convertir la corriente alterna (CA) en corriente continua (CC).
- Inverter: es el elemento más importante del sistema, se trata de un dispositivo de control electrónico, que se encuentra en la condensadora y permite cambiar la frecuencia de la corriente, y con ello cambiar la velocidad en el compresor.
- Compresor: es un compresor de velocidad variable, lo que facilita que el equipo modifique su capacidad en función de la necesidad de climatización.

Respecto a los equipos condensadores, se tienen sistemas de bloques. En dichos sistemas de bloque, se puede contar con varios equipos, lo que permite obtener la potencia requerida para satisfacer la necesidad de las unidades interiores. Adicional, una ventaja importante de las condensadoras tipo VRF, es que permite conectar hasta 30 unidades evaporadoras, lo que resulta conveniente para instalaciones con la necesidad de instalación de varios equipos internos. Pueden ser ubicadas en el exterior o al interior del edificio, con distancias mínimas de 2 cm entre cada una. (FOROFRÍO)

En base a lo expuesto, y con la finalidad de satisfacer la demanda de cada uno de los ambientes a climatizar, se han seleccionado equipos de climatización de tipo VRF (Mitsubishi o similares), en sus unidades interiores y exteriores. Los mismos que se detallan a continuación, para cada uno de los ambientes del Edificio de la Comandancia General. En la Tabla 18, mostrada a continuación, se aprecia que los equipos seleccionados para los ambientes, sobrepasan la carga térmica en un valor en promedio, cercano al 10 %, lo que permite tener una certeza de que la capacidad de los mismos van a satisfacer la necesidad, incluso si se presenta un incremento.

		Carga térmica (Btu/h)	EQUIPOS			
			EVAPORADOR	CAPACIDAD EVAPORADOR (Btu/h)	CAPACIDAD CONDENSADOR (Btu/h)	
PLANTA BAJA						
1	Prevención	10.592	PLFY-P32VBM-E	12.300	PUHY- P450THM-A(- BS) 170.600	
2	Recepción documentos Comando General	6.003	PLFY-P20VLMD-E	7.500		
3	Jefatura financiera	24.165	PEFY-P63VMH-E	24.200		
4	Recepción de documentos diferentes departamentos	11.459	PLFY-P32VBM-E	12.300		
TOTAL PLANTA BAJA		52.220		56.300		
MEZZANINE						
5	Equipo de contraloría	11.625	PLFY-P32VBM-E	12.300		
6	Secretaría Dirección Nacional Financiera (DNF)	17.739	PLFY-P50VBM-E	19.100		
7	Personal DNF sala 1	23.771	PLFY-P63VBM-E	24.200		
8	Personal DNF sala 2	16.663	PLFY-P50VBM-E	19.100		
9	Recepción documentos Dirección General de Personal (DGP)	4.833	PEFY-P63VMH-E	24.200		

10	Archivo DGP	1.761				
14	Proceso de registros DGP	15.024				
11	Planeamiento DGP	5.488				
12	Sistemas informáticos DGP y Data Center	15.024	PEFY-P63VMH-E	24.200		
13	Órdenes generales	3.727				
	TOTAL MEZZANINE	115.659		123.100		
	PRIMER PISO					
15	Despacho DGP	10.348	PLFY-P32VBM-E	12.300	PUHY-P450TSHM-A(-BS) * 170.600	
16	Subdirección y Secretaría DGP	17.987	PEFY-P50VMH-E	19.100		
17	Informes Jurídicos, Difusión, Licencias y Permisos	40.598	PEFY-P125VMH-E	47.800		
18	Proceso de Designación y Traslado de Personal	12.664	PLFY-P40VMH-E	15.400		
19	Jefatura y Archivo DGP	6.537	PLFY-P20VBM-E	7.500		
	TOTAL PRIMER PISO	88.136		102.100		
	SEGUNDO PISO					
20	Despacho Comandante General Temporal (CG)	9.818	PLFY-P32VBM-E	12.300		
21	Ayudantía y Sala de Reuniones	16.902	PEFY-P50VMH-E	19.100		
22	Auditoría Interna	41.527	PEFY-P125VMH-E	47.800		
23	Jefatura Auditoría Interna	11.483	PLFY-P32VBM-E	12.300		
	TOTAL SEGUNDO PISO	79.731		91.500		
	TERCER PISO					
24	Despacho Dirección Nacional de Asesoría Jurídica	10.603	PLFY-P32VBM-E	12.300		
25	Secretaría DNAJ	17.913	PEFY-P50VMH-E	19.100		

26	H. Consejo de Clases y Policías	18.865			PUHY-P450THM-A(-BS) 170.600
27	Asesoría Jurídica Consejo Superior	8.088	PEFY-P140VMH-E	54.600	
28	Asesoría Jurídica Consejo de Generales	8.730			
29	Asesoría Jurídica Consejo de Clases y Policías	7.825			
30	Asistentes	14.355			
	TOTAL TERCER PISO	86.383		86.000	
	CUARTO PISO				
31	Despacho Dirección General de Logística (DGL)	10.192	PLFY-P32VBM-E	12.300	
32	Secretaría DGL	16.487	PEFY-P50VMH-E	19.100	
33	Sección vehículos, contabilidad, armas, uniformes, activos fijos	25.678	PEFY-P100VMH-E	38.200	
34	Sub director y secretaría	9.535			
35	Sala de Reuniones	11.388	PLFY-P32VBM-E	12.300	
	TOTAL CUARTO PISO	72.696		81.900	
	QUINTO PISO				
36	Jefatura de Estado Mayor	10.192	PLFY-P32VBM-E	12.300	PUHY-P500TSHM-
37	Secretaría del Estado Mayor	16.821	PEFY-P50VMH-E	19.100	
38	H. Consejo Superior	14.794	PLFY-P40VBM-E	15.400	
39	Asesoría Jurídica y Secretaría	12.009	PEFY-P71VMH-E	27.300	
40	Planificación del Estado Mayor	14.509			
	TOTAL QUINTO PISO	68.327		74.100	
	SEXTO PISO				
41	Jefe de Secretaría del Comando General	9.867	PLFY-P32VBM-E	12.300	
42	Secretaría Comando General	18.204	PEFY-P50VMH-E	19.100	

43	H Consejo de Generales	24.164			A(-BS) * 191.100
44	Secretaría H Consejo de Generales	17.218	PEFY-P125VMH-E	47.800	
	TOTAL SEXTO PISO	63.533		79.200	
	SEPTIMO PISO				
45	Despacho Comandante General	17.171	PLFY-P50VBM-E	19.100	
46	Edecán y Secretaría	14.789	PEFY-P40VMH-E	15.400	
47	Ayudantes Comando General	9.198			
48	Compras Públicas	13.788			
49	Asesoría Jurídica Comando General	14.055	PEFY-P100VMH-E	38.200	
	TOTAL SEPTIMO PISO	69.003		72.700	
	OCTAVO PISO				
50	Despacho Dirección General de Operaciones (DGO)	10.348	PLFY-P32VBM-E	12.300	PUHY-P450THM-A(-BS) * 170.600
51	Secretaría DGO	15.773	PEFY-P50VMH-E	19.100	
53	Sala de Operaciones	12.000	PLFY-P32VBM-E	12.300	
54	Subdirección	16.541	PLFY-P50VBM-E	19.100	
52	Planificación de Operaciones	3.782			
55	Jefe de planificación y Operaciones Policiales y Sección Organización	7.062	PEFY-P80VMH-E	30.700	
56	Jefe de Instrucción Auxiliar	5.241			
57	Operaciones Psicológicas	5.382			
58	Evaluación y Estadística	6.897			
	TOTAL OCTAVO PISO	83.030		93.500	
	NOVENO PISO				
59	Planificación del Ministerio del	13.134	PLFY-P40VBM-E	15.400	

	Interior					
60	Secretaría de Planificación del Ministerio del Interior	16.487	PEFY-P50VMH-E	19.100		
61	Coordinación de Operaciones Zonas Seguras - ECU 911	45.395	PEFY-P125VMH-E	47.800		
	TOTAL NOVENO PISO	75.016		82.300		
	DECIMO PISO					
62	Departamento de Asuntos Internacionales	10.077	PLFY-P32VBM-E	12.300	PUHY-P450TSHM-A(-BS) * 170.600	
63	Secretaría Asuntos Internacionales	17.534	PEFY-P50VMH-E	19.100		
64	Auditorio	75.799	PEFY-P200VMH-E	76.400		
	TOTAL DECIMO PISO	103.412		107.800		
	UNDÉCIMO PISO					
65	Jefatura de Comunicación Estratégica y Protocolo	9.532	PLFY-P32VBM-E	12.300		
66	Departamento de Comunicación Estratégica y Protocolo	15.773	PEFY-P50VMH-E	19.100		
67	Comedor y Casino	51.972	PEFY-P140VMH-E	54.600		
	TOTAL UNDÉCIMO PISO	77.277		86.000		

Tabla 18: Distribución de equipos de climatización de flujo variable de refrigerante (interiores y exteriores), en cada una de las secciones y plantas del edificio.

*** Una máquina exterior o condensadora puede trabajar con cargas de ambientes que sobre pasen hasta un 20% de su capacidad.**

CAPÍTULO 4

ESPECIFICACIONES Y DETALLES DE INSTALACIÓN

4.1 GENERALIDADES

Para la instalación de los equipos de climatización, se cumplirán las especificaciones establecidas en los códigos de ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers), SMACNA (Sheet metal and Air Conditioning Engineers), ASTM (American Society for Testing Materials), ASME (American Society of Mechanical Engineers).

4.2 ESPECIFICACIONES POR EQUIPOS

Las especificaciones con respecto a los equipos seleccionados para las secciones del edificio, se detallan en la tabla Nro. 19 y 20, el resto de características técnicas, se encuentran en el anexo.

TIPO	EQUIPO	TUBERÍA DE REFRIGERANTE Ø (in)		DRENAJE (in)	PESO (lb) UNIDAD + PANEL	CFM	NIVEL SONORO (dB)	FUENTE DE PODER (V / Hz)
		GAS	LÍQUIDO					
CASSETTE 4 VÍAS	PLFY-P32VBM-E	½	¼	1-1/4	49+13	388/494	27/31	200/60
	PLFY-P40VBM-E	½	¼	1-1/4	49+13	424/565	27/31	200/60
	PLFY-P50VBM-E	1/2-5/8	1/4-3/8	1-1/4	49+13	424/565	27/31	200/60
	PLFY-P63VBM-E	5/8	3/8	1-1/4	51+13	494/636	28/32	200/60
	PLFY-P80VBM-E	5/8	3/8	1-1/4	51+13	565/777	30/37	200/60
FANCOIL BAJA PRESIÓN	PEFY-P40VMS1(L)	½	¼	1-1/4	51/53	282/388	28/33	200/60
	PEFY-P50VMS1(L)	½	¼	1-1/4	51/53	335/459	30/35	200/60
	PEFY-P63VMS1(L)	5/8	3/8	1-1/4	60/62	424/583	30/36	200/60
FANCOIL	PEFY-P200VMH-E	¾	3/8	1-1/4	221	989	40/43	220/60
	PEFY-P71VMH-E	5/8	3/8	1-1/4	111	547/777	35/41	220/60

ALTA PRESIÓN	PEFY-P80VMH-E	5/8	3/8	1-1/4	111	636/883	38/43	220/60
	PEFY-P100VMH-E	5/8	3/8	1-1/4	155	936/1342	38/44	200/60
	PEFY-P125VMH-E	5/8	3/8	1-1/4	155	936/1342	38/44	200/60
	PEFY-P140VMH-E	5/8	3/8	1-1/4	155	989/1413	38/44	200/60

Tabla Nro. 19 contiene las especificaciones técnicas de los equipos internos (evaporadores) seleccionados. (Tomado de CITY MULTI)

TIPO	EQUIPO	TUBERÍA DE REFRIGERANTE (in)		PESO (lb)	CFM	NIVEL SONORO (dB)	FUENTE DE PODER (V/Hz)
		GAS	LÍQUIDO				
CONDENSADOR	PUHY-P400THM-A(-BS)	1-1/8	1/2	529	7.945	61	3 fases 208-220- 230/60
	PUHY-P450THM-A(-BS)	1-1/8	5/8	529	7.945	62	3 fases 208-220- 230/60
	PUHY-P500THM-A(-BS)	1-1/8	5/8	816	13.064	60	3 fases 208-220- 230/60

Tabla Nro. 20 contiene las especificaciones técnicas de los equipos externos (condensadores) seleccionados. (Tomado de CITY MULTI)

4.3 INSTALACIÓN DE EQUIPOS

4.3.1 EQUIPOS TIPO CASSETTE

La instalación de las unidades interiores o evaporadores de tipo Cassette, debe ajustarse a las normas de seguridad y normas de instalación que se detallan a continuación.

4.3.1.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Los equipos serán instalados por el distribuidor autorizado.
- Instalar los equipos en lugares que tengan la capacidad de soportar su peso.
- Las conexiones eléctricas, deberán ser realizadas por un técnico autorizado y con los equipos específicos.
- No utilizar los tubos existentes, cuando se utilice refrigerante R410A o R407C.
- Utilizar aceite de éster, aceite o alquilobenceno (en cantidades reducidas) como aceite de refrigerador para recubrir las conexiones abocinadas y bridadas.
- No tocar las tuberías de refrigerante durante el funcionamiento del equipo.
- No accionar los equipos el momento que se haya extraído los paneles y protecciones.
- Instalar la unidad a por lo menos 2,4 m sobre el nivel del piso.

4.3.1.2 INSTALACIÓN DE EQUIPOS

- Utilizar tornillos de suspensión de 3/8.
- Instalar la unidad tomando en cuenta que no quede espacio entre el panel de techo y la rejilla y entre el panel principal y la rejilla.
- Cuando se instale la tubería de conducción, ésta debe ser aislada para evitar condensación y goteos.
- El techo donde se instalará los equipos debe ser totalmente horizontal, en el caso de techos inclinados se deben instalar montajes que permitan tener el equipo de forma horizontal.
- Los tornillos de sujeción deben tener arandelas (con aislamiento), arandelas (sin aislamiento) y tuercas dobles.
- Se debe confirmar que la unidad este nivelada horizontalmente mediante el uso de un

nivel o un tubo de vinilo relleno de agua.

- Las tuberías de líquido y gas deben estar envueltas con material aislante (resistente al calor hasta 100 °C, 212 °F o más, espesor de 12 mm, 1/2 pulgada o más).
- Las piezas interiores del tubo de drenaje tienen que estar envueltas en materiales aislantes de espuma de polietileno (gravedad específica de 0,03 y espesor de 9 mm, 23/64 pulgada o más).
- Aplique una capa delgada de aceite refrigerante a la superficie del tubo y de la junta del asiento antes de apretar la tuerca de abocardado.
- Utilizar dos llaves de apriete para apretar las conexiones de los tubos.
- Utilizar el aislante de tubería de refrigerante suministrado para aislar las conexiones de la unidad interior.
- Envolver la cubierta adjunta del tubo de mayor tamaño alrededor del tubo de gas, asegurándose de que el extremo de la cubierta del tubo entre en contacto con el lateral de la unidad.
- Envolver la cubierta adjunta del tubo de menor tamaño alrededor del tubo de líquido, asegurándose de que el extremo de la cubierta del tubo entre en contacto con el lateral de la unidad.
- Asegurar ambos extremos de cada cubierta del tubo con las uniones adjuntas (colocar las uniones a 20 mm, 25/32 pulgada de los extremos de la cubierta del tubo).
- Después de haber conectar los tubos de refrigerante a la unidad interior, se debe realizar una prueba de fuga de gas de las conexiones de los tubos con gas nitrógeno.
- Para la tubería de drenaje se debe utilizar VP25 (tubo de PVC de $\varnothing 32$ mm, 1-1/4 pulgadas) para el tubo de drenaje y prever una pendiente de descenso de 1/100 o más. Esta tubería se conecta al tubo de drenaje.
- Conectar las juntas de los tubos con un adhesivo de tipo polivinilo y comprobar que el líquido circule libremente.(LINKDRIVE)

4.3.2 EQUIPOS TIPO FANCOIL

Las unidades interiores o evaporadores de tipo Fancoil, al igual que las de tipo Cassette, deben ser instaladas cumpliendo las normas de seguridad y de instalación requeridas.

4.3.2.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD

- Los equipos serán instalados por el distribuidor autorizado.
- Instalar los equipos en lugares que tengan la capacidad de soportar su peso.
- Las conexiones eléctricas, deberán ser realizadas por un técnico autorizado y con los equipos específicos autorizados por Mitsubishi o similares.
- No tocar los intercambiadores de calor.
- Si el gas refrigerante escapa durante los trabajos de instalación, se debe ventilar el espacio.
- No se debe colocar un refrigerante diferente del especificado en el manual del equipo (R410A).
- Verificar que no existan fugas de gas en los equipos, debido a que al entrar en contacto con fuentes de poder se pueden provocar reacciones químicas tóxicas.
- No utilizar los tubos existentes, cuando se utilice refrigerante R410A o R407C.
- Utilizar aceite de éster, aceite o alquilobenceno (en cantidades reducidas) como aceite de refrigerador para recubrir las conexiones abocinadas y bridadas.
- No tocar las tuberías de refrigerante durante el funcionamiento del equipo.
- No accionar los equipos el momento que se haya extraído los paneles y protecciones.
- Instalar la unidad a por lo menos 2,5 m sobre el nivel del piso.
- No encender los equipos hasta 12 horas después de haber sido instalados.

4.3.2.2 INSTALACIÓN DE EQUIPOS

- El lugar en el que se coloque el equipo, debe facilitar que el aire fluya hacia las esquinas del espacio, además se debe evitar colocar el equipo cerca de máquinas que trabajen a altas frecuencias.
- Instalar la unidad tomando en cuenta que no quede espacio entre el panel de techo y la

rejilla y entre el panel principal y la rejilla.

- El techo donde se instalará los equipos debe ser totalmente horizontal, en el caso de techos inclinados se deben instalar montajes que permitan tener el equipo de forma horizontal.
- Cuando se instale la tubería de conducción, ésta debe ser aislada para evitar condensación y goteos.
- Se debe confirmar que la unidad este nivelada horizontalmente mediante el uso de un nivel o un tubo de vinilo relleno de agua.
- Las tuberías de líquido y gas deben estar envueltas con material aislante (resistente al calor hasta 100 °C, 212 °F o más, espesor de 12 mm, 1/2 pulgada o más).
- Para la tubería de drenaje se debe utilizar VP25 (tubo de PVC de $\varnothing 32$ mm, 1-9/32 pulgadas) para el tubo de drenaje y prever una pendiente de descenso de 1/100 o más. Esta tubería se conecta al tubo de drenaje.
- Conectar las juntas de los tubos con un adhesivo de tipo polivinilo y comprobar que el líquido circule libremente.
- Los tornillos de sujeción deben tener arandelas (con aislamiento), arandelas (sin aislamiento) y tuercas dobles.
- Las piezas interiores del tubo de drenaje tienen que estar envueltas en materiales aislantes de espuma de polietileno (gravedad específica de 0,03 y espesor de 9 mm, 23/64 pulgada o más).
- Utilizar dos llaves de apriete para apretar las conexiones de los tubos.
- Utilizar el aislante de tubería de refrigerante suministrado para aislar las conexiones de la unidad interior.
- Envolver la cubierta adjunta del tubo de mayor tamaño alrededor del tubo de gas, asegurándose de que el extremo de la cubierta del tubo entre en contacto con el lateral de la unidad.
- Envolver la cubierta adjunta del tubo de menor tamaño alrededor del tubo de líquido, asegurándose de que el extremo de la cubierta del tubo entre en contacto con el lateral de la unidad.
- Después de haber conectar los tubos de refrigerante a la unidad interior, se debe

realizar una prueba de fuga de gas de las conexiones de los tubos con gas nitrógeno.
(LINKDRIVE)

CAPÍTULO 5

SISTEMA DE CONTROL

5.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente la mayoría de procesos en la industria, aplicaciones de edificios, departamentos, oficinas, centros de recreación, hogares y cualquier instalación que implique actividades de producción, trabajo, esparcimiento o cotidianas de las personas, tienen la tendencia hacia la automatización. Mediante la utilización de dispositivos de control moderno, podemos lograr una mayor eficiencia de servicio y optimización de los recursos empleados.

Una de las tantas aplicaciones existentes, la podemos hallar en los sistemas de climatización para edificios de oficinas. Mediante una programación adecuada, las tareas pueden ser dispuestas para que inicien con cierta anticipación, de manera que los usuarios de los espacios acondicionados, sea en horas de la mañana, tarde o noche, no sientan transición alguna al interior de sus ambientes, con respecto a los cambios de temperatura. Utilizando sistemas con realimentación, se pueden corregir los errores en las mediciones de temperatura y ajustar de una manera rápida y eficaz el funcionamiento de las unidades evaporadoras.

5.2 EQUIPOS SELECCIONADOS

- Control Remoto Individual
- Control Remoto Centralizado
- Interface

5.3 DETALLE DE LOS EQUIPOS SELECCIONADOS

5.3.1 CONTROL REMOTO INDIVIDUAL

Este tipo de dispositivos electrónicos, PAR-21MAA poseen las siguientes características

- Pantalla de cristal líquido de matriz de puntos, que muestra el estado operativo completo.

- Pantalla digital que permite realizar incrementos de temperatura de 1⁰C/⁰F.
- Temporizador semanal que permite realizar hasta 8 ajustes de temperatura por día, y con intervalos de 1 minuto.
- Se encuentra equipado con un termostato, lo que permite tener un control más efectivo sobre las condiciones de confort.
- Se puede limitar la temperatura, logrando ajustar la temperatura superior e inferior.
- Restringir los cambios de configuración.
- Monitoreo constante del malfuncionamiento en el sistema, al estar equipado con un auto diagnóstico, que permite conocer inmediatamente cualquier error de funcionamiento.(CITY MULTY)

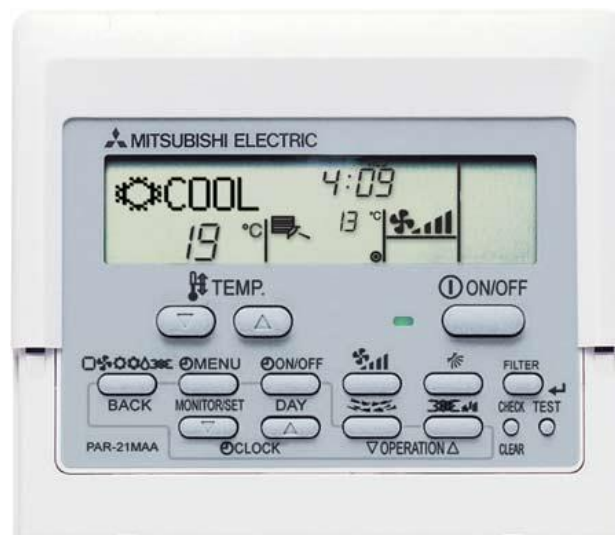


Figura 14: Dispositivo de control remoto individual. (Tomado de City Multy)

5.3.2 CONTROL REMOTO INALÁMBRICO

El equipo seleccionado, PAR-FL32MA, permite controlar las unidades interiores de una manera cómoda y directa por parte del usuario, presenta las siguientes características:

- No necesita que se configuren direcciones de grupo.
- Equipamiento luminoso que indica los errores de código mediante parpadeos de luz.

- Cambios de temperatura pueden incrementarse en 1 °C/ °F. (CITY MULTY)



Figura 15: Dispositivo de control remoto inalámbrico. (Tomado de City Multy)

5.3.3 CONTROL REMOTO CENTRALIZADO

Este tipo de controladores son muy comunes en edificios de oficinas, debido a que permiten un control central de todas las unidades interiores desde un centro de control u operación. El dispositivo AG-150A posee un panel táctil que permite visualizar todas las operaciones de control. (CITY MULTY)



Figura 16: Dispositivo de control remoto centralizado. (Tomado de City Multy)

5.3.4 INTERFACE (PLATAFORMA LONWORKS)

El sistema de control para los equipos de climatización seleccionados, se implementará a través de la plataforma LonWorks, desarrollada por Echelon. Los dispositivos controlados por esta plataforma están basados en un microcontrolador denominado Neuro Chip de tres procesadores, dos de los cuales son para comunicación y otro para aplicación.

La comunicación se realiza por el intercambio de paquetes de datos. Los diferentes dispositivos del sistema poseen una identificación única, que es analizada para verificar que corresponde a la dirección original. La plataforma de comunicación es independiente de cualquier medio, pudiendo funcionar sobre corrientes portadoras, fibra óptica o incluso radio.

Cada nodo de la red interactúa con otros como sensores o actuadores del sistema. De igual manera, el nodo se conecta a la red por medio de un transceptor (transmisor y receptor) que varía dependiendo del medio de transmisión, y que permite la comunicación entre el dispositivo y la red.

El sistema está basado en la idea de red de control, el cual es mucho más útil y flexible. Se basa en un grupo de nodos inteligentes interconectados entre sí. La flexibilidad de esta red permite tener acceso a todos los dispositivos, disminuyendo de esta manera costos de instalación y mantenimiento. (DOMÓTICA, 191)

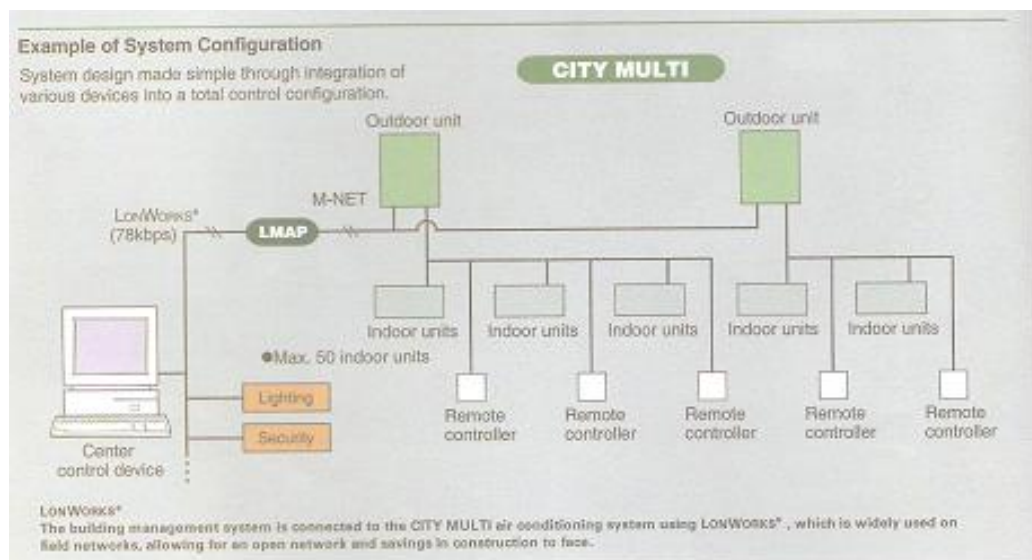


Figura 17: Esquema de la plataforma del sistema de control Lon Works (CITY MULTI).

CAPÍTULO 6

PRESUPUESTO REFERENCIAL

Para la elaboración del presupuesto referencial, se contactó con el representante de Mitsubishi, SEINGPROANO CIA. LTDA. La Tabla 21, contiene los valores de equipos de climatización, control centralizado, trabajos locales y mano de obra. La cotización no incluye el valor por concepto del IVA. Además se debe considerar un porcentaje del 10 % del total para imprevistos.

	UND	CANT.	V. UNITARIO U.S.D.	V.TOTAL MATERIAL- EQUIPO	MANO OBRA	V. TOTAL MANO OBRA
EQUIPOS VRV MITSUBISHI						
UNIDADES CONDENSADORAS						
UNIDAD EXTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO Mc. MITSUBISHI, Mod. PUHY-P400THM-A, Cap. 153,500 Btu, 208- 230/3/60	U	1.00	13,350.93	13,350.93	1,068.07	1,068.07
UNIDAD EXTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO Mc. MITSUBISHI, Mod. PUHY-P450THM-A, Cap. 170,600 Btu, 208- 230/3/60	U	4.00	15,017.28	60,069.10	1,201.38	4,805.53
UNIDAD EXTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO Mc. MITSUBISHI, Mod. PUHY-P500TSHM-A, Cap. 191,100 Btu, 208- 230/3/60	U	1.00	17,722.08	17,722.08	1,417.77	1,417.77
UNIDADES EVAPORADORAS						
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO CASSETTE DE 4 VIAS SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PLFY- P32VBM-E, Cap. 12,300 Btu, 208-230/1/60	U	15.00	1,656.72	24,850.78	132.54	1,988.06
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO CASSETTE DE 4 VIAS SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PLFY- P40VBM-E, Cap. 15,400 Btu, 208-230/1/60	U	3.00	1,796.88	5,390.63	143.75	431.25
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO CASSETTE DE 4 VIAS SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PLFY- P50VBM-E, Cap. 19,100 Btu, 208-230/1/60	U	4.00	1,811.25	7,245.00	144.90	579.60
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO CASSETTE DE 4 VIAS SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PLFY- P63VBM-E, Cap. 24,200 Btu, 208-230/1/60	U	1.00	1,947.81	1,947.81	155.83	155.83

UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO CASSETTE DE 2 VIAS SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PLFY-P20VLMD-E, Cap. 7,500 Btu, 208-230/1/60	U	2.00	1,566.88	3,133.75	125.35	250.70
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO FANCOIL SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PEFY-P40VMH-E, Cap. 15,400 Btu, 208-230/1/60	U	1.00	1,527.34	1,527.34	122.19	122.19
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO FANCOIL SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PEFY-P50VMH-E, Cap. 19,100 Btu, 208-230/1/60	U	10.00	1,563.28	15,632.81	125.06	1,250.63
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO FANCOIL SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PEFY-P63VMH-E, Cap. 24,200 Btu, 208-230/1/60	U	3.00	1,656.72	4,970.16	132.54	397.61
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO FANCOIL SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PEFY-P71VMH-E, Cap. 27,300 Btu, 208-230/1/60	U	1.00	1,771.72	1,771.72	141.74	141.74
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO FANCOIL SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PEFY-P80VMH-E, Cap. 30,800 Btu, 208-230/1/60	U	1.00	1,861.56	1,861.56	148.93	148.93
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO FANCOIL SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PEFY-P100VMH-E, Cap. 38,200 Btu, 208-230/1/60	U	2.00	2,084.38	4,168.75	166.75	333.50
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO FANCOIL SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PEFY-P125VMH-E, Cap. 47,800 Btu, 208-230/1/60	U	4.00	2,282.03	9,128.13	182.56	730.25
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO FANCOIL SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PEFY-P140VMH-E, Cap. 52,900 Btu, 208-230/1/60	U	2.00	2,537.19	5,074.38	202.98	405.95
UNIDAD INTERIOR DE AIRE ACONDICIONADO TIPO FANCOIL SIMILAR Mc. MITSUBISHI, Mod. PEFY-P72NMHSU-E, Cap. 72,000 Btu, 208-230/1/60	U	1.00	3,245.16	3,245.16	259.61	259.61
CONTROLES INDIVIDUALES Mc. MITSUBISHI MODELO PAR-U01MEDU-J	U	25.00	294.69	7,367.19	23.58	589.38
EQUIPOS VRV MITSUBISHI CONTROL CENTRALIZADO						
CONTROL CENTRALIZADO PARA EQUIPO DEL EDIFICIO	U	1.00	3,864.00	3,864.00	579.60	579.60
TRABAJOS LOCALES						

TUBERIA COBRE Diam: 1/4" FLEXIBLE +RUBATEX	m	72.80	9.94	723.63	4.00	291.20
TUBERIA COBRE Diam: 3/8" FLEXIBLE +RUBATEX	m	156.00	12.23	1,907.88	4.00	624.00
TUBERIA COBRE Diam: 1/2" FLEXIBLE +RUBATEX	m	80.70	14.22	1,147.55	4.00	322.80
TUBERIA COBRE Diam: 5/8" FLEXIBLE +RUBATEX	m	80.00	20.20	1,616.00	4.00	320.00
TUBERIA COBRE Diam: 3/4" FLEXIBLE +RUBATEX	m	16.00	35.57	569.08	4.50	72.00
TUBERIA COBRE Diam: 7/8" FLEXIBLE +RUBATEX	m	75.00	30.56	2,292.00	5.00	375.00
TUBERIA COBRE Diam: 1 1/8" FLEXIBLE +RUBATEX	m	75.00	39.56	2,967.00	7.00	525.00
REFRIGERANTE	LBL	50.00	7.10	355.00	3.20	160.00
DUCTOS DE TOL GALVANIZADO CON AISLAMIENTO	Kg	2,240.00	3.00	6,720.00	2.00	4,480.00
CABLE DE CONTROL	m	750.00	3.12	2,340.00	2.00	1,500.00
DRENAJES EQUIPOS	U	50.00	65.34	3,267.00	35.60	1,780.00
MANGUERA FLEXIBLE CON AISLAMIENTO DE 8"	m	590.00	8.30	4,897.00	3.30	1,947.00
REJILLA DE RETORNO DE 22" X 22"	U	34.00	53.15	1,807.10	7.20	244.80
DIFUSOR DE SUMINISTRO DE 12" X 12"	U	236.00	31.80	7,504.80	7.20	1,699.20
COSTOS INDIRECTOS, TRANSPORTE, DIRECCIÓN Y SUPERVICION TECNICA.	GBL	1.00			9,546.82	9,546.82

VALOR TOTAL EQUIPOS AIRE ACONDICIONADO:	US\$	207,977
VALOR TOTAL TRABAJOS LOCALES:	US\$	38,114
VALOR TOTAL MANO DE OBRA	US\$	39,544
VALOR TOTAL OFERTADO	US\$	285,635

Tabla 21: Presupuesto referencial de equipos interiores y exteriores, control centralizado del sistema, trabajos locales y mano de obra para la instalación del sistema de climatización del Edificio.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

1. Se cumplió con el objetivo general que fue el rediseñar el sistema de climatización del Edificio de la Comandancia General de la Policía Nacional. El sistema de acondicionamiento de aire seleccionado, cumple con los requerimientos actuales para espacios de oficina, debido a que permite tener ambientes fríos y cálidos de manera simultánea, de una manera más eficiente, gracias al aprovechamiento del calor sustraído de los ambientes internos, lo que es entregado a los ambientes que se desea tener una temperatura más alta. Esta dualidad es útil en lugares con condiciones climáticas como las de la ciudad de Quito, en donde podemos tener variaciones de temperatura considerables en un mismo día. La utilización del software DesignTool, permitió establecer las conexiones necesarias para el funcionamiento de los equipos seleccionados y los sistemas de control de los mismos. Mediante esta herramienta, se pudo determinar que la distribución planteada era la adecuada.
2. Las estimaciones de carga térmica de los espacios internos del Edificio de la Comandancia General de la P. N., presentan una ligera variación menor al 10% del valor cálculo por el programa Energy Pro, el cual es tolerable, debido a que el software utiliza estándares internacionales establecidos para determinar la densidad de ocupación en ambientes de oficina y salas de reuniones (10 personas por cada 92,9 m² aproximadamente).
3. La estimación obtenida mediante el método teórico de determinación de carga térmica, varía de la simulación realizada, por cuanto el programa utiliza estándares de construcción internacional actualizados (paredes aisladas y vidrios reflectivos), y debido a la antigüedad del Edificio (no se cuenta con paredes aisladas o vidrios reflectivos), se presentan ciertas variaciones que afectan en los resultados obtenidos.
4. El estudio psicrométrico realizado con el software ASHRAE Psychrometrics, permite obtener una apreciación clara de los cambios en sus propiedades termodinámicas que experimenta el aire desde que es absorbido del ambiente externo (24,5 °C y 70 % de humedad), luego cuando se mezcla con el aire interno (21,6 °C y 54 % de

humedad) pasando por el equipo de acondicionamiento de aire (5 °C y 98 % de humedad) y para obtener las condiciones de diseño esperadas (24,5 °C y 70 % de humedad). Tabla 8, Figura 12

5. Es importante en éste tipo de trabajos de ingeniería, apoyarse en programas de computadoras, básicamente debido a que así se optimiza el recurso humano y el presupuesto. Esto en base a la importante diferencia de cálculos con respecto a carga térmica mediante el método tradicional o empírico ocupado por los profesionales del área de climatización, y los datos obtenidos con el programa utilizado. A pesar de lo mencionado, se recalca que el análisis teórico es más exacto que los anteriores.

7.2 RECOMENDACIONES

1. La utilización de sistemas de acondicionamiento de aire de tipo inverter (frío-calor), representa una gran ventaja, debido a que se pueden tener ambientes cálidos y fríos de manera simultánea. Esto es útil en edificios como el de la Comandancia General de la Policía Nacional, debido a que los funcionarios que laboran en sus dependencias, suelen permanecer ejecutando sus funciones hasta altas horas de la noche.
2. Familiarizar a profesionales y estudiantes de Ingeniería Mecánica, en el área de Climatización, Refrigeración y Aire Acondicionado, con programas de cálculo de cargas térmicas, con la finalidad de optimizar recursos y tiempo de trabajo.
3. Fomentar la utilización de software de cálculo, para evitar la aplicación de métodos tradicionales, debido a que así se sobredimensionan las condiciones de los ambientes, lo que provoca que se seleccionen equipos de capacidades muy altas, elevando los presupuestos de instalación.
4. Al utilizar un software para determinar las cargas térmicas, es importante considerar que dichos programas consideran estándares de construcción internacional (paredes aisladas y vidrios reflectivos) y distribución de espacios (10 personas por cada 92,9 m²). Por lo que es muy importante que el técnico encargado de diseñar los sistemas de climatización de una instalación, realice una inspección en los ambientes y se considere las condiciones de uso, especialmente en lo referente a la cantidad de personas que van a ocupar los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2009). *HANDBOOK CD*. Atlanta.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2007). *Psychrometric Analysis, Version 6*. Atlanta.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2000). *Fundamentals of Heating and Cooling Loads*, Atlanta.

Cengel A. (2007). *TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA, Un enfoque práctico*, Tercera Edición. McGraw-Hill. Interamericana. México.

Cengel A., Boles A. (2006). *TERMODINÁMICA*, Quinta Edición. McGraw-Hill. Interamericana. México.

Dossat J. R. (1980). *PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN*, Segunda Edición. Editorial CONTINENTAL. México.

Ortega M, Peña P. (1996). *Cartas Psicrométricas*. Editorial IMPRIMA, Quito.

Ogata K. (2003), *Ingeniería de Control Moderna*, 4ª. Edición. PEARSON EDUCACIÓN S.A. Madrid.

Petrucci H. R, Harwood S. W, Herring F. G. (2003). Octava Edición. PEARSON EDUCACIÓN. Madrid.

Pita E, *ACONDICIONAMIENTO DE AIRE*, 2da. Edición.

Romero M, Vásquez S, Castro L. (2007). *Domótica e Inmótica, Viviendas y Edificios Inteligentes*, 2ª. Edición. Grupo Alfaomega. México.

MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION, AIR CONTIONING SYSTEMS CITY MULTI. Manual del Fabricante.

[1] <http://www.definiciones.com.entalpía>

[2] <http://www.galeon.com/hamd/pdf/1libro1.pdf>, 04 de abril de 2013, sistemas de control.

[3] <http://www.ecured.cu/index.php/Refrigerante>, abril de 2013, ECURED

[4] <http://es.slideshare.net/rocapadi/sistemas-variables-de-refrigeracion>, 29 de abril de 2013, ECU RED.

[5] <http://www.airguidemfg.com/td-19.pdf>, mayo de 2013, AIR GUIDE.

http://usa.mylinkdrive.com/uploads/documents/1458/document/PEFY-NMHU_Install

<http://www.google.com.ec/search?hl=es-419&q=ciclo%20de%20refrigeracion>, marzo de 2013, refrigeración doméstica: ciclos de refrigeración.

http://usa.mylinkdrive.com/uploads/documents/2883/document/PLFY-NBMU_Install, mayo de 2013, LINKDRIVE.

http://www.forofrio.com/index.php?option=com_content&view=article&id=93:sistemas-de-caudal-variable-de-refrigerante, 29 de abril de 2013, FOROFRÍO.

http://www.inifed.gob.mx/doc/NORMAS_TECNICAS

ANEXO A

A. 1

TABLA 6.1 DIFERENCIAS DE TEMPERATURA PARA CARGAS DE ENFRIAMIENTO (DTCE) PARA CALCULAR CARGAS DEBIDAS A TECHOS PLANOS, 1°F

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/h Ft ² ·°F	Hora solar, h																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
				Sin cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4.	Concreto pesado de 1 a 2 in con aislamiento de 2 in	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40
				Con cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de acero con aislamiento de 1 o 2 in	9 (10)	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	58	51	44	37	30	37	25
3.	Concreto ligero de 4 in	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
4.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 1 in	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
6.	Concreto ligero de 6 in	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	24	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
8.	Concreto ligero de 8 in	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
11.	Sistema de terrazas de techo	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32
12.	Concreto pesado con aislamiento de 1 a 2 in	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory*.

A. 2

TABLA 6.2 DIFERENCIAS DE TEMPERATURA PARA CARGA DE ENFRIAMIENTO (DTCE) PARA CÁLCULO DE CARGA DE PAREDES AL SOL, 1°F

Latitud norte, orientación de pared	Hora solar, h																								Hora de la DTCE máxima	DTCE mínima	DTCE máxima	Diferencia de DTCE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
Paredes grupo A																												
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	9	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14			
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20			
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25			
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24			
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20				
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	18	18	19	20	22	23	24	25	25				
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	18	18	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26				
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21				
Paredes grupo B																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	8	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15				
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20	21	21	21	20	20	20				
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	28	28	28	28				
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24				
S	20	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	23				
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28				
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	18	18	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26				
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	13	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	23	23	23				
Paredes grupo C																												
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	10	12	13	14	15	16	17	17	17				
NE	17	17	16	14	13	11	10	10	10	11	13	15	17	19	21	22	23	23	23	23	23	22	21	20				
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	30	30	30	30	29	28	27	26	24				
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	25	27	29	30	30	29	28	27	26	24	24				
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22					
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	11	12	13	15	18	22	26	29	32	33					
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	12	14	16	20	24	29	32	35	35	35					
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27					
Paredes grupo D																												
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	6	7	8	8	10	12	13	15	17	18	19	19	18				
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	25	26	26	25	25	24	23	22	20	18				
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22				
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	28	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22				
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22				
SW	28	25	22	19	16	14	13	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31				
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	30				
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27				
Paredes grupo E																												
N	12	10	8	7	5	4	3	4	3	4	3	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	22	20	18				
NE	13	11	9	7	6	4	3	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15				
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	35	36	38	39	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17				
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17				
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	3	0	13	19	24	29	32	34	33	31	28	26	23	20	17				
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	16	21	27	32	38	43	45	44	40	35	30				
W	26	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	16	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29				
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24				
Paredes grupo F																												
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	12	11				
NE	9	7	5	3	2	1	3	14	23	28	30	29	28	27	27	27	26	26	26	25	24	22	19	16				
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	13				
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12				
S	10	8	6	4	3	2	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12					
SW	15	11	9	6	5	3	2	4	5	8	11	17	26	35	44	53	52	45	37	28	23	18	15					
W	17	13	10	7	5	4	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21					
NW	14	10	8	6	4	3	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18					
Paredes grupo G																												
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	25	22	15	11	9	7				
NE	3	2	1	0	-1	0	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7					
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8					
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8					
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8					
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	26	17	13	10					
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11					
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10					

Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory.

A3

1. TABLA 6.3. DESCRIPCIÓN DE GRUPOS DE CONSTRUCCIÓN DE PAREDES

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/(h-ft ² -°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft ² -°F)
Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)				
C	Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
D	Ladrillo común de 4 in	90	0.415	18.4
C	Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
B	Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
B	Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
A	Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
Ladrillo de vista de 4 in + (Concreto pesado)				
C	Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
B	Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
A	Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
Ladrillo de vista de 4 in + (Bloque de concreto ligero o pesado)				
E	Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
D	Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
D	Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
C	Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
B	Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
Ladrillo de vista de 4 in + (Azulejo de barro)				
D	Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
D	Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
C	Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
C	Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
B	Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
A	Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
Pared de concreto pesado + (acabado)				
E	Concreto de 4 in	63	0.585	12.5
D	Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
C	Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
C	Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
B	Concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
A	Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
E	Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
A	Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3
Bloque de concreto ligero y pesado + (acabado)				
F	Bloque de 4 in + espacio de aire o aislamiento	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
E	Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
E	Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
D	Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
Azulejo de barro + (acabado)				
F	Azulejo de 4 in	39	0.419	7.8
F	Azulejo de 4 in + espacio de aire	39	0.303	7.8
E	Azulejo de 4 in + aislamiento de 1 in	39	0.175	7.9
D	Aislamiento de 2 in + azulejo de 4 in	40	0.110	7.9
D	Azulejo de 8 in	63	0.296	12.5
C	Azulejo de 8 in + espacio de aire o aislamiento de 1 in	63	0.151-0.231	12.6
B	Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	63	0.099	12.6
Pared de lámina (cartón metálica)				
G	Con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
Pared de bastidor				
G	Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Reproducido con permiso de 1965 *Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory*

A. 4

TABLA 6.4. CORRECCIÓN DE LA DTCE POR LATITUD Y MES, PARA APLICAR A PAREDES Y TECHOS, LATITUDES NORTE, °F

Latitud	Mes	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HORA
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	-0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	-0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-3
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	4
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-5	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-8	-7	-1
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-1
16	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-6
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-4
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	7
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
24	Dic	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Ene/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	3	-3
	Abr/Ago	-1	-1	0	-1	-1	-2	-2	-2	-3	0
	May/Jul	3	2	2	0	0	-3	-5	-5	-6	0
	Jun	5	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dic	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Ene/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	-1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	Dic	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Ene/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Abr/Ago	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48	Dic	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Abr/Ago	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56	Dic	-7	-9	-12	-16	-16	-14	-9	-5	-3	-28
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-15	-14	-12	-6	-1	2	-27
	Feb/Oct	-6	-8	-10	-12	-10	-7	0	6	9	-22
	Mar/Sept	-5	-6	-7	-8	-5	-2	4	8	12	-15
	Abr/Ago	-3	-4	-4	-4	-1	1	5	7	9	-8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	-2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1

Reproducido con permiso del 1979 ASHRAE Load Calculations Manual

A.5

TABLA 6.6 RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VIDRIO FACTORES DE GANANCÍA MÁXIMA DE CALOR SOLAR PARA VIDRIO. BTU/H - FT², LATITUDES NORTE.

0 Grados										
	NNE/	NE/	ENE/	E/	ESE/	SE/	SEE/	S	HOR	
	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	HOR
En.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288

8 Grados										
	NNE/	NE/	ENE/	E/	ESE/	SE/	SEE/	S	HOR	
	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	HOR
En.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265

16 Grados										
	NNE/	NE/	ENE/	E/	ESE/	SE/	SEE/	S	HOR	
	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	HOR
En.	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Abr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
Jun.	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
Jul.	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Agos.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dic.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

24 Grados										
	NNE/	NE/	ENE/	E/	ESE/	SE/	SEE/	S	HOR	
	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	S	HOR
En.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Abr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
Jun.	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
Jul.	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Agos.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sept.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dic.	26	26	29	1112	180	234	247	247	237	199

A. 6

TABLA 6.7. COEFICIENTES DE SOMBREADO PARA VIDRIO CON O SIN SOMBREADO INTERIOR POR PERSIANAS VENECIANAS ENROLLABLES

Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro ^a	Transmisión solar ^b	Sin sombreado interior $k_s = 4.0$	Tipo de sombreado interior					
				Persianas venecianas		Persianas enrollables			
				Medio	Claro	Opacas	Translúcidas	Claro	
VIDRIO SENCILLO	Sencillo								
	- Claro	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00					
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94					
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39
	Claro	1/2	0.67	0.87					
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83					
	Absorbente de calor, con figuras ^c	1/8		0.83					
	Absorbente de calor ^d	3/16 a 1/4	0.46	0.69					
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
	Colorado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32
	Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.60					
	Absorbente de calor ^e	3/8	0.34	0.60					
	Absorbente de calor, o con figuras	1/2	0.44-0.30	0.53	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31
Vidrio recubierto reflector			0.30	0.25	0.23				
			0.40	0.33	0.29				
			0.50	0.42	0.38				
			0.60	0.50	0.44				
VIDRIO AISLANTE	Doble ^f								
	Claro afuera	3/32, 1/8	0.71 ^g	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37
	Claro adentro								
	Claro afuera	1/4	0.61 ^g	0.81					
	Claro adentro								
	Absorbente de calor afuera	1/4	0.36 ^g	0.55					
	Claro adentro				0.39	0.36	0.40	0.22	0.30
	Vidrio recubierto reflector			0.20	0.19	0.18			
				0.30	0.27	0.26			
				0.40	0.34	0.33			
Triple									
Claro	1/4		0.71						
Claro	1/8		0.80						

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory*

A. 7

Table 2 Lighting Power Densities Using Space-by-Space Method

Common Space Types*	LPD, W/m ²	Building-Specific Space Types	LPD, W/m ²
Office—enclosed	12	Gymnasium/exercise center	
Office—open plan	12	Playing Area	15
Conference/meeting/multipurpose	14	Exercise Area	10
Classroom/lecture/training	15	Courthouse/police station/penitentiary	
For penitentiary	14	Courtroom	20
Lobby	14	Confinement cells	10
For hotel	12	Judges' chambers	14
For performing arts theater	36	Fire Stations	
For motion picture theater	12	Engine room	9
Audience/seating Area	10	Sleeping quarters	3
For gymnasium	4	Post office—sorting area	13
For exercise center	3	Convention center—exhibit space	14
For convention center	8	Library	
For penitentiary	8	Card file and cataloging	12
For religious buildings	18	Stacks	18
For sports arena	4	Reading area	13
For performing arts theater	28	Hospital	
For motion picture theater	13	Emergency	29
For transportation	5	Recovery	9
Atrium—first three floors	6	Nurses' station	11
Atrium—each additional floor	2	Exam/treatment	16
Lounge/recreation	13	Pharmacy	13
For hospital	9	Patient room	8
Dining Area	10	Operating room	24
For penitentiary	14	Nursery	6
For hotel	14	Medical supply	15
For motel	13	Physical therapy	10
For bar lounge/leisure dining	15	Radiology	4
For family dining	23	Laundry—washing	6
Food preparation	13	Automotive—service/repair	8
Laboratory	15	Manufacturing	
Restrooms	10	Low bay (<7.6 m floor to ceiling height)	13
Dressing/locker/fitting room	6	High bay (≥7.6 m floor to ceiling height)	18
Corridor/transition	5	Detailed manufacturing	23
Equipment room	11	Equipment room	12

A. 8

TABLA 6.12. FACTORES DE CALOR SENSIBLE PARA CARGAS DE ENFRIAMIENTO DEBIDO A PERSONAS

	Horas totales en el recinto										Horas después de cada entrada al recinto														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.35	0.28	0.24	0.21	0.21

Reproducido con permiso de 1985 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory.

A. 9

TABLA 6.13. GANANCIAS DE CALOR DEBIDAS A APARATOS DOMÉSTICOS, BTU/h

TIPO DE APARATO	ELECTRÍCOS				DE GAS				DE VAPOR			
	Sin campana		Con campana ²		Sin campana		Con campana ²		Sin campana		Con campana ²	
	Sensible	Latente	Total	100% Sensible	Sensible	Latente	Total	100% Sensible	Sensible	Latente	Total	100% Sensible
Parrilla o asador de 31 in x 20 in x 18 in por quemador	770	230	1,000	340	11,700	6,300	18,000	3,800				
Calentador y calentador de café por calentador	230	70	300	90	1,750	750	2,500	500				
Cafetera de 3 galones	2,550	850	3,400	1,000	3,500	1,500	5,000	1,000	2,180	1,120	3,300	1,000
de 5 galones	3,850	1,250	5,100	1,600	5,250	2,250	7,500	1,500	3,300	1,700	5,000	1,600
de 8 galones (gemelas)	5,200	1,800	6,800	2,100	7,000	3,000	10,000	2,000	4,350	2,750	6,600	2,100
Freidor de grasa: grasa # 15	2,800	6,600	9,400	3,000	7,500	7,500	15,000	3,000				
grasa # 21	4,100	9,600	13,700	4,300								
Calentador de platos secos por pie cuadrado de parte superior	320	80	400	130	560	140	700	140				
Plancha de hair por pie cuadrado de parte superior	3,000	1,600	4,600	1,500	4,800	2,600	7,500	1,500				
Comal (dos unidades de calentamiento)					5,300	3,600	8,900	2,800				
Estufa de órdenes rápidos (parrillas abiertas) por quemador					3,200	1,800	5,000	1,000				
Mesa de vapor, por pie cuadrado					750	500	1,250	250	500	325	625	260
Testador:												
Continuo	1,960	1,740	3,700	1,200	3,600	2,400	6,000	1,200				
360 rebanadas por hora	2,700	2,400	5,100	1,600	6,000	4,000	10,000	2,000				
720 rebanadas por hora	2,230	1,970	4,200	1,300								
Con expulsor de 4 rebanadas												
Wafers de 18 in x 20 in x 13 in (2 parrillas)	1,680	1,120	2,800	900								
Secadora de pelo:												
Tipo ventilador	2,300	400	2,700									
Tipo casco	1,870	330	2,200									
Mecheros de laboratorio:					1,680	420	2,100					
De Bunsen					2,800	700	3,500					
Cola de pescado					3,360	840	4,200					
De Meeker												
Anuncios de neón, por pie de tubo	60		60									
Esterilizador	650	1,200	1,850									
Máquinas expendedoras:												
De bebidas calientes			1,200									
De bebidas frías			625									

Reproducido con permiso de 1972 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory.

A. 10

TABLA 6.15. REQUISITOS DE VENTILACIÓN PARA OCUPANTES

	Personas estimadas por 100 ft ² de área de piso	Aire de ventilación necesario por persona	
		FCM Mínimos	FCM Recomendados
RESIDENCIAL			
Viviendas de una unidad			
Salas y recámaras	5	5	7-10
Cocinas, baños	—	20	30-50
Viviendas de unidades múltiples			
Salas y recámaras	7	5	7-10
Cocinas, baños	—	20	30-50
COMERCIAL			
Sanitarios públicos			
Comercios	100	15	20-25
Comedores			
Pisos de venta (sótanos y plantas bajas)	30	7	10-15
Pisos de venta (pisos superiores)	20	7	10-15
Cocinas	20	30	35
Cafeterías	100	30	35
Hoteles, moteles			
Recámaras	5	7	10-15
Salas	20	10	15-20
Baños	—	20	30-50
Salas de belleza	50	25	30-35
Peluquerías	25	7	10-15
Estacionamientos	—	1.5	2-3
Teatros			
Vestíbulos	150	20	25-30
Auditorios (no se fuma)	150	5	5-10
Auditorios (permitido fumar)	150	10	10-20
Bólicas, zona de asientos	70	15	20-25
Gimnasios y arenas			
Pisos de ejercicios	70	20	25-30
Vestidores	20	30	40-50
Áreas de público	150	20	25-30
Piscinas			
Oficinas	25	15	20-25
Espacio de oficinas en general			
Salas de juntas	10	15	15-25
	60	25	30-40
INSTITUCIONAL			
Escuelas			
Salones de clase	50	10	10-15
Auditorios	150	5	5-7.5
Gimnasios	70	20	25-30
Bibliotecas	20	7	10-12
Vestidores	20	30	40-50
Hospitales			
Recámaras sencillas y dobles	15	10	15-20
Guarderías	20	10	15-20
Salas de cirugía, salas de parto	—	20	—

A. 11

Table 9 Recommended Heat Gain from Typical Laser Printers and Copiers

Equipment	Description	Nameplate Power Consumption, W	Average Power Consumption, W
Laser printer, typical desktop, small-office type ^a	Printing speed up to 10 pages per minute	430	137
	Printing speed up to 35 pages per minute	890	74
	Printing speed up to 19 pages per minute	508	88
	Printing speed up to 17 pages per minute	508	98
	Printing speed up to 19 pages per minute	635	110
	Printing speed up to 24 page per minute	1344	130
Multifunction (copy, print, scan) ^b	Small, desktop type	600	30
	Medium, desktop type	40	15
Scanner ^b	Small, desktop type	700	135
	Large, multiuser, office type	19	16
Copy machine ^c		1750	800 (idle 260 W)
		1440	550 (idle 135 W)
		1850	1060 (idle 305 W)
Fax machine	Medium	936	90
	Small	40	20
Plotter	Manufacturer A	400	250
	Manufacturer B	456	140

Source: Hosni and Beck (2008).

^aVarious laser printers commercially available and commonly used in personal offices were tested for power consumption in print mode, which varied from 75 to 140 W, depending on model, print capacity, and speed. Average power consumption of 110 W may be used. Split between convection and radiation is approximately 70/30%.

^bSmall multifunction (copy, scan, print) systems use about 15 to 30 W; medium-sized ones use about 135 W. Power consumption in idle mode is negligible.

Nameplate values do not represent actual power consumption and should not be used.

Small, single-sheet scanners consume less than 20 W and do not contribute significantly to building cooling load.

^cPower consumption for large copy machines in large offices and copy centers ranges from about 550 to 1100 W in copy mode. Consumption in idle mode varies from about 130 to 300 W. Count idle-mode power consumption as mostly convective in cooling load calculations.

A. 12

TABLA 6.5 DIFERENCIAS DE CONDUCCIÓN DE CARGA DE ENFRIAMIENTO A TRAVÉS DE UN VIDRIO

Hora	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
CLTD,F	0	-2	-2	0	4	9	13	14	12	8	4	2

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals*, ASHRAE Handbook Product Directory.

ANEXO B

B. 1

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA														
Temperatura Máxima Absoluta (°C)														
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS														
NOMBRE: QUITO INAMHI-INNAQUITO CODIGO: M0024														
PERIODO: 1900 - 2012 LATITUD: 06 10' 0" S LONGITUD: 786 29' 0" W ELEVACION: 2789.00														
ANOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1975	21.0	21.5	21.7	22.0	22.7	20.8	22.0	22.4	24.5	23.7	20.6	21.2	273.7	22.8
1976	24.0	23.0	22.9	23.1	21.3	21.8	22.8	24.3	24.3	20.6	21.8	23.2	278.9	23.2
1977	23.5	23.6	25.0	23.4	22.8	21.1	22.0	24.5	24.6	23.5	23.0	24.5	285.8	23.8
1978	23.4	24.4	23.4	22.7	23.3	24.5	23.5	24.5	23.1	23.2	22.8	24.7	285.3	23.7
1979	24.0	24.7	23.8	24.0	23.6	22.9	22.7	25.8	23.6	23.2	22.8	22.9	283.5	23.6
1980	24.7	22.5	23.2	23.1	23.8	23.0	23.9	25.1	24.4	23.4	23.2	22.6	286.4	23.8
1981	23.6	23.1	25.0	23.0	23.7	23.9	22.8	24.9	25.0	25.6	23.2	22.6	286.4	23.8
1982	24.5	23.5	22.9	22.7	22.9	22.8	22.9	24.4	24.4	22.8	24.1	23.5	281.3	23.4
1983	23.3	24.4	23.0	22.7	23.0	23.6	23.0	23.3	24.0	23.5	24.1	23.7	283.9	23.5
1984	24.0	21.2	22.0	22.5	22.8	21.5	22.7	23.3	21.8	23.4	24.3	23.4	273.3	22.7
1985	23.5	23.2	22.3	23.6	23.3	23.2	24.4	24.1	25.3	22.8	24.2	23.3	285.0	23.7
1986	23.3	23.5	22.3	23.5	23.8	23.2	24.4	24.8	26.2	24.4	24.2	23.8	297.9	24.8
1987	25.0	25.1	24.7	23.9	23.6	24.4	24.2	22.9	23.6	23.9	26.3	25.8	285.8	23.8
1988	25.8	24.7	24.2	24.9	23.2	23.6	24.1	22.9	24.6	24.3	22.3	22.2	283.2	23.6
1989	22.2	21.9	23.5	22.6	23.8	23.5	22.9	24.9	24.6	23.3	24.5	25.5	283.2	23.6
1990	25.3	23.6	24.5	24.0	23.7	24.0	23.5	25.0	25.0	22.8	24.4	24.8	290.6	24.2
1991	24.2	25.0	23.4	23.5	24.0	25.2	23.4	24.0	25.0	24.5	23.4	24.2	289.2	24.1
1992	24.6	23.5	27.0	22.6	23.0	24.0	23.5	25.7	26.2	24.2	25.5	25.4	295.2	24.6
1993	23.6	23.5	22.5	23.0	22.6	25.5	24.6	24.5	24.5	24.2	23.2	24.3	286.0	23.8
1994		23.0	22.8	24.1	23.8	23.9	23.9	23.6	24.7	24.0	22.9	23.8		
1995		25.2	24.0	24.5	22.7	22.7	24.0	23.6	24.5	24.2	25.2	23.7		
1996			23.9	23.9	23.6	23.3	24.0	24.6	24.5	25.0	24.5	24.2		
1997		24.0	23.5	24.6	24.2	24.2	24.2	25.6	25.3	25.0	25.2	24.2		
1998	24.8		24.7	24.0	24.8	24.2	23.5	24.2	25.3	26.0	23.6	24.0		
1999		23.5	24.0	24.0	22.6	21.9	23.4	24.4	24.0	22.8	24.5	22.4		
2000	22.4	22.5	24.0	23.0	22.6	21.9	22.6	24.6	24.0	26.4	24.2	25.0		
2001	25.0	24.1	23.0	22.9	23.8	23.8	24.6	26.2	24.8	26.6	24.2	24.2		
2002	23.2	23.6	24.1	23.6	23.0	23.2	23.2	25.2	24.8	26.9	24.3	23.9		
2003		23.2	24.6	24.1	24.6	23.2	24.9	25.8	26.4	23.5	23.7	24.0		
2004		25.2	25.0	25.3	26.2	24.2	23.6	25.7	26.6	25.2	23.7	24.0		
2005		25.4	23.0	23.0	24.2	24.3	23.6	25.7	26.6	26.6	24.0	23.8		
2006	25.2	24.3	23.0	23.0	24.2	24.0	23.4	26.4	26.6	27.0	23.8	24.0		
2007			22.7	23.5	24.2	23.5	23.4	29.5	26.4	26.0	24.0	23.6		
2008			22.7	23.5	23.3	23.5	24.0	29.5	25.4	26.0	24.0	23.6		
2009		23.6	25.5	25.5	24.1	23.5	23.4	24.5	24.5	23.4	24.2	23.6		
2010	27.3	30.0	23.6	25.0	24.1	24.0	24.8	26.0	24.5	26.7	26.7	25.7		
2011	23.6	23.0	23.2	23.2	25.0	23.6	23.6	23.6	24.5	25.2	23.7	22.3		
2012	23.6	22.2	23.7	23.7	27.4	24.6	24.8	26.2	28.0	23.6	25.8	24.6	289.1	24.0
media	24.0	23.8	23.7	23.5	23.7	23.4	23.6	24.7	25.0	24.3	23.9	23.8	288.0	24.0
minima	21.0	21.2	21.7	22.0	21.3	20.8	22.0	22.4	21.8	20.6	20.6	21.2		20.6

Medidas de temperatura de la estación meteorológica Inaquito Nro 2 (INAMHI)

B. 2

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA														
Humedad Relativa Mensual (%)														
SERIES MENSUALES DE DATOS METEOROLOGICOS														
NOMBRE: QUITO INAMHI-INNAQUITO CODIGO: M0024														
PERIODO: 1900 - 2012 LATITUD: 06 10' 0" S LONGITUD: 78g 29' 0" W ELEVACION: 2789,00														
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1982	90	88	90	86	85	74	72	61	72	82	86	89	975	81
1983	85	82	86	89	87	82	76	74	76	84	82	80	989	82
1984	81	83	80	88	87	82	76	74	83	96	82	81	983	81
1985	86				81									
1986	79	79	77	76	73	65	56	60	62	77	74	73	851	70
1987	72	68	75	74	72	63	68	63	71	79	66	64	835	69
1988	75	75	68	80	77	70	63	64	69	77	81	78	877	73
1989	76	78	78	76	73	76	63	65	71	76	73	74	879	73
1990	71	80	72	77	73	62	62	59	62	79	72	74	843	70
1991	76	74	83	77	77	71	69	61	67	67	82	81	885	73
1992	75	76	76	79	77	65	59	63	68	66	72	71	847	70
1993	72	77	76	78	76	58	58	53	66	68	73	76	831	69
1994	76	76	77	75	74	61	59	58	60	71	77	76	840	70
1995	69	71	74	74	74	69	66	64	59	73	77	73		
1996	77	71	78	78	75	69	60	57	59	72	67	68	835	69
1997	76	68	74	72	68	68	51	53	64	69	77	68	908	67
1998	65	71	73	72	74	68	66	62	64	69	77	71	842	70
1999	80	80	76	79	74	93	66	57	72	71	78	80	887	73
2000	77	76	77	76	76	78	63	56	68	62	67	69	842	70
2001	71	66	74	68	71	59	60	49	66	62	69	75	790	65
2002	69	66	74	77	67	59	58	54	59	67	70	74	799	66
2003	66	68	70	73	69	68	57	54	62	71	74	71		
2004	69	67	68	70	73	57	61	51	61	73	74	73	798	66
2005	70	74	77	72	68	66	58	59	59	73	71	77	824	68
2006	74	75	76	76	77	68	66	57	60	69	78	75	835	69
2007	70	67	76	80	77	69	64	65	59	77	74	77	855	71
2008	76	78	76	75	77	69	64	66	64	71	74	76	865	72
2009	75	74	76	72	69	67	59	61	54	67	68	72	814	67
2010	73	66	66	77	72	72	74	68	70	73	83	82		
2011	78	83	82	84	77	72	71	66	67	74	72	77	903	75
2012	81	79	86	86	79	72	68	63	62	73	72	77		
media	74	74	76	77	75	68	63	60	65	72	74	75	858	71
minima	63	66	66	68	67	57	51	49	54	62	66	64		49
maxima	90	88	90	89	87	82	76	74	83	86	86	89		90

Medidas de humedad relativa, Estación Meteorológica Ñaquito Nro. 2 (INAMHI)

ANEXO C

C. 1



AVP Performance Data 1-Way Square, Rectangular See Page TD-17 for Side A to B Throw Ratios



SIZE IN INCHES	NECK VEL. VEL. PRESS.	400	450	500	550	600	650	700
6x6 Ak .14	CFM	100	112	125	137	150	162	175
	Fl. Throw	8-13	10-14	11-15	11-15	12-17	12-17	13-18
	Tot. Press. NC	.042 18	.053 19	.066 21	.080 22	.097 24	.112 25	.131 26
9x9 Ak .27	CFM	224	252	280	308	336	364	392
	Fl. Throw	12-20	15-22	16-22	17-23	18-25	19-26	19-27
	Tot. Press. NC	.050 20	.063 22	.079 24	.096 25	.114 27	.136 28	.157 30
12x12 Ak .50	CFM	400	450	500	550	600	650	700
	Fl. Throw	20-27	20-28	21-30	22-32	23-33	24-35	25-35
	Tot. Press. NC	.046 20	.060 22	.074 24	.091 26	.109 27	.131 29	.151 30
15x15 Ak .79	CFM	624	702	780	858	936	1014	1092
	Fl. Throw	24-34	25-36	27-38	28-40	29-41	30-43	32-44
	Tot. Press. NC	.048 23	.064 25	.079 27	.095 29	.113 31	.131 32	.156 34
6x9 Ak .195	CFM	150	169	188	206	225	244	262
	Fl. Throw	12-17	12-17	13-19	14-19	14-20	15-21	15-22
	Tot. Press. NC	.050 19	.063 20	.078 22	.094 23	.113 25	.133 26	.156 27
9x12 Ak .38	CFM	300	338	375	413	450	488	525
	Fl. Throw	18-23	18-25	19-27	19-28	20-29	21-30	22-31
	Tot. Press. NC	.048 21	.062 23	.076 24	.092 25	.113 27	.129 28	.151 30
9x15 Ak .475	CFM	375	422	469	516	563	610	658
	Fl. Throw	18-26	20-27	21-29	21-31	23-32	23-33	24-34
	Tot. Press. NC	.046 22	.058 24	.071 26	.088 27	.103 29	.126 30	.146 32
12x15 Ak .63	CFM	500	562	625	688	750	813	875
	Fl. Throw	21-30	23-32	24-34	25-35	26-37	27-39	28-40
	Tot. Press. NC	.048 22	.061 24	.076 26	.095 28	.114 29	.132 31	.153 33
12x18 Ak .75	CFM	600	675	750	825	900	975	1050
	Fl. Throw	24-33	25-35	26-37	27-39	29-40	30-42	32-43
	Tot. Press. NC	.050 23	.065 25	.080 27	.099 29	.119 31	.141 32	.161 34
6x12 Ak .25	CFM	200	225	250	275	300	325	350
	Fl. Throw	14-19	14-20	15-21	16-23	17-23	17-24	18-25
	Tot. Press. NC	.049 19	.062 21	.077 23	.094 24	.113 26	.127 27	.156 29
6x15 Ak .32	CFM	250	281	312	344	375	406	438
	Fl. Throw	15-21	16-23	17-24	18-25	19-26	19-27	20-28
	Tot. Press. NC	.047 20	.059 22	.071 24	.089 25	.107 26	.124 28	.148 29
6x18 Ak .38	CFM	300	337	375	413	450	487	525
	Fl. Throw	16-23	18-25	19-27	19-28	20-28	21-30	22-31
	Tot. Press. NC	.048 21	.062 23	.076 24	.092 25	.113 27	.129 28	.151 30
6x21 Ak .44	CFM	350	394	437	481	525	570	621
	Fl. Throw	18-25	19-27	20-28	21-30	22-31	23-32	24-33
	Tot. Press. NC	.049 20	.062 22	.078 24	.091 25	.112 27	.130 28	.151 30
6x24 Ak .50	CFM	400	450	500	550	600	650	700
	Fl. Throw	20-27	20-28	21-30	22-32	23-33	24-35	25-35
	Tot. Press. NC	.046 20	.060 22	.074 24	.091 25	.109 27	.131 29	.151 30
9x18 Ak .57	CFM	450	506	563	619	675	731	788
	Fl. Throw	19-29	21-30	23-32	24-34	25-35	26-36	27-38
	Tot. Press. NC	.048 22	.061 23	.076 25	.089 26	.109 28	.131 30	.151 34
9x21 Ak .655	CFM	524	590	655	720	786	852	917
	Fl. Throw	23-31	23-32	24-35	25-36	27-37	28-40	30-40
	Tot. Press. NC	.050 23	.065 25	.078 26	.097 28	.117 30	.136 31	.156 33
9x24 Ak .75	CFM	600	675	750	825	900	975	1050
	Fl. Throw	24-33	25-35	26-37	27-39	29-40	30-42	32-43
	Tot. Press. NC	.050 23	.065 25	.080 27	.099 29	.119 31	.141 32	.161 34
12x24 Ak 1.00 **	CFM	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
	Fl. Throw	28-38	29-40	30-43	32-45	33-46	34-49	39-50
	Tot. Press. NC	.050 24	.064 27	.081 29	.099 31	.119 33	.141 35	.166 38

ANEXO D