



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DESARROLLO DE GUÍA METODOLOGÍA PARA EL MANEJO DE ALTERNATIVAS EFICIENTES DE CLIMATIZACIÓN EN EDIFICACIONES OCUPANDO LAS POTENCIALIDADES DE AHORRO EN LA SIERRA ECUATORIANA. CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO PLAZA 2000

“PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN”

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN EFICIENCIA ENERGÉTICA

Andrés Roberto Calderón Montalvo
NOMBRE DEL AUTOR

andres6983@hotmail.com

DIRECTOR: ING. MIGUEL DARÍO ORTEGA LÓPEZ, M.Sc.
miguel.ortega@epn.edu.ec

Quito, enero, 2019

Certificación

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor **ANDRÉS ROBERTO CALDERÓN MONTALVO**, bajo nuestra supervisión.

Ing. Miguel Ortega MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO

Declaración

Yo, **Andrés Roberto Calderón Montalvo**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Andrés Roberto Calderón Montalvo

Dedicatoria

A mis hijos Daniel y Emilio, a mi esposa Johanna y con cariño para todo aquel que persiste y resiste buscando en el conocimiento la respuesta para una sociedad mejor.

Índice de contenido

Certificación	i
Declaración	ii
Dedicatoria	iii
Índice de contenido	iv
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	x
Nomenclatura	xiii
Resumen	xvii
Abstract	xviii
Introducción	xix
1. CLIMATIZACIÓN, HISTORIA, DEFINICIONES	1
1.1. Historia de la climatización	1
1.2. Definiciones	4
1.2.1. Compresor	4
1.2.2. Condensador	5
1.2.3. Válvula de expansión	5
1.2.4. Evaporador	5
1.2.5. Refrigerante	6
1.3. Selección del tipo de sistema de enfriamiento	6
1.3.1. Principales características del sistema DX	7
1.3.2. Principales características del sistema CHW	8
1.3.3. Principales características del sistema (VRV/VRF)	8
2. FUNDAMENTOS DE CLIMATIZACIÓN	11
2.1. Termodinámica del aire	11
2.1.1. Aire seco y aire atmosférico	11
2.1.2. Humedad específica y relativa del aire	13
2.1.3. Temperatura de punto de rocío	15
2.1.4. Temperaturas bulbo húmedo	16
2.1.5. Carta psicrométrica	16

2.2.	Control de humedad y temperatura.....	17
2.2.1.	Dificultades en el control de humedad.....	19
2.3.	Análisis de cargas térmicas.....	20
2.3.1.	Espacio, habitación y zona.....	20
2.3.2.	Calor de convección y radiación.....	20
2.3.3.	Cargas de espacio y equipo.....	21
2.3.4.	Componentes de la carga de enfriamiento.....	24
2.3.5.	Componentes de la carga de la bobina de enfriamiento.....	25
2.3.6.	Diferencia entre la carga de enfriamiento y la carga de la bobina de enfriamiento ..	27
2.3.7.	Carga de pico y carga de bloque.....	28
2.3.8.	Metodología – Balance térmico.....	30
2.3.9.	Método Diferencia de Temperatura de Carga de Enfriamiento (CLTD).....	33
2.3.10.	Generalidades del diseño.....	38
2.4.	Confort térmico.....	39
2.4.1.	Índices de confort ambiental.....	40
2.4.2.	Condiciones de confort.....	41
3.	MEDICIONES TERMODINÁMICAS Y ELÉCTRICAS EN EDIFICACIONES EXISTENTES.....	45
3.1.	Metodología, descripción, del equipo y parámetros.....	45
3.1.1.	Temperatura.....	45
3.1.2.	Presión atmosférica.....	48
3.1.3.	Humedad atmosférica.....	48
3.2.	Mediciones.....	49
3.3.	Mediciones eléctricas.....	50
3.3.1.	Potencia.....	50
3.3.2.	Principio de medición de la potencia en un sistema monofásico.....	51
3.3.3.	Medición de potencia en sistemas trifásicos.....	51
4.	GUÍA METODOLÓGICA.....	55
4.1.	Descripción de la guía.....	55
4.2.	Descripción de cálculo.....	61
4.2.1.	Carga térmica en techos.....	61
4.2.2.	Carga térmica en paredes.....	62

4.2.3.	Carga térmica ventanas	63
4.2.4.	Carga térmica por iluminación.....	65
4.2.5.	Carga térmica por equipos y accesorios electrónicos.....	65
4.2.6.	Carga térmica debido a ocupantes.....	66
4.2.7.	Carga térmica por particiones internas, cielos rasos.	67
4.3.	Caso de estudio	68
4.3.1.	Condiciones internas de diseño de ventilación mecánica.....	69
4.3.2.	Condiciones ambientales externas.....	69
4.3.3.	Características constructivas.....	70
4.3.4.	Coordenadas geográficas	71
4.3.5.	Distribución arquitectónica para cálculo de cargas térmicas	72
4.4.	Memoria de cálculo	74
4.4.1.	Ganancia de calor	75
4.4.2.	Carga térmica en techos	76
4.4.3.	Carga térmica en paredes.....	78
4.4.4.	Carga térmica ventanas	81
4.4.5.	Carga térmica por iluminación.....	90
4.4.6.	Carga térmica por equipos y accesorios electrónicos.....	91
4.4.7.	Carga térmica debido a ocupantes.....	92
4.4.8.	Carga térmica por particiones internas, cielos rasos	94
4.4.9.	Ganancia total de calor para el 15 ^{vo} piso.....	95
4.4.10.	Comparación de los resultados	96
4.4.11.	Carga térmica total en el Edificio Plaza 2000	98
4.5.	Análisis de datos obtenidos.....	101
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
4.6.	Conclusiones	103
4.7.	Recomendaciones	104
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	105
7.	ANEXOS.....	108
Anexo A. 1.	Diagrama T-S para el Agua	108
Anexo B. 1.	Criterios de renovaciones de aire	109
Anexo B. 2.	Tasa de ganancia de calor para ocupantes	110

Anexo B. 3. Ganancia de calor típico de motores eléctricos.....	111
Anexo B. 4. SCL y CLF para techos.	112
Anexo B. 5. Número de techo de la ASHRAE.....	113
Anexo B. 6. Factor U para techos ASHRAE.....	117
Anexo B. 7. Factor U para paredes internas y externas.....	118
Anexo B. 8. Código de grupo de pared ASHRAE.....	119
Anexo B. 9. Factor U para ventanas.....	122
Anexo B. 10. Clasificación para el tipo de vidrio ASHRAE.....	123
Anexo C. 1. Plano del piso 15 del edificio Plaza 2000, con las dimensiones generales.	124
Anexo C. 2. Distribución de la iluminación en el Edificio Plaza 2000, piso 15.....	125
Anexo D. 1. Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para techos planos CLTDtechos	127
Anexo D. 2. Temperatura de carga de refrigeración, factores de diferencias de corrección LM.....	130
Anexo D. 3. Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para paredes iluminadas por el sol CLTDparedes	135
Anexo D. 4. Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para superficies de vidrio.....	138
Anexo D. 5. SC Para superficies transparentes externas en radiación.....	139
Anexo D. 6. Factores de ganancia máxima de calor del sol SHFG.....	139
Anexo D. 7. Factores de carga de Enfriamiento para superficies de Vidrio CLFvidrio	148
Anexo D. 8. Factores de Carga de Enfriamiento para luces CLFLuces	153
Anexo D. 9. Factores de uso y factor de fluorescentes.....	156
Anexo D. 10. Factores de carga de enfriamiento para equipos CLF-Equipos.....	156
Anexo D. 11. Factores de carga de enfriamiento para ocupantes CLF-Ocupantes.....	157
Anexo E. 1. Procedimiento para la validación mediante el Software Elite Chvac.8.0.....	158
Anexo E. 2. Generar datos del proyecto.....	158
Anexo E. 3. Generar datos de diseño.....	159
Anexo E. 4. Generar más datos de diseño.....	160
Anexo E. 5. Perfil operativo.....	161
Anexo E. 6. Condiciones internas y externas de diseño.....	162
Anexo E. 7. Datos para materiales en techos.....	163

Anexo E. 8. Datos para materiales en paredes	164
Anexo E. 9. Material para particiones internas	165
Anexo E. 10. Propiedades para el aire de ventilación e infiltración	166
Anexo E. 11. Datos de áreas para techos, paredes y ventanas	167
Anexo E. 12. Realizar reporte	168
Anexo E. 13. Reporte de validación	169
Anexo F. 1. Formato de la Guía Metodológica	171
Anexo G. 1. Capturas de pantalla de la hoja de cálculo utilizada para el desarrollo de resultados.....	176

Índice de figuras

Figura 1. 1. Evaporador de expansión directa	7
Figura 1. 2. Esquema de instalación VFR	10
Figura 2. 1. Líneas de h y T constante coincidentes para la región de vapor sobrecalentado	12
Figura 2. 2. Enfriamiento constante del agua y T_{pr}	15
Figura 2. 3. Propiedades psicrométricas	17
Figura 2. 4. Esquema de un deshumidificador	18
Figura 2. 5. Calor de convección y radiación en un espacio acondicionado	21
Figura 2. 6. Ganancia de calor solar y ganancia de calor de las luces eléctricas y las cargas de enfriamiento de espacio correspondientes para un sistema de aire de apagado nocturno.	23
Figura 2. 7. Diferencia entre la carga de enfriamiento y la carga de la bobina de refrigeración en la carta psicrométrica.	27
Figura 2. 8. Perfil de carga, carga pico y carga de bloques.	29
Figura 2. 9. Temperatura operativa	42
Figura 2. 10. Condiciones de confort.....	43
Figura 2. 11. Velocidad del aire y aumento de temperatura	44
Figura 3. 1. Termómetro para medir temperatura de bulbo seco y húmedo	46
Figura 3. 2. Elementos de una termocupla	47
Figura 3. 3. Diagrama de potencia de una instalación	50
Figura 3. 4. Conexión del multímetro y la pinza amperimétrica para medir potencia	51
Figura 3. 5. Medición de potencia en un sistema trifásico	52
Figura 3. 6. Medición de la potencia en un sistema trifásico, primer paso.	53
Figura 3. 7. Medición de la potencia en un sistema trifásico, segundo paso.	53
Figura 3. 8. Medición de la potencia en un sistema trifásico, tercer paso.	54
Figura 4. 1. Maqueta del edificio Plaza 2000.....	68
Figura 4. 2. Edificio Plaza 2000, Quito, Ecuador, coordenadas geográficas.....	71
Figura 4. 3. Dimensiones generales del piso 15 del edificio Plaza 2000.....	72
Figura 4. 4. Plano de la distribución de la iluminación en el Edificio Plaza 2000, piso 15	73
Figura 4. 5. Términos en un cálculo de carga.....	75

Índice de tablas

Tabla 2. 1. Ganancia de calor en el ducto	39
Tabla 2. 2. Condiciones de confort	42
Tabla 4. 1. Típica temperatura interna y humedad recomendada en edificios de oficinas	56
Tabla 4. 2. Condiciones internas para el diseño del aire acondicionado	69
Tabla 4. 3. Anuario Meteorológico, temperaturas y humedades ambientales externas.....	70
Tabla 4. 4. Edificio Plaza 2000, Quito, Ecuador, coordenadas geográficas	71
Tabla 4. 5. Distribución de la iluminación en el Edificio Plaza 2000, piso 15.....	73
Tabla 4. 6 Área para paredes y paredes del Edificio Plaza 2000.....	74
Tabla 4. 7. Método ASHRAE CLTD CLF, selección por matrices de ponderación	74
Tabla 4. 8. Carga térmica en techos.....	77
Tabla 4. 9 Temperatura de carga de refrigeración factores de diferencias de corrección LM79	
Tabla 4. 10. Carga térmica paredes	80
Tabla 4. 11 Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para superficies de vidrio .	82
Tabla 4. 12. Carga térmica por conducción ventanas	83
Tabla 4. 13 Factores de Ganancia máxima de Calor del Sol SHGF	84
Tabla 4. 14. Carga sensible de enfriamiento por radiación en el mes de julio para ventanas	85
Tabla 4. 15. Carga térmica total conducción y radiación en el mes de septiembre pra ventanas	90
Tabla 4. 16. Carga sensible de enfriamiento debido a iluminación	90
Tabla 4. 17. Carga de calor debida a equipos y accesorios electrónicos.....	92
Tabla 4. 18. Carga sensible de enfriamiento debido a personas	93
Tabla 4. 19. Carga latente debido a personas	93
Tabla 4. 20. Carga térmica total debido a ocupantes por calor sensible y latente.....	94
Tabla 4. 21. Carga térmica por particiones internas	95
Tabla 4. 22. Ganancia de calor total de piso 15.....	96
Tabla 4. 23. Comparación de resultados	97
Tabla 4. 24 Desarrollo de la carga térmica para un piso tipo 1-14 del edificio plaza 2000	99
Tabla 4. 25 Carga térmica total para una planta del edificio Plaza 2000, pisos 1-14	100
Tabla 4. 26. Carga térmica total para una planta del edificio Plaza 2000, pisos 1-15	100
Tabla 4. 27. Características técnicas de los equipos Carrier	102

Anexo

ANEXO A

Anexo A. 1. Diagrama T-S para el Agua	108
---	-----

ANEXO B

Anexo B. 1. Criterios de renovaciones de aire	109
Anexo B. 2. Tasa de ganancia de calor para ocupantes	110
Anexo B. 3. Ganancia de calor típico de motores eléctricos.....	111
Anexo B. 4. SCL y CLF para techos.	112
Anexo B. 5. Numero de techo de la ASHRAE	113
Anexo B. 6. Factor U para techos ASHRAE.....	117
Anexo B. 7. Factor U para paredes internas y externas	118
Anexo B. 8. Código de grupo de pared ASHRAE.....	119
Anexo B. 9. Factor U para ventanas	120
Anexo B. 10. Clasificación para el tipo de vidrio ASHRAE	123

ANEXO C

Anexo C. 1. Plano del piso 15 del edificio Plaza 2000, con las dimensiones generales.	124
Anexo C. 2. Distribución de la iluminación en el Edificio Plaza 2000, piso 15	125

ANEXO D

Anexo D. 1. Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para techos planos <i>CLTDtechos</i>	127
Anexo D. 2. Temperatura de carga de refrigeración, factores de diferencias de corrección LM.	130
Anexo D. 3. Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para paredes iluminadas por el sol <i>CLTDparedes</i>	135
Anexo D. 4. Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para superficies de vidrio	138
Anexo D. 5. SC Para superficies transparentes externas en radiación	139
Anexo D. 6. Factores de ganancia máxima de calor del sol SHFG.	139
Anexo D. 7. Factores de carga de Enfriamiento para superficies de Vidrio <i>CLFvidrio</i>	148
Anexo D. 8. Factores de Carga de Enfriamiento para luces <i>CLFLuces</i>	153
Anexo D. 9. Factores de uso y factor de fluorescentes	156

Anexo D. 10. Factores de carga de enfriamiento para equipos CLF-Equipos	156
Anexo D. 11. Factores de carga de enfriamiento para ocupantes CLF-Ocupantes	157

ANEXO E

Anexo E. 1. Procedimiento para la validación mediante el Software Elite Chvac.8.0	158
Anexo E. 2. Generar datos del proyecto	158
Anexo E. 3. Generar datos de diseño	159
Anexo E. 4. Generar más datos de diseño.....	160
Anexo E. 5. Perfil operativo.....	161
Anexo E. 6. Condiciones internas y externas de diseño.....	162
Anexo E. 7. Datos para materiales en techos	163
Anexo E. 8. Datos para materiales en paredes	164
Anexo E. 9. Material para particiones internas	165
Anexo E. 10. Propiedades para el aire de ventilación e infiltración	166
Anexo E. 11. Datos de áreas para techos, paredes y ventanas	167
Anexo E. 12. Realizar reporte	168
Anexo E. 13. Reporte de validación	169

ANEXO F

Anexo F. 1. Formato de la Guía Metodológica	171
---	-----

ANEXO G

Anexo G. 1. Capturas de pantalla de la hoja de cálculo utilizada para el desarrollo de resultados.....	176
--	-----

Nomenclatura

A	Área de pared o techo, ft^2 [m^2].
A_{cl}, A_{fl}	Área de techo y piso compuesto, ft^2 [m^2]
A_{fl}	Área de piso, ft^2 [m^2].
A_S, A_{Sh}	Zona soleada y sombreada, ft^2 [m^2].
$A_{s,t}$	Área iluminada por el sol del vidrio de la ventana en el tiempo t , ft^2 [m^2]
A_p	Área exterior de la pared, ft^2 , [m^2]
c_p	Calor específico [kJ/kg].
CLF_h	Factor de carga de enfriamiento horario [-].
$CLTD$	Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento, °F [°C].
$(CLTD_h)$	Diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento en una hora h [°F].
$CLTD_{corr-p}$	Diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento corregido para paredes [°F].
$CLTD_{corr-T}$	Diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento corregido para techos [°F].
CLF_{t1-h}	Factor de carga de enfriamiento horario debido a iluminación [°F].
$CLTD_{V-h}$	Diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento horario para ventanas [°F].

f_{AD}	Factor debido a la existencia de ático [-].
F_S	Factor de fluorescentes [-].
F_U	Factor de uso.
h	Entalpía.
h_{ci}	Coeficiente de transferencia de calor por convección de la i-ésima superficie $\frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot F}$; $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$.
$h_o - h_i$	Entalpía de aire exterior e interior.
K	Factor de ajuste debido al color [-].
LM	Corrección para latitud y mes [-].
m_g	Cantidad máxima de humedad que el aire puede contener a la misma temperatura.
m_v	Relación de la cantidad de humedad que el aire contiene
\dot{m}_w	Caudal másico de vapor de agua evaporado lb/h [kg/h].
P	Presión del aire seco [kPa].
P_a	Presión parcial del aire seco [kPa].
P_{hp}	Potencia nominal de la máquina, hp.
P_v	Presión del vapor de agua [kPa].
q_e	Ganancia de calor por espacio [Btu/h].

\dot{Q}_{A-h}	Ganancia de calor horaria a accesorios eléctricos [kW].
\dot{Q}_{LP}	Carga sensible de enfriamiento debido a personas [kW].
\dot{Q}_{LP-h}	Carga latente de enfriamiento horaria debido a personas [kW].
\dot{Q}_{SKT}	Carga sensible de enfriamiento por conducción externa [kW].
\dot{Q}_{SKTi}	Carga sensible de enfriamiento debido a conducción interna [kW].
\dot{Q}_{SP-h}	Carga sensible de enfriamiento horaria debido a personas [kW].
\dot{Q}_{SR-h}	Carga sensible de enfriamiento horaria causada por radiación [kW].
\dot{Q}_{St1-h}	Carga sensible de enfriamiento horaria debido a iluminación [kW]
RD_T	Rango diario de temperaturas [°F].
SC	Coeficiente de sombreado.
SCL_s	Carga de enfriamiento solar para vidrios iluminados por el sol que enfrentan una dirección específica, Btu/h*ft ² [W/m ²].
SCL_{sh}	Carga de enfriamiento solar para el área sombreada como si el vidrio estuviera mirando hacia el norte, Btu/h*ft ² [W/m ²].
SGH_p	Calor sensible ganado por cada persona, Btu/h [W]
$SHGF_t$	Factor de calor solar al tiempo t, considerando, orientación, latitud, mes, y hora Btu/h*ft ² [W/m ²].
$SHGF_{max}$	Factor de ganancia de calor debido a radiación solar máximo $\left[\frac{Btu}{h*ft^2} \right]$.

$SHGF_{sh,t}$	Factor de calor solar para el área sombreada al tiempo t, considerando, orientación, latitud, mes, y hora Btu/h*ft ² [W/m ²]
SHG_p, LHG_p	Calor sensible y latente respectivamente para los ocupantes, Btu/h [W].
t	Tiempo, h.
$t_o - t_i$	Temperatura del aire exterior, interior [°C].
T	Es la temperatura en [°C].
T_{bh}	Temperatura de bulbo húmedo.
T_i	Temperatura interna de diseño [°F].
T_o	Temperatura externa de diseño [°F].
T_{pr}	Temperatura del punto de rocío
U	Coeficiente global de transferencia de calor del techo, piso o pared divisoria, Btu/f*ft ² *°F [W/m ² *°C].
w	Humedad específica.
ϕ	Humedad relativa.
ρ	Densidad del aire lb/ft ³ [kg/m ³].

Resumen

La presente investigación, permite realizar un estudio sobre la historia de la climatización y de sus principales definiciones, así también, el estudio expone la fundamentación en la cual se basan los criterios de la climatización, abordando temas sobre las propiedades termodinámicas del aire, el control de humedad, el estudio de la carga térmica en base a la metodología de la diferencia de temperatura de carga de enfriamiento. La cual es abordada de la manera más práctica mediante el caso de estudio de la ganancia de calor en el edificio Plaza 2000, el caso permite abordar un ejemplo práctico, que expone los principales parámetros a considerar en un diseño de climatización eficiente, donde se expone la diferencia entre la carga térmica de bloque y la carga eléctrica para el transformador así también la guía expone una metodología práctica para el estudio de la carga.

Palabras claves:

- Climatización
- Guía Metodológica
- Ganancia térmica
- CLTD/ Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento

Abstract

The present investigation allows us to carry out a study on the history of air conditioning and its main definitions, as well as the study exposes the foundation on which the criteria of air conditioning are based, addressing issues about the thermodynamic properties of air, the control of humidity, the study of the thermal load based on the methodology of the temperature difference of cooling load. Which is approached in the most practical way through the case study of the heat gain in the Plaza 2000 building, the case allows to approach a practical example, which exposes the main parameters to be considered in an efficient air conditioning design, where it is exposed the difference between the thermal load of the block and the electrical load for the transformer, as well as the guide, exposes a practical methodology for the study of the load.

Class words:

- Air conditioning
- Methodological Guide
- Thermal gain
- CLTD / Cooling Load Temperature Difference

Introducción

La climatización en el diseño eficiente de un sistema de acondicionamiento de aire en una edificación, tiene como prioridad el dimensionamiento correcto de las cargas térmicas en base a la consideración de los principales parámetros presentes en el sistema, capaz de brindar las mejores comodidades en temas de confort térmico, utilizando el recurso de manera eficiente y eficaz, la ASHRAE brinda un conjunto de criterios de diseño para el sistema de climatización, de los cuales el más versátil en cuanto a recurso computacional, y metodología de cálculo es el método diferencia de temperatura de carga de enfriamiento.

La climatización en la región Sierra, ha tenido un gran avance por lo cual, es relevante acorde con este crecimiento sentar los principales parámetros que se deben tener a consideración para su correcto diseño, de ahí que el estudio aborda en sus capítulos:

Capítulo I, describe la historia de la climatización. Enfocada en los aspectos de sus definiciones, y los principales criterios a considerar en la selección del tipo de sistema de enfriamiento.

Capítulo II, desarrolla el estado del arte sobre los fundamentos de la climatización, basados en la termodinámica del aire, el control de humedad, y el análisis de la carga térmica en base a la metodología de la Diferencia de Temperatura de Carga de Enfriamiento.

Capítulo III, describe los conceptos a tener en consideración para las mediciones termodinámicas y eléctricas a considerar en un sistema de climatización en una edificación.

Capítulo IV, se expone la guía metodología, partiendo de su descripción, así como, el caso práctico en estudio basado en la edificación Plaza 2000, para finalmente realizar un análisis de la carga térmica y carga eléctrica.

Capítulo V, se expone las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado, en función de su objetivo principal.

1. CLIMATIZACIÓN, HISTORIA, DEFINICIONES

En el presente capítulo se describe la evolución histórica que ha tenido la climatización, desde sus inicios, donde su proceso estuvo determinado por el aprovechamiento natural, hasta sus inicios industriales, mediante la inserción del primer equipo para la fabricación del aire manufacturado. Posteriormente, se exponen las principales definiciones de los equipos que permiten su manufacturación.

1.1. Historia de la climatización

En la antigüedad varias civilizaciones trataron con el problema de las altas temperaturas, una de las primeras civilizaciones en tratar de dar solución a este problema fueron los egipcios, quienes por medio de la colocación de esteras o alfombras humedecidas en las puertas y por efecto de la evaporación trataban de reducir el calor y aumentar la humedad al interior de sus residencias. Así también, los romanos presentaron soluciones para el problema de la climatización, de tal forma que, su propuesta consistió en hacer circular el agua de los acueductos a través de las casas para así, reducir la temperatura en el interior (ASME-Varrasi John, 2016, p. 2).

Los persas fueron los pioneros en el uso del viento como medio de enfriamiento, a tal punto de que, sus edificaciones fueron concebidas como las más altas, estas, poseían columnas que cumplían el papel de torres de viento para así de esta manera, atrapar las corrientes y poder redistribuir las brisas y difundirlas a través de sus emplazamientos (ASME-Varrasi John, 2016, p. 2).

Han sido muchos los intentos a lo largo de la historia para poder evitar los estragos del calor en los meses más calurosos de verano, desde la sencillez de la sombra hasta el aprovechamiento de la ventilación natural a través de métodos basados en arquitectura pasiva. Sin embargo, ha sido solo en los últimos 100 años donde el hombre ha podido desarrollar máquinas que le permitan fabricar artificialmente el clima que desea para mantener la calma y la comodidad (ASME-Varrasi John, 2016, p. 4).

En la antigüedad las formas más comunes para el enfriamiento del agua hasta su punto de congelación, fueron procedimientos o prácticas que consistieron en depositar en la noche sobre vasijas de poca profundidad agua, que luego serían colocadas sobre paja bajo condiciones de frío, aire seco y con un cielo despejado. Donde estas condiciones permitirían formar finas capas de hielo en la superficie, otro descubrimiento destacable, fue el uso de sales que permitía disminuir la temperatura del agua. Estas prácticas fueron ampliamente utilizadas y desarrolladas por la India durante el siglo IV (Eselfri, 2015, p. 8)

Benjamín Franklin junto al profesor John Hadley (profesor de la Universidad de Cambridge) comenzaron con el estudio de las propiedades de refrigeración de diversos líquidos, ambos concluyeron que la evaporación de líquidos volátiles podría aplicarse para el enfriamiento de objetos por debajo de la temperatura de congelamiento del agua, en 1820 Michael Faraday en base a estos estudios comenzó a experimentar con amoníaco, y al someterlo a presiones elevadas y al evaporarlo consiguió enfriar su laboratorio (Articulos.com, 2016, p. 7)

El primer aparato de refrigeración registrado fue hecho por Dr. John Gorrie en la década de 1830, la máquina en esencia era un ventilador que soplaba a través de un contenedor de hielo, el cual permitía enfriar las habitaciones del hospital en las que se encontraban pacientes con fiebre amarilla pues esta enfermedad empeora con el aumento de temperatura (Melosh, 2013, p. 3).

Lord Kelvin, en 1842 dio a conocer sus principios para el aire acondicionado, en el cual postuló los siguientes enunciados: “el intercambio de calor se produce desde la temperatura más alta hacia la más baja”, “para que se produzca el cambio de líquido a gas, es necesario que el líquido absorba calor”, “existe una relación directa entre presión y temperatura”(Melosh, 2013, p. 4).

En 1881, cuando el presidente James Garfield se estaba muriendo, un grupo de ingenieros navales construyó una máquina que soplaba aire a través de un paño saturado de agua helada. El dispositivo permitía reducir la temperatura ambiente en 20 grados, pero utilizó medio millón de libras de hielo sólo en dos meses (Melosh, 2013, p. 10).

Willis Carrier en 1902 senta las bases de la refrigeración moderna en base a los problemas de una excesiva humidificación del aire enfriado, desarrollando así el concepto de

climatización de verano. Para resolver los problemas de humedad en una imprenta de Brooklyn, Carrier desarrollo una máquina que era capaz de controlar la temperatura y la humedad del ambiente por medio de tubos enfriados, a partir de esto la máquina creada por Carrier ganó gran fama sobre todo en empresas textiles. Para 1907 realiza una venta a una fábrica de seda ubicada en Yokohama, Japón, en 1911 revela su fórmula "Fórmula Racional Psicométrica Básica" a la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, la cual es la base para realizar los cálculos de acondicionamiento de aire para la industria, en 1921 patenta su Máquina de Refrigeración Centrífuga que servía para enfriar grandes espacios, para 1928 había inventado un equipo capaz de enfriar, calentar, limpiar y hacer circular aire para casas y departamentos (Melosh, 2013, p. 10).

Para los años de 1930 las salas de cine se convirtieron en el foco industrial dando a las personas visitantes, su primer sabor de aire acondicionado. Durante esta década Wills Carrier realizó dos avances importantes: el primero consistió en reemplazar el refrigerante tóxico amoniaco con uno mucho más seguro dicloroetileno, en segundo plano redujo considerablemente el tamaño de las unidades. En consecuencia la reducción de los equipos permitió que inicie la comercialización del aire manufacturado como lo denominaron en aquella época (Melosh, 2013, p. 15)

Con el comienzo de la segunda guerra mundial, muchos de los fabricantes convirtieron su producción de equipos al uso militar, así algunos enfriadores fueron retirados de los grandes almacenes para ser instalados en plantas de producción militar. La marina utilizó los refrigeradores para mantener frescos sus alimentos y otros productos perecederos, en la aviación fueron fabricados acondicionadores de aire portátiles especialmente para el mantenimiento de aviones en climas cálidos. Will Carrier diseñó un sistema para que el Comité Asesor Nacional de Aeronáutica, el cual permitió simular las condiciones de congelación y gran altitud, para la realización de prueba en aviones una maravilla que hasta ese momento fuera considerado imposible por la mayoría. Así Carrier fue galardonado por el Ejército y la Marina seis veces, un honor logrado por sólo otras 13 empresas (Melosh, 2013, p. 20).

Después de la Segunda Guerra Mundial, el aire acondicionado para edificios comerciales permitió incorporar sus equipos a otras estructuras poco convencionales donde los arquitectos liderarían su construcción e instalación, dando lugar a una revolución en la construcción.

1.2. Definiciones

En los siguientes apartados se describe los elementos generales que posee un sistema de climatización y son esenciales para su estudio.

1.2.1. Compresor

El compresor al igual que las bombas son dispositivos que permiten incrementar la presión de un fluido, sea este un gas o un líquido. Tanto a los compresores como las bombas se les debe suministrar un trabajo, que es transmitido desde una fuente externa y a través de un eje giratorio. La función de un compresor como su nombre lo indica es la de comprimir el gas, el cual es el fluido refrigerante y es el responsable de generar la transferencia de calor en un ciclo de refrigeración (Cengel & Boles, 2011, p. 36)

Los ciclos de compresión están basados en el cambio de estado que tiene un refrigerante, así se tiene que con bajas presiones las temperaturas también son bajas y viceversa a presiones elevadas las temperaturas también son elevadas. La característica principal de los cambios de estado que se producen en el refrigerante es: los calores latentes son altos al pasar de un estado a otro, mientras que los calores sensibles o cambios de temperatura son menores. Así el modo de obtener calor o frío está descrito por un ciclo teórico que se describe a continuación (Vega, 2015, p. 12)

- En la etapa de compresión realizada sobre el refrigerante, se produce la elevación de la temperatura y la presión del gas.
- El gas pasa al condensador y mediante un proceso que se efectúa a presión constante se produce la condensación, es decir el gas es transformado en líquido.
- En la etapa de expansión se producirá la pérdida de presión y temperatura evaporando una pequeña parte del líquido.
- El refrigerante con baja temperatura y presión pasa por un evaporador donde el refrigerante se evapora (gas), absorbiendo calor del medio exterior y logrando así el efecto frigorífico deseado.
- Finalmente, el ciclo se repite

1.2.2. Condensador

Son equipos que cumplen la función de transmitir el calor del ciclo de refrigeración hacia afuera del mismo, es decir en el cambio de estado de gas a líquido el calor es absorbido. Dependiendo de la forma en la que el condensador disipa el calor se puede clasificar en:(Fing-Edu, 2015, p. 20).

- Condensador por aire
- Condensador por agua de doble tubo
- Condensadores evaporativos

1.2.3. Válvula de expansión

Es un dispositivo que regula el flujo de refrigerante mediante la expansión o compresión de acuerdo a la presión requerida para vaporizar el refrigerante en su interior, esta operación se puede realizar acorde con la clasificación siguiente: (Polenin, 2012, p. 5).

- Manual
- Termostática
- Electromecánica
- Automática

1.2.4. Evaporador

El evaporador es el elemento en el cual, el refrigerante pasa de un estado líquido a gas, en el ciclo de refrigeración, de manera que, se absorbe el calor contenido en los alrededores del evaporador como calor sensible y se incorpora al refrigerante como calor latente, para posteriormente ser disipado por el condensador, se pueden clasificar según: (Aire Acondicionado, 2016, p. 10).

1. Su configuración constructiva.
 - Tubo descubierto
 - Superficie de placa
 - De aletas

2. El comportamiento de su refrigerante.
 - De expansión directa o expansión seca
 - Inundados
 - Sobrealimentados
3. Su método de circulación
 - Enfriador de doble tubo
 - Enfriador Baudelot
 - Enfriador tipo tanque
 - Enfriador con serpentín tipo casco
 - Enfriador acorazado.

1.2.5. Refrigerante

El refrigerante es el fluido encargado de absorber el calor de la fuente fría a baja presión y temperatura para entregarlo en la fuente caliente a alta presión y temperatura, pasando por los cambios de estado de líquido y vapor que experimenta el fluido refrigerante. A continuación se presenta la clasificación de los fluidos refrigerantes (Manresa, 2014, p. 15)

- Refrigerante CFC (clorofluorcarbonados)
- Refrigerante HCFC (hidroclorofluorcarbonados)
- Refrigerante HFC (hidrofluorcarbonos)
- Refrigerante simple azeotrópicos, poseen un punto de evaporación constante.
- Mezclas azeotrópicas
- Mezclas zeotrópicas

1.3. Selección del tipo de sistema de enfriamiento

La selección del tipo de sistema de acondicionamiento, está fundamentado en el tamaño del proyecto, condiciones climáticas del sitio, y características propias inherentes al diseño.

Los sistemas de climatización comúnmente utilizados para aplicaciones en edificaciones son:

- Por Expansión Directa (DX)
- Agua Helada (CHW)

- Volumen Variable de Refrigeración (VRF/VRV)

1.3.1. Principales características del sistema DX

Los sistemas de expansión directa son conocidos también por el nombre de expansión seca, estos sistemas están generalmente constituidos por una unidad de condensación y de evaporación como se observa en la Figura 1.1.

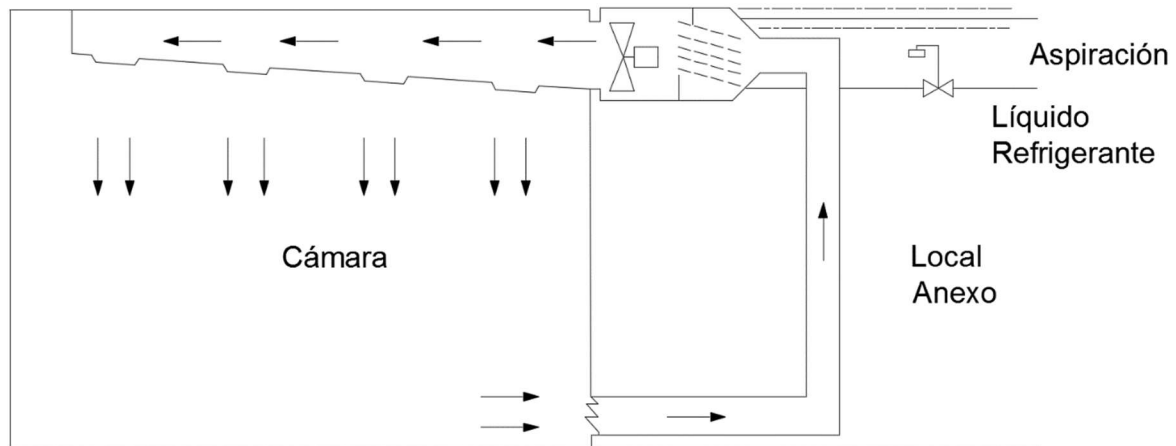


Figura 1. 1. Evaporador de expansión directa

Los sistemas de expansión directa se encargan de trasladar el calor desde el interior de una habitación o espacio a acondicionar hacia el exterior del mismo, el refrigerante en equipos de expansión directa es condensado en el exterior del recinto liberando de esta forma el calor hacia el ambiente, dado que la presión juega un papel importante en los procesos de condensación y evaporación del líquido refrigerante, los equipos son equipados con un compresor y una válvula de expansión (Franco, 2008).

En sistemas centralizados que usa expansión directa se debe enfocar el diseño en tres etapas:

- Sala de la planta. – esta se compone del compresor (semi-hermético cerrado o abierto) y el condensador, los compresores semi-herméticos cerrados son enfriado por aire mientras que los abiertos son enfriados por agua. El condensador debe ser del tipo carcasa y tubos, donde por lo general es enfriado por agua, el refrigerante se hace circular por las inmediaciones de los tubos del condensador a lo largo del lado de la

carcasa lo que permite un enfriamiento más rápido del refrigerante, para el enfriamiento del agua se recurre al uso de torres de enfriamiento (Franco, 2008).

- Unidad de tratamiento de aire. – el refrigerante pasa a la válvula de expansión (la unidad de tratamiento de aire contiene el evaporador o serpentín de refrigeración, filtro de aire y un ventilador), luego el refrigerante es dirigido hacia el serpentín donde enfría el aire que ingresa hacia la habitación. La unidad de tratamiento de aire cuenta con dos conductos uno para absorber el aire de retorno y el otro para enviar el aire frío, el ventilador con que está equipada la unidad permite absorber el aire de retorno, el cual pasa a los filtros y luego al serpentín, los sistemas de expansión directa funcionan de forma más eficiente para cargas altas (Franco, 2008).
- Habitación con aire acondicionado. – es el espacio a ser enfriado, este puede ser una habitación residencial, oficina, sala o cualquier espacio que necesite ser enfriado, los conductos que llevan el aire frío o al aire de retorno están conectados a rejillas o difusores (Franco, 2008).

1.3.2. Principales características del sistema CHW

Dentro de los sistemas de climatización centralizados los enfriadores de agua comúnmente llamados Chillers o Chilled Water Systems CHW, son los más empleados principalmente en circuitos extensos en los cuales la relación costo-beneficio de un circuito de tuberías de distribución este plenamente justificada, son seleccionados también por su capacidad de manejo de grandes cargas térmicas desde 1.5 hasta más de 2.000 Ton (Thermo Clima, 2016).

Los sistemas CHW, requieren de la instalación de un equipo generador de agua helada, el cual es el encargado de suministrar agua a baja temperatura a través de una red de tuberías ubicadas al interior de los evaporadores, para luego y por medio de un ventilador pasar el aire a través del serpentín logrando de esta manera enfriar la habitación.

1.3.3. Principales características del sistema (VRV/VRF)

Conocidos también como sistemas de caudal variable, el parámetro que varía en este tipo de sistemas es el flujo que es regulado a través de la tecnología invertir, poseen un conjunto de válvulas de expansión electrónicas, los compresores son incorporados a las unidades con el

fin de ajustar la capacidad demandada, de esta manera se consigue que el consumo de refrigerante (potencia frigorífica) sea función de la potencia que se entrega.

Los sistemas VRF son los más adecuados para aplicaciones de carga variable puesto que su diseño se basa en la tecnología inverter, permitiendo que el compresor de esta tecnología se adapte a la variabilidad de carga térmica del edificio, estos sistemas son ideales para edificaciones de oficinas, hoteles, comercios, viviendas unifamiliares, departamentos, bloques de departamentos.

Existen tres tipos de sistemas inverter:

- Solo frío. – potencia solo de enfriamiento
- Bomba de calor. – todas las unidades interiores funcionan a modo frío/calor
- Recuperación. – suministran calefacción y refrigeración.

Pueden ser diferenciados por el sistema de distribución del fluido frigorífero:

- Sistemas a dos tubos. – tubería líquida y tubería gas (aspiración en frío y descarga en calor)
- Sistemas a tres tubos. – tubería líquida, tubería de aspiración de gas y tubería de descarga de gas.

Se puede definir de la siguiente manera a los sistemas de caudal variable:

- Sistemas de expansión directa. – tienen una o varias unidades de condensación con baterías de tubo con aletas
- Sistema todo refrigerante. – en función del transporte o del lazo secundario, según clasificación de ASHRAE
- Sistemas de bomba de calor y recuperación de calor. – son sistemas de aire – aire que el fluido usado para la condensación es el aire exterior.
- Sistemas multisplit inverter. – son varios evaporadores conectados a una única unidad condensadora o unidad exterior

Los elementos básicos de un sistema inverter se observan en la Figura 1.2 los cuales son descritos a continuación:

- Convertidor. – tiene como función específica transformar la corriente alterna (CA) en corriente continua (CC)
- Inverter. – es un dispositivo de control ubicado en la unidad exterior el cual permite modificar la frecuencia influyendo así en la velocidad del compresor
- Compresor. – compresor de velocidad variable, capaz de ajustarse según la demanda

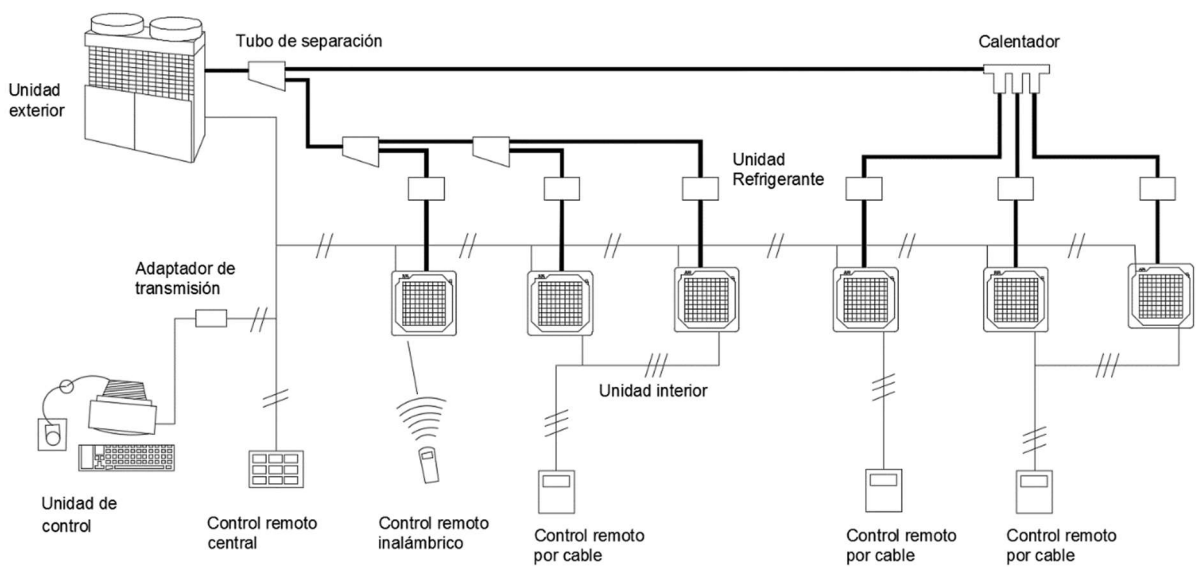


Figura 1. 2. Esquema de instalación VFR

2. FUNDAMENTOS DE CLIMATIZACIÓN

En el presente acápite se realiza el estudio de la climatización, y sus fundamentos, el análisis de cargas térmicas y sus principales factores que permiten brindar confort térmico, a continuación, se realizan una descripción más amplia.

La climatización está fundamentada, en los principios de la termodinámica del aire, donde se describen las características del aire atmosférico, sus propiedades físicas, y como estas pueden ser representadas de manera gráfica mediante el uso de cartas psicométricas, para poder ser controladas a través de su humedad y temperatura. Y de las dificultades que suponen en su proceso.

El análisis de las cargas térmicas, parte del estudio del espacio, zona o lugar donde se va a realizar el acondicionamiento, y mediante los mecanismos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación) existe la ganancia de calor al sistema. Así también, en el presente acápite se realiza el estudio de los componentes de la carga de enfriamiento, y la diferenciación que existe entre la carga pico y la carga de bloque, de sus diferentes metodologías para el cálculo.

2.1. Termodinámica del aire

En el proceso de climatización, es necesario abordar un conjunto de definiciones y metodologías, que permiten comprender los fundamentos de la climatización, de ahí que, el presente capítulo permite el estudio de los principales conceptos que regidos por principios y propiedades termodinámicas permiten contribuir al entendimiento de los fenómenos físicos que se suscitan. De tal forma se aborda el estudio del aire atmosférico, humedad, temperatura, etc.

2.1.1. Aire seco y aire atmosférico

El aire está compuesto por la mezcla de nitrógeno en un 78%, oxígeno 21 % y el 1% de sustancias como ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y gases nobles. El estudio del aire atmosférico se realiza como una mezcla de aire seco y vapor de agua o humedad, que es

debida a la condensación y evaporación que se producen en los océanos, lagos, ríos. El control de la cantidad de vapor de agua contenida en el aire es importante en los procesos de acondicionamiento.

Para acondicionamiento de aire las temperaturas habitualmente utilizadas varían en un rango de -10 hasta los $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ya que dentro de este intervalo es posible tratar al aire seco como un gas ideal ($c_p=1.005\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$ [$0.240\text{Btu/lbm}\cdot\text{R}$]), tomando una temperatura de 0°C como referencia. La entalpía y la variación de la misma, para el caso del aire seco puede calcularse como:(Cengel & Boles, 2011, p. 738).

$$h_{\text{aire seco}} = c_p T = (1.005\text{kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C})T \quad (\text{kJ/kg}) \quad (1)$$

$$\Delta h_{\text{aire seco}} = c_p \Delta T = (1.005\text{kJ/kg} \cdot ^{\circ}\text{C})\Delta T \quad (\text{kJ/kg}) \quad (2)$$

Dónde:

T = Es la temperatura en $^{\circ}\text{C}$

ΔT = Es la variación de temperatura en $^{\circ}\text{C}$

Para valores inferiores en la presión correspondientes a 12.3 kPa a una temperatura de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ es posible tratar al vapor de agua como un gas ideal haciendo posible el uso de la ecuación $Pv = RT$:

Tomando al vapor de agua como un gas ideal se tiene que la entalpía es función de la temperatura $h = h(t)$ esto se observa en la Figura 2.1 es decir que la entalpía del vapor de agua en el aire puede considerarse igual a la entalpía del vapor saturado a la misma temperatura.

$$h_v(T, \text{bajo } P) \cong h_g(T) \quad (3)$$

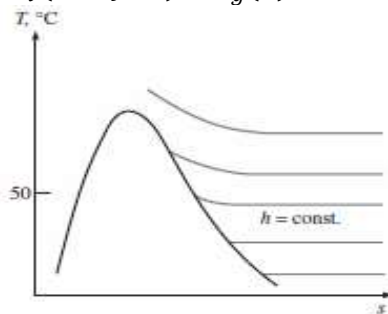


Figura 2. 1. Líneas de h y T constante coincidentes para la región de vapor sobrecalentado
(Fuente: Cengel & Boles, 2011)

De este modo si la temperatura del vapor de agua es 0 °C su entalpía es 2 500.9 kJ/kg. Tomando un valor promedio de calor específico $c_p = 1.82$ kJ/kg (en el intervalo de – 10 °C a 50 °C) la entalpía se calcula a partir de:

$$h_g(T) \cong 2500.9 + 1.82T \quad \text{kJ/kg} \quad (4)$$

$$h_g(T) \cong 1060.9 + 0.435T \quad \text{Btu/lbm} \quad (5)$$

2.1.2. Humedad específica y relativa del aire

La humedad absoluta o relativa es la relación de la masa de vapor de agua presente en una unidad de masa de aire seco, (conocida también como *relación de humedad*), se representa por medio de ω :

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} \left(\frac{\text{kg vapor de agua}}{\text{kg aire seco}} \right) \quad (6)$$

La humedad específica también se expresa como:

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = \frac{P_v V / R_v T}{P_a V / R_a T} = \frac{P_v / R_v}{P_a / R_a} = 0.622 \frac{P_v}{P_a} \quad (7)$$

$$\omega = \frac{0.622 P_v}{P - P_v} \left(\frac{\text{kg vapor de agua}}{\text{kg aire seco}} \right) \quad (8)$$

Donde P es la presión total.

Aire saturado.

Ocurre cuando al añadir vapor de agua al aire seco su humedad específica incrementa hasta que el aire no pueda contener más humedad en este punto se dice que el aire está saturado.

La cantidad de vapor de agua en el aire saturado a una temperatura y presión especificadas puede determinarse a partir de la ecuación (9), sustituyendo P_v por P_g , la presión de saturación del agua a esa temperatura (Cengel & Boles, 2011, p. 739).

Humedad relativa ϕ

Es la relación de la cantidad de humedad que el aire contiene (m_v), respecto a la cantidad máxima de humedad que el aire puede contener a la misma temperatura (m_g). De ahí que, la humedad relativa es la responsable de las condiciones de comodidad que ofrece un ambiente.

$$\phi = \frac{m_v}{m_g} = \frac{P_v V / R_v T}{P_g V / R_v T} = \frac{P_v}{P_g} \quad (9)$$

Donde $P_g = P_{sat@T}$

$$\phi = \frac{\omega P}{(0.622 + \omega) P_g} \quad (10)$$

$$\omega = \frac{0.622 \phi P_g}{P - \phi P_g} \quad (11)$$

“La humedad relativa varía de 0 para aire seco a 1 para aire saturado. Advierta que la cantidad de humedad que el aire puede contener depende de su temperatura. Por lo tanto, la humedad relativa del aire cambia con la temperatura, aunque su humedad específica permanezca constante”(Cengel & Boles, 2011, p. 740).

Ya que el aire atmosférico es una mezcla de aire seco y vapor de agua, la entalpía total del aire atmosférico se puede expresar como la suma de las entalpías parciales del aire seco y el vapor de agua. En la mayor parte de las aplicaciones prácticas, la cantidad de aire seco en la mezcla de aire-vapor de agua permanece constante, pero la cantidad de vapor de agua cambia. En consecuencia, la entalpía del aire atmosférico se expresa *por unidad de masa del aire seco*, y no por unidad de masa de la mezcla de aire-vapor de agua. La entalpía total (una propiedad extensiva) del aire atmosférico es la suma de las entalpías del aire seco y del vapor de agua:

$$H = H_a + H_v = m_a h_a + m_v h_v \quad (12)$$

Dividiendo para m_a y teniendo en cuenta que $h_v \cong h_g$:

$$h = \frac{H}{m_a} = h_a + \frac{m_v}{m_a} h_v = h_a + \omega h_v \quad (13)$$

$$h = h_a + \omega h_g \quad (\text{kJ/kg aire seco}) \quad (14)$$

2.1.3. Temperatura de punto de rocío

Sucede cuando el exceso de humedad contenido en el aire en forma de vapor se condensa en las superficies de sus alrededores que se encuentran a menor temperatura a la del aire atmosférico. De ahí que, se dará inicio a la formación de pequeñas gotas de agua denominadas rocío. El principio sucede ya que “la capacidad del aire de sostener la humedad se iguala al contenido de humedad de este”, es aquí donde en este punto, el aire se satura con humedad relativa al 100% donde cualquier descenso mínimo en la temperatura del aire dará lugar a la condensación de la humedad y al rocío.

La temperatura del punto de rocío T_{pr} es la temperatura a la que se inicia la condensación si el aire se enfría a presión constante. Es decir, es la temperatura de saturación del agua correspondiente a la presión de vapor.

$$T_{pr} = T_{sat @ P_v} \quad (15)$$

La figura 2.2. Permite visualizar; el efecto que tiene el aire cuando es enfriado a presión constante, la presión de vapor P_v también permanece constante. Así el aire se enfría hasta alcanzar la línea de vapor saturado, donde la temperatura en este punto es la del punto de rocío. Si la temperatura desciende un poco más algo del vapor se condensará en consecuencia, la cantidad de vapor en el aire disminuye, lo que produce una disminución de P_v .

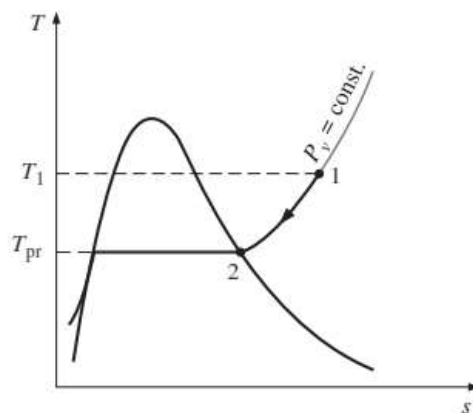


Figura 2. 2. Enfriamiento constante del agua y T_{pr}
(Fuente: Cengel & Boles, 2011)

2.1.4. Temperaturas bulbo húmedo

La temperatura de bulbo húmedo T_{bh} , se lee mediante un termómetro que tenga su bulbo encerrado o cubierto por una mecha humedecida con agua. De modo que, cuando el aire no saturado pase a través de la mecha un poco del agua contenida se evaporará. Esto produce un descenso en la temperatura del agua, lo que provoca una diferencia de temperatura dando lugar al motor térmico para que se produzca la transferencia de calor entre el aire y el agua, cuando la pérdida por calor del agua por evaporación es igual a la ganancia de calor del aire, la temperatura en el agua se estabiliza. De ahí que, la lectura del termómetro en este punto es la temperatura de bulbo húmedo (Shapiro, 2010, p. 606).

En general, la temperatura de saturación adiabática y la temperatura de bulbo húmedo no son iguales. Pero para mezclas de aire-vapor de agua a presión atmosférica, la temperatura de bulbo húmedo es aproximadamente igual a la temperatura de saturación adiabática. Así, la temperatura de bulbo húmedo T_{bh} puede emplearse en la ecuación (16) en lugar de T_2 para determinar la humedad específica del aire (Cengel & Boles, 2011, p. 745).

$$\omega_1 = \frac{c_p(T_2 - T_1) + \omega_2 h_{fg_2}}{h_{g_1} - h_{f_2}} \quad (16)$$

$$\omega_1 = \frac{0.622 P_{g_2}}{P_2 - P_{g_2}} \quad (17)$$

2.1.5. Carta psicrométrica

Se denomina carta psicrométrica, a las propiedades del aire como una mezcla de vapor y agua, que se pueden representar de manera gráfica, pudiendo determinar de una manera práctica y rápida propiedades como: Temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa, punto de rocío, humedad específica, entalpía y volumen específico, propiedades que son evidenciadas en la carta psicrométrica de la figura 2.3.

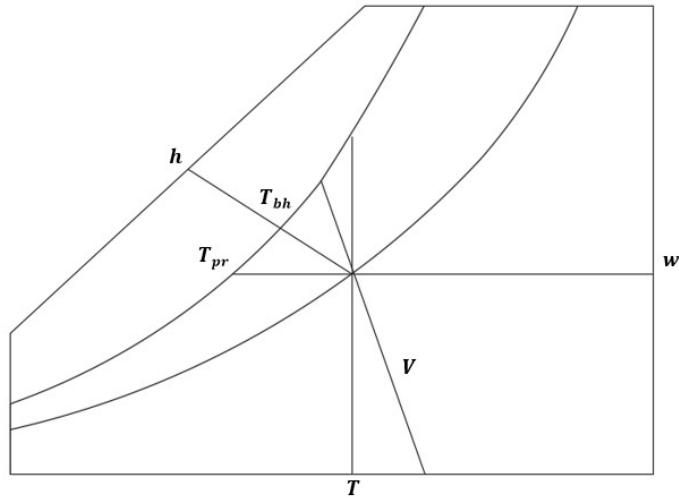


Figura 2. 3. Propiedades psicrométricas
(Fuente: Cengel & Boles, 2011)

Dónde:

T = Temperatura de bulbo seco
 T_{bh} = Temperatura de bulbo húmedo
 T_{pr} = Temperatura de punto de rocío
 w = Humedad específica
 h = Entalpía
 V = Volumen específico

2.2. Control de humedad y temperatura

La humedad es un parámetro significativo en comodidad. Los niveles de humedad relativa también afectan la salud humana y animal de varias maneras. El sistema respiratorio se ve afectado negativamente cuando las humedades relativas son demasiado bajas y el efecto de aire seco reseca la nariz y los lincos bronquiales conduciendo a una mayor incidencia de enfermedades respiratorias (McQuiston, Parker, & Spitler, 2005, p. 95).

Las altas humedades relativas fomentan la condensación y la mayor probabilidad de crecimiento de materia nociva como moho y hongos. Muchas plagas como los ácaros del polvo, las bacterias y los virus prosperan en humedades relativamente altas. Como regla general, los espacios interiores con humedades relativas alrededor del 50 por ciento parecen ser los más libres de los problemas de salud de los ocupantes (McQuiston et al., 2005, p. 95).

Debe prestarse atención al diseño de sistemas HVAC (Heating, ventilation and air condition) para satisfacer los requisitos de humedad como las cargas térmicas. Para mantener las humedades relativas al espacio dentro de límites aceptables en climas templados generalmente debe eliminarse humedad de todo o parte del aire de suministro cuando se debe enfriar y generalmente cuando se calienta.

Los procesos de des-humidificación y humidificación pueden crear problemas adicionales de salud y daños materiales si no se realizan con cuidado. El método más común de des-humidificación de una corriente de aire se produce en la bobina de enfriamiento, donde la humedad de la corriente de aire se condensa cuando la aleta fría de la bobina entra en contacto con el aire en sus superficies. Ya que, las superficies están por debajo de la temperatura del punto de rocío esto permite la formación de pequeñas gotas de rocío. El sistema típico está diseñado de manera que el agua líquida que se acumula en las superficies de la bobina cae por gravedad a un contenedor que se encuentra debajo de la bobina y se drena para su posterior eliminación (McQuiston et al., 2005, p. 97), el esquema general del deshumidificador se observa en la Figura 2.4.

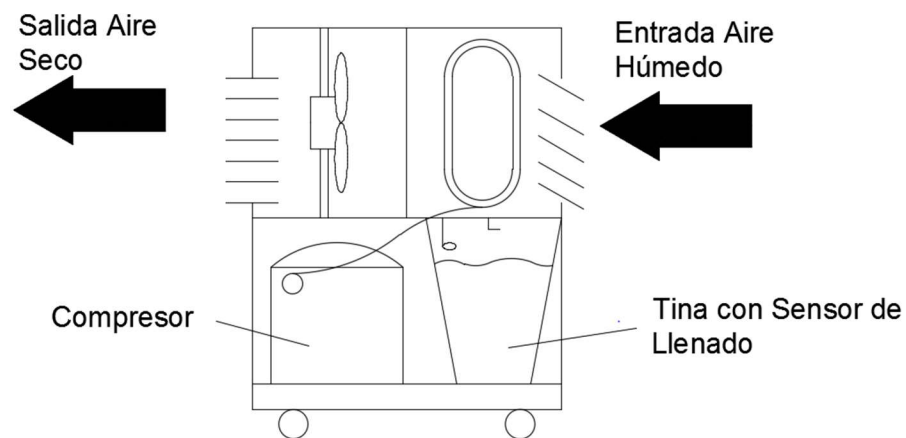


Figura 2. 4. Esquema de un deshumidificador
(Fuente: (Lovely mushroom, 2016, p. 4)

Las condiciones al aire libre extremadamente húmedas, ó altas proporciones de cargas internas latentes a sensibles (como con una piscina cubierta) pueden requerir procesos especiales de des-humidificación. Un proceso común es simplemente bajar el aire de suministro a una temperatura lo suficientemente baja como para eliminar la cantidad de

humedad requerida y luego recalentar ese aire hasta una temperatura requerida para satisfacer la carga de enfriamiento del espacio. El uso de calor del condensador recuperado u otra energía de desecho hace que este proceso sea más aceptable desde el punto de vista de la conservación económica o energética. La humedad también puede reducirse mediante la reducción de la velocidad del ventilador (reducción del caudal de aire). Otro proceso consiste en usar desecantes superficiales o líquidos para eliminar el agua químicamente o aire recirculado. Un desecante es un material absorbente que tiene una afinidad particular por el agua, son materiales higroscópicos. Los desecantes son particularmente útiles en sistemas HVAC en los que:

- Existe una alta relación de carga latente a sensible
- El coste de energía para regenerar el desecante es bajo en relación con el costo de energía para usar un ciclo de refrigeración para la des-humidificación
- El aire debe enfriarse por debajo del punto de congelación en un intento de deshumidificar por la refrigeración.
- El aire debe ser entregado continuamente en las temperaturas de sub-frecuencia

2.2.1. Dificultades en el control de humedad

Puede surgir un problema cuando el líquido se inyecta desde la bobina por la corriente de aire y en el conducto de suministro. Si este líquido se acumula con el tiempo, puede causar el crecimiento de hongos o moho. El mismo problema puede ocurrir en la bandeja de drenaje si no se drena correctamente y se retiene el líquido o se produce el desbordamiento. Además, si la unidad de refrigeración está en ciclo de encendido y apagado en ciclos cortos debido a la baja demanda, la humedad puede dejarse en la bobina para volver a evaporarse con la corriente de aire y ser llevado de nuevo al espacio acondicionado, manteniendo la humedad alta. Las bobinas de enfriamiento que están continuamente mojadas pueden desarrollar el crecimiento de hongos y moho en las superficies de la bobina. Las lámparas ultravioletas (UV) y las superficies especialmente tratadas han demostrado ser útiles para prevenir este crecimiento. Las bobinas de enfriamiento se diseñan y seleccionan típicamente para proporcionar un enfriamiento latente adecuado (McQuiston et al., 2005, p. 100).

2.3. Análisis de cargas térmicas

El análisis de las cargas térmicas está determinado por el espacio, o zona donde se realiza su estudio, y por el mecanismo de transferencia de calor que propicia la ganancia de calor, a continuación, se presenta un estudio más a fondo.

2.3.1. Espacio, habitación y zona

El espacio es el volumen de un sitio sin particiones o una sala particionada o grupo de habitaciones particionadas. Mientras que una habitación es el espacio dividido o cerrado que generalmente se lo trata como una sola carga, las habitaciones pueden tener un sistema de control individual. Una zona es el espacio formado por varias habitaciones o unidades de espacio que por lo general tienen algún tipo de carga coincidente o similares características operativas, entre las principales características de la zona se destacan las que pueden ser constituidas en muchas habitaciones particionadas, pudiendo ser un espacio acondicionado o sin acondicionamiento, donde la unidad básica es la zona de control (Wang, 2010, p. 257).

2.3.2. Calor de convección y radiación

Cuando el calor entra en el espacio a acondicionar desde una fuente externa o es liberado al espacio desde una fuente interna, la ganancia de calor del espacio a acondicionar se puede clasificar en dos formas de ganancia de calor:(Wang, 2010, p. 257), Las formas de transferencia de calor en un espacio acondicionado se observa en la Figura 2.5.

- Calor por radiación: Cuando la radiación incidente golpea sobre la superficie de una losa de hormigón, la mayor parte de su calor radiante es absorbido por la losa, como consecuencia de la absorción, la temperatura de la superficie externa de la losa aumenta. Si la losa y el espacio acondicionado están en equilibrio térmico originalmente, entonces hay un calor convectivo y una transferencia de calor radiante desde la superficie de la losa hasta el espacio aéreo y otras superficies.
- Mientras tanto, la transferencia de calor debido a la conducción tiene lugar desde la superficie hasta la parte interior de la losa. Donde el calor se almacena dentro de la losa. El calor almacenado es liberado al aire espacial cuando la temperatura de la superficie cae por debajo de la temperatura de la parte interior de la losa.

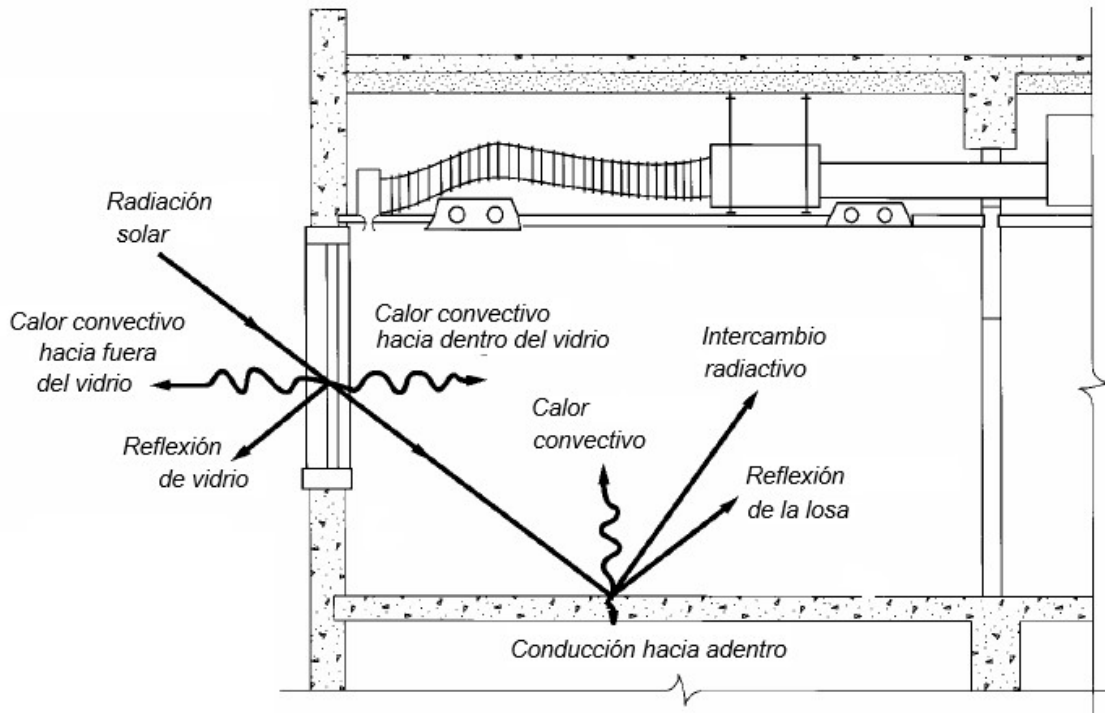


Figura 2. 5. Calor de convección y radiación en un espacio acondicionado
(Fuente: Wang, 2010, p. 257)

“Para mantener la temperatura del aire del espacio preestablecido es necesario que el calor transmitido por convección hacia el espacio acondicionado sea retirado de forma instantánea”(Wang, 2010, p. 259).

2.3.3. Cargas de espacio y equipo

La transferencia de calor sensible y latente entre el espacio aéreo y el entorno puede clasificarse de la siguiente manera: (Wang, 2010, p. 259).

1. La ganancia de calor por espacio definida como q_e en Btu/h (W), representa la velocidad a la cual el calor entra en un espacio acondicionado desde una fuente externa o es liberado al espacio desde una fuente interna durante un intervalo de tiempo determinado.
2. La carga de enfriamiento del espacio definida por Q_{rc} , Btu/h (W), es la velocidad a la cual se debe retirar el calor de un espacio acondicionado para mantener una temperatura constante y una humedad relativa aceptable. La carga de enfriamiento

sensible es igual a la suma de la transferencia de calor convectiva de las superficies de la envoltura del edificio, el mobiliario, los ocupantes, los aparatos y el equipo.

3. La carga de calentamiento del espacio Q_{rh} , Btu/h (W) es la velocidad a la que se debe añadir calor al espacio acondicionado para mantener una temperatura constante y a veces una humedad relativa específica.
4. La tasa de extracción de calor del espacio Q_{ex} , Btu/h (W), es la velocidad a la que el calor debe ser realmente retirado del espacio acondicionado por el sistema de aire. La velocidad de extracción de calor sensible es igual a la carga de enfriamiento sensible sólo cuando la temperatura del aire del espacio permanece constante.
5. La carga de bobina Q_c , Btu/h (W), es la velocidad de transferencia de calor en la bobina. La carga de la bobina de enfriamiento Q_{cc} , Btu/h (W), es la velocidad a la cual el calor es eliminado por el agua refrigerada que fluye a través de la bobina o es absorbido por el refrigerante dentro de la bobina.
6. La carga de la bobina de calentamiento Q_{ch} , Btu/h (W), es la velocidad a la que se añade calor al aire acondicionado desde el agua caliente, vapor o elementos de calentamiento eléctricos dentro de la bobina.
7. La carga de enfriamiento Q_{rl} , Btu/h (W), es la velocidad a la cual el calor es absorbido por el refrigerante en el evaporador. Para los sistemas hidráulicos centrales, la carga de refrigeración es la suma de la carga de la bobina más el aumento de calor de la tubería de agua enfriada, la ganancia de calor de la bomba y el aumento de calor del tanque de almacenamiento. Para la mayoría de los sistemas de agua en edificios comerciales, la tubería de agua y la ganancia de calor de potencia de la bomba es sólo alrededor de 5 a 10 por ciento de la carga de la bobina. En un sistema de aire acondicionado con bobina (s) DX, la carga de refrigeración es igual a la carga de la bobina DX.

La ganancia de calor sensible instantánea de un espacio acondicionado no es igual a la carga de enfriamiento sensible instantánea debido al almacenamiento de parte del calor radiante dentro de las estructuras del edificio. Este fenómeno da como resultado una carga de enfriamiento instantánea más pequeña que la de la ganancia de calor cuando está en su valor máximo durante un ciclo diario, como se muestra en la Figura 2.6.

Si la humedad relativa del espacio se mantiene a un valor aproximadamente constante, el efecto de almacenamiento de la humedad en la envoltura del edificio y en el mobiliario puede ser ignorado. Entonces, la ganancia de calor latente instantáneo será la misma que la carga de enfriamiento latente del espacio instantáneo.

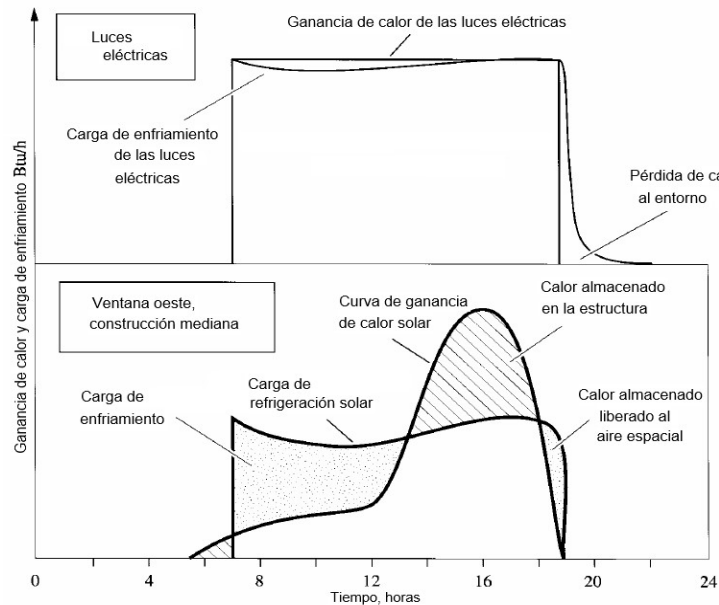


Figura 2. 6. Ganancia de calor solar y ganancia de calor de las luces eléctricas y las cargas de enfriamiento de espacio correspondientes para un sistema de aire de apagado nocturno. (Fuente: Wang, 2010, p. 259)

Del análisis del diagrama de ganancia de calor y carga térmica de enfriamiento, de la figura 2.6 se puede determinar:

- En muchas edificaciones los sistemas de aire se cierran durante períodos de desocupación generalmente en la noche. El sistema puede estudiarse en tres períodos.
 - Período de cierre nocturno está determinado a la conexión y desconexión en cada ciclo de trabajo.
 - El aumento repentino de la temperatura en el interior está determinado por las infiltraciones, a través de elevadores, ejes de tubería, grietas en ventanas, así como cualquier transferencia de calor desde el cristal de las ventanas, paredes o techos, causando cambios repentinos sobre la temperatura en su interior. Las infiltraciones provocan el incremento de la humedad relativa en el interior, afectando a los equipos, dispositivos, etc.

- En invierno al estar apagado el sistema de aire la temperatura en el interior desciende en gran parte debido a la pérdida de carga térmica a través de las ventanas externas, paredes y techos, el efecto sobre la humedad relativa es el incremento en gran parte debido al descenso de la temperatura en los interiores.

2.3.3.1. Consideraciones de las cargas de enfriamiento y calentamiento

El período de enfriamiento o calentamiento, tiene su inicio cuando el sistema de aire comienza a funcionar, y termina cuando el sistema ha alcanzado los límites predeterminados. El sistema de des-humidificación y suministro de aire frío, provoca una caída de temperatura y humedad en el aire espacial, de ahí que, el calor como la humedad se transfieren de la envolvente del edificio al aire espacial en el interior. Esta transferencia de calor y humedad forman la carga de refrigeración por enfriamiento, donde en algunas ocasiones puede llegar a ser la máxima carga de refrigeración en verano.

La carga de calentamiento durante la época de invierno aumenta la temperatura del espacio y disminuye la humedad relativa, esta carga es determinada por la transferencia de calor desde el aire espacio de la envolvente del edificio más frío y la energía térmica requerida para elevar la temperatura de la envolvente del edificio (Wang, 2010, p. 261)

2.3.4. Componentes de la carga de enfriamiento

Los cálculos de la carga de enfriamiento para el diseño del sistema de aire acondicionado se usan principalmente para determinar el caudal volumétrico del sistema de aire, así como la carga de la bobina y la refrigeración del equipo para dimensionar el equipo HVAC y proporcionar los insumos al sistema para determinar los cálculos de uso de energía con el fin de seleccionar alternativas óptimas de diseño. Por lo general, la carga de enfriamiento se clasifica en dos categorías: externa e interna (Wang, 2010, p. 262).

1. Cargas externas de enfriamiento. - Estas cargas se forman debido a las ganancias de calor en el espacio acondicionado desde fuentes externas a través del envoltorio del edificio o de la carcasa del edificio y las paredes divisorias. Las fuentes de cargas externas incluyen las siguientes cargas de enfriamiento:

- Ganancia de calor que entra desde las paredes y techos exteriores.
- Ganancia de calor solar transmitida a través de las fenestraciones.
- Ganancia de calor conductivo a través de las fenestraciones.
- Ganancia de calor que entra desde las paredes divisorias y puertas interiores.
- Infiltración de aire exterior en el espacio acondicionado.

2. Cargas internas de enfriamiento. - Estas cargas están formadas por la liberación de calor sensible y latente de las fuentes de calor dentro del espacio acondicionado. Estas fuentes aportan cargas de enfriamiento internas:

- Gente
- Luces eléctricas
- Equipos y aparatos

Si se excluyen las transferencias de humedad de las estructuras del edificio y de los muebles, sólo el aire filtrado, los ocupantes, el equipo y los electrodomésticos tienen cargas de refrigeración sensible y latente. Los restantes componentes sólo tienen cargas de refrigeración sensibles.

Todas las ganancias de calor sensibles que entran en el espacio acondicionado representan el calor por radiación y el calor por convección excepto el aire infiltrado. El calor radiante provoca el almacenamiento de calor en las estructuras del edificio, convierte parte de la ganancia de calor en carga de enfriamiento y hace que los cálculos de la carga de enfriamiento sean más complicados. Las ganancias de calor latentes son ganancias de calor por la transferencia de humedad de los ocupantes, equipos, electrodomésticos o aire infiltrado. Si se ignora el efecto de almacenamiento de la humedad, todos liberan calor al aire del espacio instantáneamente y, por lo tanto, son cargas de enfriamiento instantáneas (Wang, 2010, p. 263).

2.3.5. Componentes de la carga de la bobina de enfriamiento

Si se ignora la ganancia de calor producida por efecto de conducción desde la estructura de la bobina y el soporte, la carga de la bobina de enfriamiento consta de los siguientes componentes, como se muestra en la Figura 2.7. Por el ciclo de aire acondicionado de verano

O-m-cc-s-r-rf-m de un volumen constante de aire de suministro, un conducto de suministro único y que sirve una sola zona.

1. Carga de enfriamiento del espacio Q_{rc} , incluyendo carga sensible y latente.
2. La ganancia de calor del sistema de suministro q_{ss} , debido a la ganancia de calor del ventilador de suministro q_{sf} , y la ganancia de calor del conducto de suministro q_{sd} .
3. Regresar la ganancia de calor del sistema q_{rs} debido a las ganancias de calor de las luces eléctricas empotradas y la plenum del techo q_{rp} , del conducto de retorno q_{rd} , y el ventilador de retorno q_{rf} si lo hay.
4. Carga sensible y latente debido a las tasas de ventilación al aire libre Q_o para satisfacer las necesidades de los ocupantes y otros.

En la Figura 2.7. El ciclo de aire acondicionado de verano Om-cc-sr-rf-m consiste en un proceso de mezcla adiabática Om-rf, un proceso de enfriamiento y des-humidificación m-cc, un proceso de ganancia de calor del sistema de suministro cc-s, un proceso de acondicionamiento del espacio rs, y un proceso de ganancia de calor del sistema de retorno r-rf. En este caso, O indica el estado del aire exterior, m la mezcla de aire exterior y recirculación de aire, cc el aire acondicionado que sale de la bobina, s el aire de suministro, r el espacio acondicionado y rf el aire recirculante. Todas las cargas de enfriamiento y las ganancias de calor están en Btu/h (W). Por lo general, las ganancias de calor del sistema de suministro y retorno son cargas sensibles. Estos componentes son absorbidos por el aire de suministro y el aire de retorno y aparecen como cargas de enfriamiento y des-humidificación en la bobina de enfriamiento durante el verano ver figura 2.7.

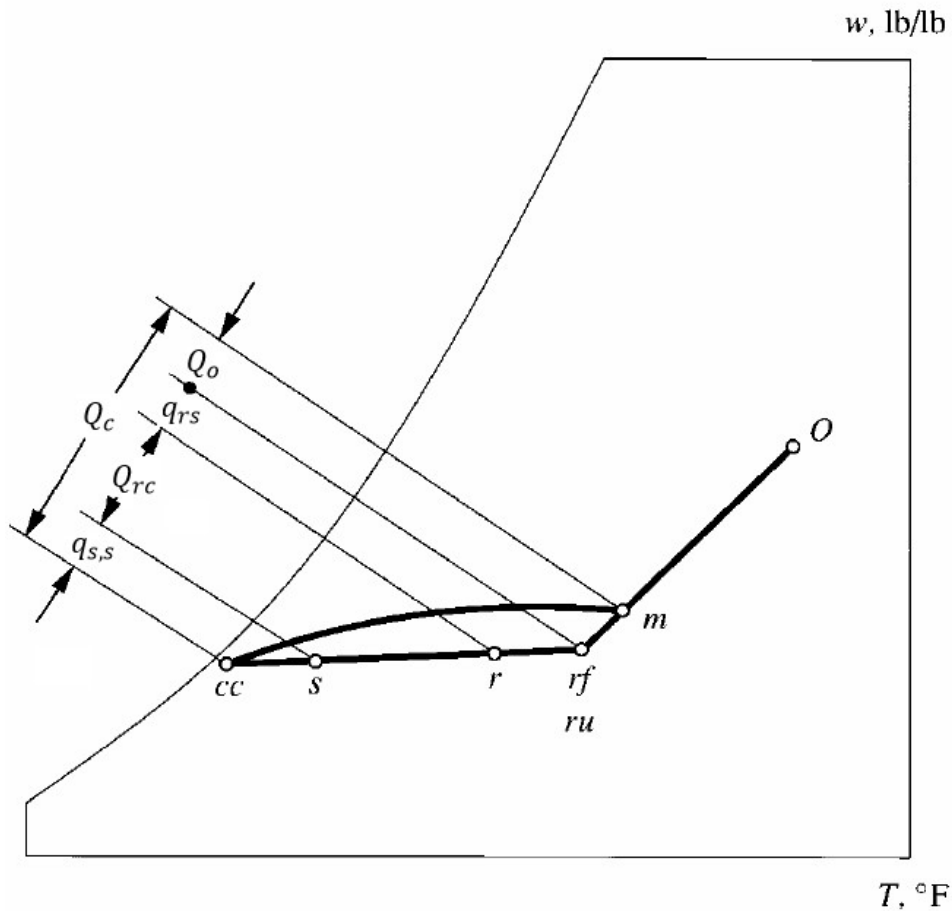


Figura 2. 7. Diferencia entre la carga de enfriamiento y la carga de la bobina de refrigeración en la carta psicométrica.

(Fuente: Wang, 2000, p. 263)

2.3.6. Diferencia entre la carga de enfriamiento y la carga de la bobina de enfriamiento

Para el mismo ciclo de acondicionamiento mostrado en la figura anterior se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. La carga de enfriamiento del espacio está representada por Q_{rc} , y la carga de la bobina de enfriamiento está representada por Q_c . Dado que la ganancia de calor del sistema de suministro q_{ss} y la ganancia de calor del sistema de retorno q_{rs} son ambas cargas de enfriamiento instantáneas, entonces:

$$Q_c = Q_{rc} + q_{ss} + q_{rs} + Q_o \quad (18)$$

Donde Q_o = Carga debido a la entrada de aire de ventilación exterior, Btu / h (W).

2. La carga de enfriamiento del espacio Q_{rc} se utiliza para determinar la velocidad de flujo del volumen de suministro \dot{V}_s , mientras que la carga de la bobina Q_c se utiliza para determinar el tamaño de la bobina de enfriamiento en una unidad de tratamiento de aire o bobina DX en una unidad empaquetada.
3. Un componente de carga de refrigeración \dot{V}_s influye tanto en el tamaño de la bobina de enfriamiento, mientras que un componente de la carga de la bobina de refrigeración no puede afectar \dot{V}_s .
4. La ganancia de calor de infiltración es una carga de enfriamiento instantánea. De la figura 2.7., es evidente que la carga debida al aire de ventilación exterior Q_o , a veces llamada carga de ventilación, es una carga de bobina. Si Q_o se considera una carga de enfriamiento, la velocidad de flujo de volumen del sistema de aire será sobredimensionada.

2.3.7. Carga de pico y carga de bloque

La carga máxima de la zona es la carga máxima de enfriamiento del espacio en un perfil de carga de una zona de control de la misma orientación y características similares de carga interna calculadas de acuerdo con las curvas diarias de bulbo seco al aire libre y coincidentes con las de diseño al aire libre en verano o invierno. Para una carga de enfriamiento de zona con varios componentes, como carga solar a través de vidrio de ventana, transferencia de calor a través de techos o carga interna de luces eléctricas, la carga máxima de zona es siempre la suma máxima de estos componentes de carga de refrigeración de zona en un momento dado. La carga de bloque es la suma máxima de las cargas de refrigeración de zonas de varios perfiles de carga de las zonas de control de un piso de edificio o de un edificio al mismo tiempo. La carga de un espacio, habitación, piso o edificio es la suma máxima de los componentes de la carga de enfriamiento en ese espacio, habitación, piso o edificio en un momento dado, el perfil de carga típico de un piso en una edificación se observa en la figura 2.8.

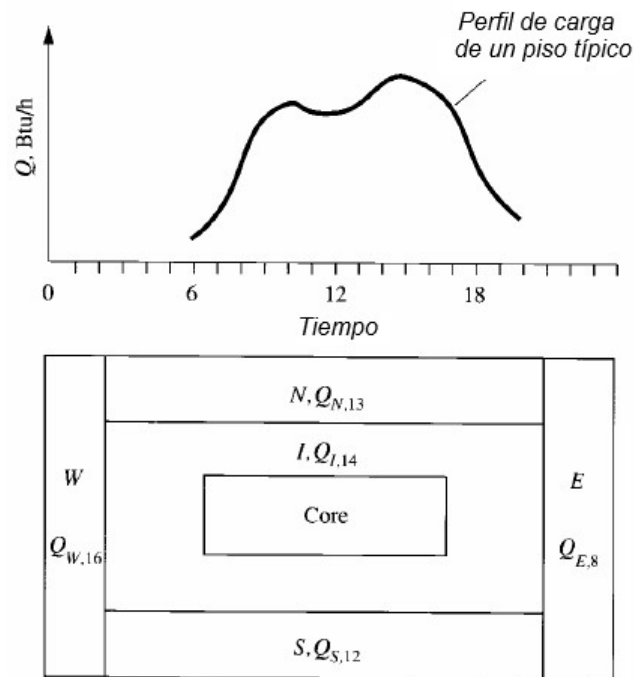


Figura 2. 8. Perfil de carga, carga pico y carga de bloques.
(Fuente: Wang, 2000, p. 263)

Para sistemas de aire, el caudal de volumen de suministro requerido para una zona de control se calcula en base a la carga máxima de la zona; Y el caudal de volumen de suministro para un área, una habitación, un piso o un edificio específico debe calcularse en base a la carga de bloque (enfriamiento) de esta área, habitación, piso o edificio específico. Para el espacio acondicionado utilizando sistemas de volumen de aire variable y sistemas de aire acondicionado espaciales, la carga de la bobina de enfriamiento requerida o la carga de refrigeración se pueden calcular sobre la base de la carga de bloque del área específica correspondiente que el sistema de aire sirve.

La carga de calentamiento es usualmente la carga máxima de calentamiento de un espacio, habitación, zona, piso o edificio en un perfil de carga. La carga de bloque no es necesaria en cálculos de carga de calentamiento debido a que la radiación solar y las cargas internas no se tienen en cuenta. La carga de calefacción de diseño depende enteramente de la diferencia de temperatura interior-exterior (Wang, 2010, p. 265).

Bajo el supuesto de que un piso típico de un edificio de varias plantas tiene cinco zonas: una hacia el norte, una hacia el sur, una al este, otra al oeste y una zona interior. Para cada zona, hay una curva de rendimiento de carga de enfriamiento diaria correspondiente y una carga de pico de zona $Q_{N,13}$, $Q_{S,12}$, $Q_{E,8}$, $Q_{W,16}$ y $Q_{I,14}$. Aquí, los subíndices N, S, E, W e I indican el norte, el sur, el este, el oeste y el interior, respectivamente; 8, 12, 13, 14 y 16 representan el tiempo a 8, 12, 13, 14 y 16 h, respectivamente (Wang, 2010, p. 265).

La carga de bloque de este típico piso $Q_{max,t}$ no se calcula como la suma de las cargas de pico de zona $Q_{N,13}$, $Q_{S,12}$, $Q_{E,8}$, $Q_{W,16}$ y $Q_{I,14}$. La carga de bloques se calcula en cambio durante un tiempo específico. Por ejemplo, la carga de bloque $Q_{max,14}$, Btu/h (W), es la carga de bloques a las 14 h, es decir: (Wang, 2010, p. 265).

$$Q_{max,14} = Q_{N,14} + Q_{S,14} + Q_{E,14} + Q_{W,14} + Q_{I,14} \quad (19)$$

2.3.8. Metodología – Balance térmico

El método exacto para calcular la carga de enfriamiento del espacio es usar ecuaciones de equilibrio térmico para determinar la temperatura de las superficies interiores de la estructura del edificio en el tiempo (t) de manera simultánea y luego calcular la carga de enfriamiento sensible al espacio, que es igual a la suma de la convección. La transferencia de calor de estas superficies, las cargas de enfriamiento latentes y la carga de enfriamiento debida al aire inflado en el instante (t) (Wang, 2010, p. 266).

Considere una habitación típica con aire acondicionado, como se muestra en la Figura 2.5. En esta sala, la envoltura del edificio consta principalmente de paredes, ventanas, techos y pisos. También hay transferencia de calor de los ocupantes, luces eléctricas y equipo. La transferencia de calor entre varias superficies tiene lugar bajo las siguientes suposiciones: (Wang, 2010, p. 266).

- Sólo se considera el flujo de calor transitorio unidimensional a través de la envoltura del edificio.
- El aire de la habitación se mezcla perfectamente con el aire de suministro de modo que la temperatura del aire ambiente resultante es uniforme.

- Los materiales de la envoltura del edificio son homogéneos. La temperatura superficial, el coeficiente de transferencia de calor y la absorptividad para cada superficie son valores uniformes. Así también la reflexión es muy pequeña y puede ignorarse.
- La carga de enfriamiento se calcula sobre la base del valor medio de un intervalo de tiempo fijo, tal como 1 h. Metodología de la función de transferencia TFM

El método de la función de transferencia o el método del factor de ponderación es una simplificación del método del balance térmico laborioso. La amplia aplicación del TFM se debe a la facilidad de uso de las entradas y salidas del software TFM y al ahorro de tiempo de computación. En el método de la función de transferencia, las temperaturas de la superficie interior y la carga de enfriamiento del espacio se calcularon primero por el método del balance térmico exacto para muchas construcciones representativas. A continuación, se calcularon los coeficientes de la función de transferencia (factores de ponderación) que convierten las ganancias de calor en cargas de enfriamiento. A veces, los coeficientes de función de transferencia también se desarrollaron a través de pruebas y experimentos (Wang, 2010, p. 270).

Los coeficientes de la función de transferencia de habitación (factores de ponderación) se generan originalmente basándose en una configuración de habitación típica de 15 pies x 15 pies con un techo de 10 pies (4,5 mx 4,5 m con 3 m) y una exposición de 30 por ciento de vidrio a principios de los años setenta. A finales de los años ochenta, la introducción de 14 parámetros influenciales de las características de las zonas por Sowell (1988) permitió que los coeficientes de función de transferencia de habitación adoptados se ajustarán más al tipo de habitación que se iba a utilizar. Hoy en día, TFM es el método de cálculo de carga asistido por ordenador más ampliamente adoptado en las empresas de consultoría de HVAC & R (Wang, 2010, p. 270).

2.3.8.1. Función de transferencia y función de tiempo

La función de transferencia K de un elemento o sistema es la relación de la transformada de Laplace de la salida Y a la transformada de Laplace de la fuerza de entrada o de accionamiento G : (Wang, 2010, p. 270).

$$Y = KG \quad (20)$$

Cuando una función de tiempo continua $f(t)$ está representada por intervalos regulares Δt , sus magnitudes son $f(0), f(\Delta), f(2\Delta), \dots, f(n\Delta)$, la transformada de Laplace se da como:

$$\varphi(z) = f(0) + f(\Delta)z^{-1} + f(2\Delta)z^{-2} + \dots + f(n\Delta)z^{-n} \quad (21)$$

Dónde:

Δ = intervalo de tiempo, h

$z = e^{s\Delta}$

El polinomio z^{-1} se denomina transformada z de una función continua $f(t)$

Y, K y G se pueden representarse en forma de transformada z . Debido al componente radiactivo y al efecto de almacenamiento de calor asociado, la carga de enfriamiento sensible al espacio en el tiempo t puede estar relacionada con las ganancias de calor sensibles y cargas de enfriamiento anteriores en forma de una función continua del tiempo $f(t)$, que puede expresarse como z transformada (Wang, 2010, p. 270).

2.3.8.1.1. Procedimiento de cálculo

El cálculo de la carga de enfriamiento del espacio mediante el método de la función de transferencia consta de dos pasos. En primer lugar, las ganancias de calor o la pérdida de calor de las paredes exteriores, techos y pisos se calcula usando factores de respuesta o coeficientes de función de transferencia de conducción; Y las ganancias de calor solar e interna se calculan directamente para la hora programada. En segundo lugar, los coeficientes de función de transferencia de habitación o factores de ponderación de la sala se utilizan para convertir las ganancias de calor en cargas de enfriamiento o las pérdidas de calor en cargas de calentamiento (Wang, 2010, p. 270).

El TFM es limitado debido a que las cargas de enfriamiento así calculadas dependen del valor de los coeficientes de la función de transferencia, así como las características del espacio y cómo se varían de los usados para generar los coeficientes de la función de transferencia. Además, TFM asumió que la carga de enfriamiento total se puede calcular simplemente añadiendo los componentes individuales el principio de superposición. Sin embargo, esta suposición puede causar algunos errores (Wang, 2010, p. 270).

2.3.9. Método Diferencia de Temperatura de Carga de Enfriamiento (CLTD)

El método de la diferencia de temperatura de carga de enfriamiento (CLTD) / carga de enfriamiento solar (SCL) / factor de carga de enfriamiento (CLF) calcula primero la carga de enfriamiento sensible basada en el TFM. El resultado se divide por el valor U, el coeficiente de sombreado o la ganancia de calor sensible para generar el CLTD, SCL o CLF. Por lo tanto, proporciona un cálculo directo de la carga de enfriamiento del espacio en un solo paso en lugar de una conversión de la carga de enfriamiento de la ganancia de calor, un cálculo de dos pasos en TFM. El cálculo de la carga de enfriamiento mediante el método CLTD / SCL / CLF puede ser asistido por ordenador o realizado manualmente para una verificación o estimación aproximada. El método CLTD / SCL / CLF es uno de los miembros de la familia TFM (Wang, 2010, p. 275).

En el método CLTD / SCL / CLF, el CLTD se utiliza para calcular la carga de enfriamiento sensible para la pared exterior y los techos. Recientemente se ha añadido un factor SCL que representa el producto de la ganancia de calor solar a esa hora y la fracción del efecto de almacenamiento de calor debido a diversos tipos de construcción de habitaciones y revestimientos de pisos. CLF se utiliza para calcular cargas de refrigeración sensibles internas (Wang, 2010, p. 276).

Las limitaciones del TFM también se llevan a cabo a los resultados CLTD / SCL / CLF. Además, el agrupamiento de CLTD / SCL / CLF puede provocar errores adicionales.

2.3.9.1. Procedimiento detallado para usar el método

Las siguientes secciones describen con mayor detalle los principios del método CLTD/SCL/CLF. También proporcionan un procedimiento de cálculo de la carga de enfriamiento manual simple, en caso de que se requiera una estimación o una comprobación aproximada del cálculo de la carga de refrigeración asistida por ordenador.

2.3.9.2. Carga de enfriamiento de espacio debido al aumento de calor a través de paredes y techos exteriores y ganancia conductiva a través del vidrio

Si la relación de la carga de refrigeración sensible a la ganancia de calor sensible a través de la pared exterior o en el techo $Q_{rs,w}/q_{rs,w} = CLTD/\Delta T$, para una pared exterior iluminada por el sol o en el techo bajo el efecto combinado de la radiación solar y la diferencia de temperatura al aire libre-cubierta, así la carga de enfriamiento sensible al espacio $Q_{rs,w}$, Btu/h [W], se puede realizar como:

$$Q_{rs,w} = UA(CLTD) \quad (22)$$

Dónde:

- U = Coeficiente global de transferencia de calor de la pared o techo, Btu/h*ft²*°F [W/m²*°C]
- A = Área exterior, pared, techo, o ventana incluyendo los marcos, ft² [m²]
- $CLTD$ = Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento, °F [°C]

Los valores de CLTD recomendados por ASHRAE para calcular la carga de refrigeración sensible al espacio a través de techados planos y paredes iluminadas por el sol de varias construcciones se enumeran en las Tablas del Anexo D. Los valores de las tablas se calcularon bajo las siguientes condiciones. En otras palabras, estas son las condiciones bajo las cuales los datos listados pueden aplicarse directamente sin ajustes:

- La temperatura interior de 78 °F [25.6°C]
- Temperatura máxima al aire libre de 95°F [35°C] con un promedio diario al aire libre de 29.4 °C [85°F] y un rango diario al aire libre de 11.7°C [21°F]
- Radiación solar de 40° de latitud norte el 21 de julio
- Techo con superficie oscura, plana
- Superficie exterior $R_o = 0.333 \text{ h*ft}^2\text{*°F/Btu}$ [0.06m²*°C/W], y la superficie interior $R_i = 0.685 \text{ h*ft}^2\text{*°F/Btu}$ [0.123m²*°C/W]
- No hay ventiladores en el ático o en los conductos de aire de retorno en el espacio suspendido del techo

La siguiente fórmula puede utilizarse para ajustes cuando las condiciones son diferentes de las mencionadas:

$$CLTD_{corr} = CLTD + 78 - T_r + T_{om} - 85 \quad (23)$$

Dónde:

$$\begin{aligned} 78 - T_r &= \text{Temperatura de corrección interior; } T_r \text{ temperatura interior, } ^\circ\text{F} \\ T_{om} - 85 &= \text{Temperatura exterior de corrección, } T_{om} \text{ temperatura media} \\ &\text{diaria exterior, } ^\circ\text{F.} \end{aligned}$$

Para un techo inclinado con techo suspendido, el área A en la ecuación (22) debe ser el área del techo suspendido. Si un techo inclinado no tiene techo suspendido debajo de él, entonces el CLTD real es ligeramente mayor que el valor listado en las tablas del Anexo D. porque una mayor área está expuesta al aire exterior.

2.3.9.3. Carga de enfriamiento de espacio debido al aumento de calor solar a través de fenestraciones

La carga de enfriamiento sensible al espacio procedente de la ganancia de calor solar transmitida a través de la ventana orientada hacia una dirección específica $Q_{rs,s}$, Btu/h [W], se puede calcular de la siguiente manera:

$$Q_{rs,s} = Q_{sum} + Q_{sh} \quad (24)$$

$$Q_{rs,s} = A_S * SCL_S * SC + A_{Sh} * SCL_{Sh} * SC \quad (25)$$

Dónde:

- Q_{sum} = Espacio de carga de refrigeración de la ganancia de calor solar a través de la zona iluminada por el sol de cristal de ventana, Btu/h [W]
- Q_{sh} = Espacio de carga de refrigeración de la ganancia de calor solar a través de la zona sombreada de cristal de ventana, Btu/h [W]
- A_S, A_{Sh} = Zona soleada y sombreada, ft² [m²]
- SC = Coeficiente de sombreado
- SCL_S = Carga de enfriamiento solar para vidrios iluminados por el sol que enfrentan una dirección específica, Btu/h*ft² [W/m²]
- SCL_{Sh} = Carga de enfriamiento solar para el área sombreada como si el vidrio estuviera mirando hacia el norte, Btu/h*ft² [W/m²]

2.3.9.4. Carga de enfriamiento del espacio debido al aumento de calor a través del muro expuesto un espacio sin acondicionamiento

Cuando un espacio acondicionado es adyacente a un área que no está acondicionada y si la fluctuación de la temperatura en esta área es ignorada, entonces la ganancia de calor sensible q_{rs} transferida a través de las paredes divididas, ventanas y puertas interiores, en Btu/h [W], se calcula como:

$$q_{rs} = AU(T_{un} - T_r) \quad (26)$$

Donde, T_{un}, T_r es la temperatura media diaria del aire del área adyacente que está incondicionada a la temperatura del espacio, respectivamente, °F [°C]. Para un área adyacente que no tiene aire acondicionado y tiene fuentes de calor en el interior, como una cocina o una sala de calderas, T_{un} puede ser 8°C mayor que la temperatura exterior. Para un área adyacente sin ninguna fuente de calor que no sea luz eléctrica, $T_{un} - T_r$ puede estar entre 3 y 8°F [1.7 y 4.4°C]. Para los pisos construidos directamente sobre el suelo o situados por encima de un sótano que no está ventilado ni acondicionado, la carga de refrigeración sensible al espacio de la ganancia de calor a través del suelo puede a menudo ser ignorada.

2.3.9.5. Cálculo de cargas de enfriamiento internas e infiltración

El cálculo de las ganancias térmicas internas de las personas, las luces, los equipos y los electrodomésticos $q_{int,s}$ y las ganancias de calor de la infiltración q_{inf} , todo en Btu/h [W], utilizando el método CLTD/SCL/CLF es el mismo que el que utiliza TFM. La ganancia de calor interna sensible que contiene el componente radiactivo se multiplica entonces por un factor de carga de enfriamiento CLF_{int} para convertir a la carga de enfriamiento sensible al espacio $Q_{int,s}$, Btu/h [W], y se puede calcular como:

$$Q_{int,s} = q_{int,s}(CLF_{int}) \quad (27)$$

En los espacios acondicionados en los que se opera un sistema de aire en el modo de apagado nocturno, CLF_{int} es igual a 1 durante el período ocupado cuando el sistema de aire está funcionando. Puesto que las ganancias de calor latente interno $q_{int,l}$ son cargas de enfriamiento latentes internas instantáneas $Q_{int,l}$ en Btu/h [W]

$$Q_{int,l} = q_{int,l}$$

La densidad de carga interna (ILD), W/ft² [W/m²], indica las ganancias de calor internas totales de personas, luces y equipos, y puede calcularse como

$$ILD = \frac{SHG_p + LHG_p}{3.413A_{fl}} + W_{A,l} + W_{A,e} \quad (28)$$

Dónde:

$$\begin{aligned} SHG_p, LHG_p &= \text{Calor sensible y latente respectivamente para los ocupantes, Btu/h [W]} \\ A_{fl} &= \text{Área de piso, ft}^2 \text{ [m}^2\text{]} \\ W_{A,l}, W_{A,e} &= \text{Iluminación y densidad de potencia del equipo, respectivamente, W/ft}^2 \text{ [W/m}^2\text{]} \end{aligned}$$

Tanto el aumento de calor sensible de filtración $q_{inf,s}$ como el aumento de calor latente de infiltración $q_{inf,l}$, en Btu/h [W], son cargas de enfriamiento espacial instantáneo que también pueden expresarse como:

$$Q_{inf,s} = q_{inf,s} \quad Q_{inf,l} = q_{inf,l}$$

Donde $Q_{inf,s}, Q_{inf,l}$ es la infiltración de cargas de enfriamiento sensibles y latentes, respectivamente, Btu/h [W].

2.3.9.6. Carga de enfriamiento del espacio del modo de funcionamiento de apagado nocturno

En los edificios comerciales, los sistemas de aire a menudo se operan en modo de parada nocturna durante horas desocupadas en verano. El calor almacenado acumulado debido a las ganancias de calor externas aumenta la carga de enfriamiento del espacio durante los períodos de enfriamiento y acondicionados. Por otra parte, las pérdidas de calor en el entorno debido al intercambio de calor radiante entre la superficie exterior del edificio y la bóveda de cielo y el entorno disminuyen el calor almacenado acumulado, así como la carga de enfriamiento del espacio, aunque las pérdidas de calor radiante al cielo la bóveda y el entorno compensan parcialmente el calor almacenado liberado al espacio. Sin embargo, la limitación del método CLTD / SCL / CLF en comparación con el TFM, se da especialmente cuando la

carga máxima se produce durante el período de enfriamiento pasando por alto el calor almacenado restante que es liberado al espacio durante los períodos de enfriamiento y acondicionados en verano. Como en TFM, el ASHRAE / IES Norma 90.1-1989 recomienda un aumento de hasta 10 por ciento para la carga de la recogida durante el período de enfriamiento para los sistemas de aire operados en el modo de apagado nocturno.

2.3.10. Generalidades del diseño

Dentro del diseño de un sistema de climatización es importante abordar temáticas generales, como la potencia del ventilador y la ganancia de calor que se produce en los ductos. A continuación, se describe las principales premisas a considerar:

2.3.10.1. Potencia del ventilador

En el sistema de ductos de aire, el aumento de temperatura por el calor liberado a la corriente de aire debido a las pérdidas friccionales y dinámicas es casi compensado por la expansión del aire de la caída de presión de la corriente de aire. Por lo tanto, se supone generalmente que no hay aumento significativo de la temperatura de las pérdidas de fricción y dinámicas cuando el aire fluye a través de un sistema de conductos de aire (Wang, 2010, p. 279)

La entrada de alimentación del ventilador se convierte casi totalmente en energía térmica dentro del ventilador. Si el motor del ventilador está situado en el flujo de aire de alimentación o retorno, el aumento de temperatura a través del suministro (o del ventilador de retorno) ΔT_f , °F [°C] pueden ser calculadas a partir de:

$$\Delta T_f = \frac{0.37 \Delta p_t}{\eta_f \eta_m} \quad (29)$$

Dónde:

Δp_t = Presión total de ventilador in. WC

η_f, η_m = Eficiencia total del ventilador y eficiencia total del motor respectivamente.

Si el motor está situado fuera de la corriente de aire, entonces $\eta_m = 1$

El Δp_t del ventilador de retorno para un sistema de aire acondicionado hidráulico central en edificios comerciales suele ser de 0,25 a 0,5 del Δp_t del ventilador de suministro. Por lo tanto,

el aumento de temperatura del ventilador de retorno es mucho menor que el del ventilador de suministro. El aumento de temperatura del ventilador de alivio o del ventilador de extracción sólo afecta a la corriente de aire de alivio o escape. No es una parte de la fuente y el sistema de retorno ganancia de calor. Se utiliza un ventilador de alivio para aliviar el exceso de presión espacial cuando el aire exterior del 100 por ciento fluye a través del ventilador de suministro para enfriar libremente.

2.3.10.2. Ganancia de calor en el ducto

La ganancia de calor del conducto es la transferencia de calor causada por la diferencia de temperatura entre el aire ambiente y el aire que fluye dentro del conducto de aire. La ganancia de calor del conducto se ve afectada por esta diferencia de temperatura, el espesor de la capa de aislamiento del conducto, la velocidad de flujo del volumen de aire y el tamaño y forma del conducto. Una estimación aproximada del aumento de la temperatura del aire de suministro para un conducto aislado se evidencia en la Tabla 2.1 es la siguiente:

Tabla 2. 1. Ganancia de calor en el ducto

Velocidad de aire de suministro	Aumento de la temperatura del aire
< 2000 fpm (10 m/s)	1°F/100 ft (0.6°C/30 m) longitud de ducto
≥ 2000 fpm (10 m/s)	0.75 °F/100 ft (0.45°C/30 m) longitud de ducto

(Fuente: Wang, 2010, p. 289)

2.4. Confort térmico

Uno de los propósitos principales de la climatización es el brindar el confort térmico a las personas que realizan una actividad en un ambiente determinado. El confort térmico puede conseguirse cuando la temperatura corporal se encuentra dentro de un rango determinado. Las actividades metabólicas que se generan en el cuerpo producen calor, este calor generado es continuamente disipado y controlado por el cuerpo para mantener una temperatura corporal normal. (La hipertermia se produce por una ineficiente o insuficiente forma de disipar el calor, la hipotermia se produce por una excesiva fuga de calor) (ASHRAE, 2009, p. 170).

Con una temperatura de piel mayor a 45°C (113°F) o menor a 18.05°C (64.5°F) ocasiona dolor, así el rango de temperaturas de confort en la piel cuando se realizan actividades sedentarias está dentro de 33.05°C (91.5°F) a 33.88°C (93°F) la cual disminuye con el incremento de

actividad física. El hipotálamo ubicado en el cerebro es quien tiene la función de regular la temperatura corporal, ya que posee sensores de temperatura caliente o fría. Dado que la velocidad de circulación de la sangre es alta y esta se mezcla en el corazón antes de regresar al cuerpo es un indicador de la temperatura corporal interna promedio, además el hipotálamo también percibe las sensaciones de los sensores de temperatura en la piel (ASHRAE, 2009, p. 170).

El hipotálamo controla varios procesos fisiológicos que regulan la temperatura del cuerpo, este control de temperatura se realiza en base a temperaturas de referencia con algunos aspectos de respuesta integral y derivada, cuando las temperaturas al interior del cuerpo sobrepasan la temperatura normal más sangre es dirigida hacia la piel. Esta vasodilatación incrementa el flujo de sangre hacia la piel como medio de disminución de la temperatura interna del cuerpo, por el contrario cuando la temperatura cae por debajo del punto establecido el flujo de sangre hacia la piel se ve reducido como medio de mantener el calor corporal (ASHRAE, 2009, p. 170).

La unidad que expresa la tasa metabólica por unidad de superficie es el met, y es definida como la tasa metabólica de una persona sedentaria es decir $1 \text{ met} = 18.4 \frac{\text{Btu}}{\text{h-ft}^2}; \left(58.2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)$, otra de las variables que afecta en el confort térmico es el tipo y la cantidad de ropa que una persona usa, el aislamiento que la ropa produce es tomado como una sola capa de ropa que cubre al cuerpo su valor se expresa en unidades de clo, $1 \text{ clo} = 0.880 \frac{\text{F-ft}^2-h}{\text{Btu}}; \left(0.155 \frac{\text{m}^2-C}{\text{W}}\right)$, por ejemplo un traje para negocios toma un valor de aislamiento de alrededor de 1 clo, mientras que la ropa para ejercitarse toma un valor cercano a 0.05 clo (McQuiston et al., 2005, p. 85)

2.4.1. Índices de confort ambiental

El confort está determinado por cuatro factores ambientales que afectan a la comodidad, estos factores son: la temperatura, humedad, circulación de aire y radiación. De estos factores la temperatura es la que se mide con una mayor facilidad y se le conoce como temperatura de aire seco o temperatura de bulbo seco. La humedad puede ser obtenida mediante la utilización de la carta psicométrica, las temperaturas de bulbo húmedo y punto de rocío se pueden medir de forma directa, mientras que la relación entre humedad y humedad relativa debe determinarse de forma indirecta. El flujo de aire puede ser determinado mediante la toma de

datos, en el último factor, la radiación que se produce entre los alrededores y las personas, paredes y ventanas frías ocasionan que las personas tengan la sensación de frío aun cuando el aire circundante se encuentra a la temperatura de confort, de igual manera la luz solar, superficies calientes como estufas, chimeneas o techos ocasionan una sensación de calor en las personas (McQuiston et al., 2005, p. 86)

La temperatura efectiva depende de dos parámetros que son la vestimenta y la actividad es por esto que no es posible elaborar una gráfica universal usando estos parámetros por lo general los cálculos de la temperatura efectiva son tediosos e implican paquetes computacionales, es por ello que se ha llegado a definir una temperatura efectiva estándar para condiciones de interior, estas asunciones son de asilamiento de ropa = 0.6 clo, índice de permeabilidad a la humedad = 0.4, nivel de actividad metabólica = 1, velocidad de aire < 20 (cfm), temperatura ambiente = temperatura de radiación media.

La temperatura húmeda operativa es la temperatura de un ambiente uniforme al 100% de humedad relativa en la cual una persona pierde la misma cantidad de calor total de la piel como el entorno total, esta tiene en cuenta los tres mecanismos de transferencia externa que el cuerpo usa para liberar calor (radiación, convección y transferencia de masa). La temperatura adiabática equivalente es un índice similar y hace referencia a la temperatura de un ambiente uniforme a 0% de humedad relativa en la que una persona pierde la misma cantidad de calor total de la piel como en el ambiente real.

El índice de estrés térmico es la relación entre la pérdida de calor evaporativo total requerido para el equilibrio térmico y la pérdida de calor evaporativo máximo posible para el medio ambiente multiplicado por 100, para las conmutaciones en estado estacionario y la temperatura de la piel tomada como constante a 35°C (95°F). A excepción del factor 100, la humedad de la piel es igual al índice de estrés de calor (la humedad de la piel es la que está más estrechamente relacionada con la sensación de incomodidad o desagrado que la sensación de temperatura).

2.4.2. Condiciones de confort

ASHRAE Standard 55 – 1992 da condiciones para un entorno térmico aceptable, la escala de sensaciones térmicas que se da es la expresada por en la tabla 2.2:

Tabla 2. 2. Condiciones de confort

Sensación	Valor
Muy caliente	+3
Caliente	+2
Ligeramente cálido	+1
Neutral	0
Ligeramente frío	-1
Frío	-2
Muy Frío	-3

(Fuente: Wang, 2010, p. 289)

Rangos aceptables de temperatura y humedad operativas para personas con vestimentas típicas de invierno o verano durante el día y desarrollando una actividad principalmente sedentaria (≤ 1.2 met) se muestran en la siguiente figura 2.9:

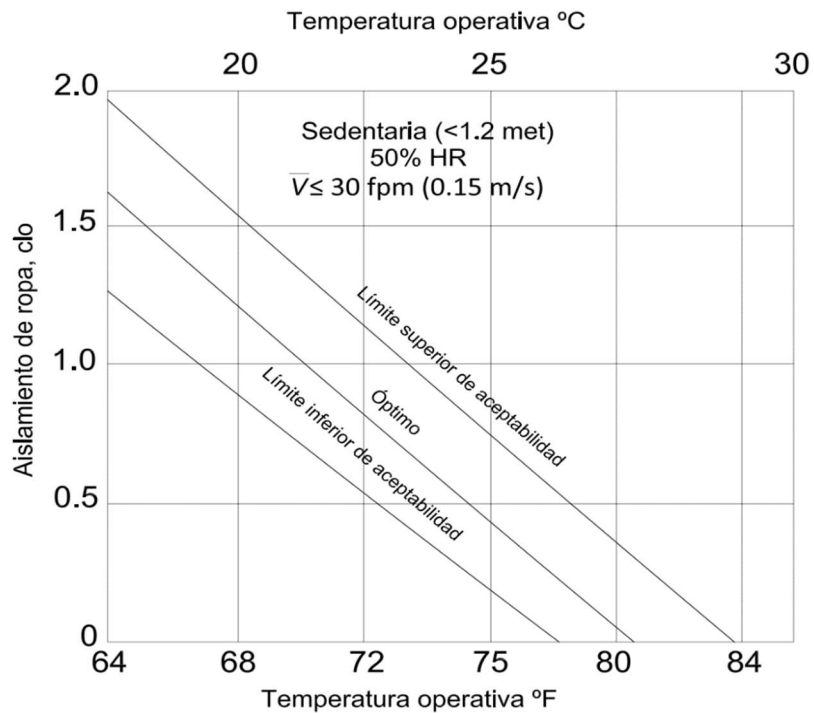


Figura 2. 9. Temperatura operativa
(McQuiston et al., 2005, p. 85)

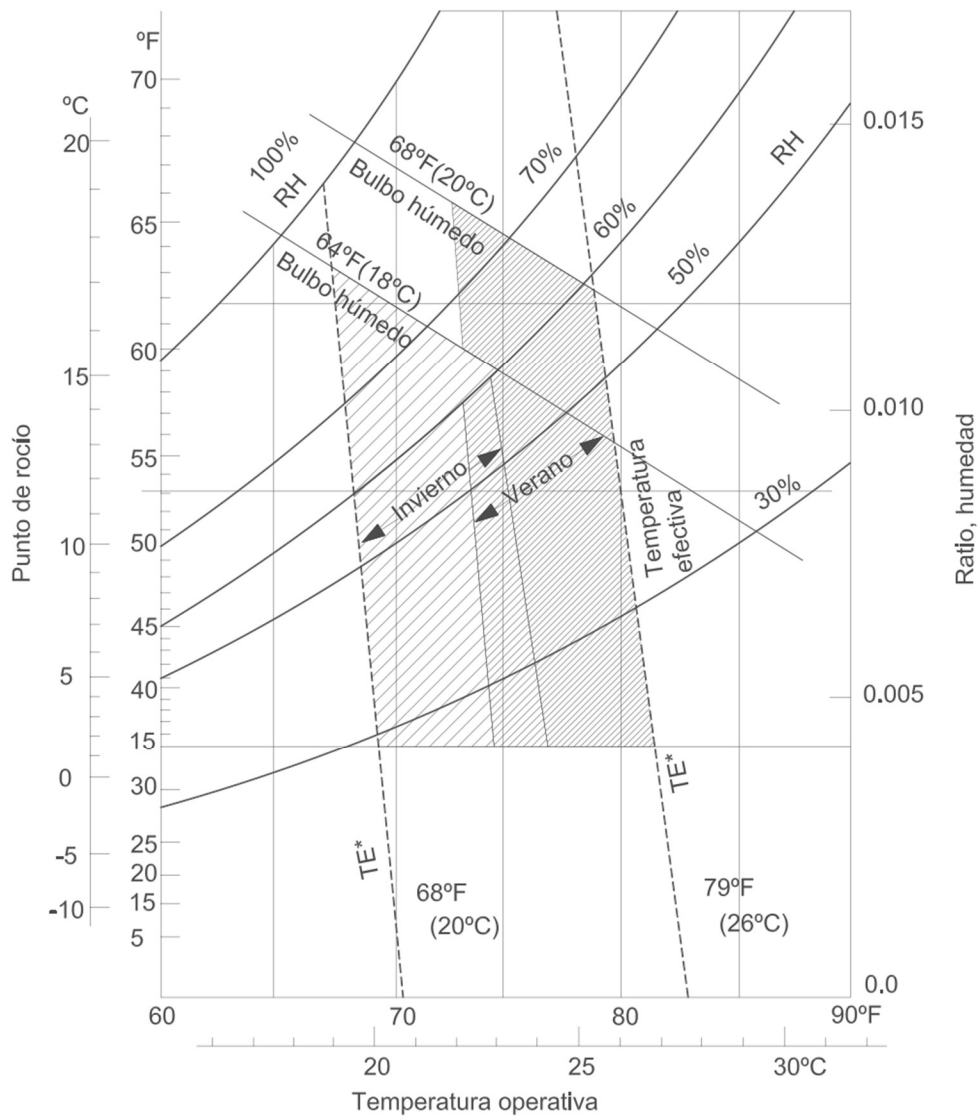


Figura 2. 10. Condiciones de confort
(McQuiston et al., 2005, p. 85)

Los rangos de confort de la figura 2.10 están basados en el 10% de insatisfacción, esto puede ser descrito como confort térmico general. El confort local describe el efecto de asimetría de radiación térmica, las corrientes de aire, las diferencias verticales de temperatura del aire y las temperaturas de la superficie del suelo, estos límites de velocidad de aire y aumento de temperatura se evidencian en la figura 2.11.

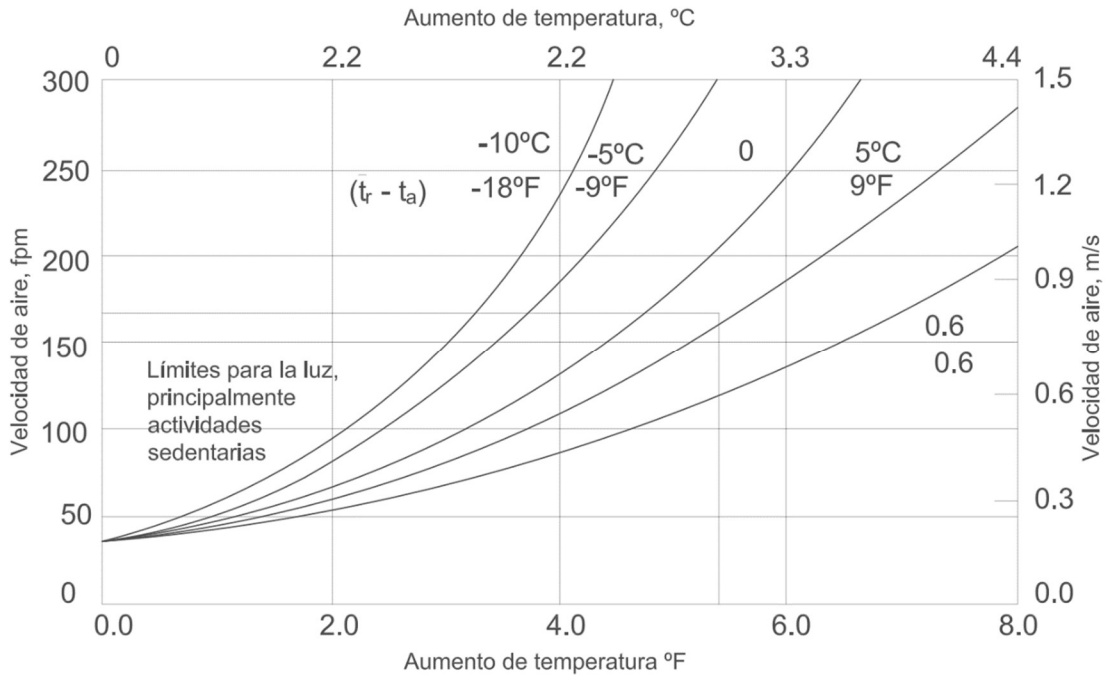


Figura 2. 11. Velocidad del aire y aumento de temperatura (McQuiston et al., 2005, p. 85)

La temperatura operativa aceptable para personas activas ($met < 3$) puede ser calculada a partir de las ecuaciones expresadas a continuación:

$$t_{o,activa} = t_{o,sedentaria} - 5.4(1 + clo)(met - 1.2)[F]$$

$$t_{o,activa} = t_{o,sedentaria} - 3.0(1 + clo)(met - 1.2)[C]$$

El mínimo de temperatura de operación aceptable para estas ecuaciones es de 15°C (59°F). Los valores de met pueden ser encontrados en ASHRAE Handbook, Fundamentals.

3. MEDICIONES TERMODINÁMICAS Y ELÉCTRICAS EN EDIFICACIONES EXISTENTES

A los fluidos en estado gaseoso se los puede considerar como partículas, que chocan elásticamente entre sí, y con el recipiente que los contenga, para el análisis de sus propiedades físicas, se tiene que: si se sigue el movimiento de las partículas de forma representativa en el gas, se trabaja con la teoría cinética de los gases, por el contrario, si se realiza un análisis aplicado a distribuciones estadísticas, se estaría trabajando bajo un modelo de mecánica estadística. De forma general las propiedades termodinámicas (macroscópicas) son expresadas como el promedio de las propiedades moleculares (microscópicas), de esta forma, se puede describir un sistema y su interacción con el entorno mediante un número reducido de propiedades macroscópicas como: la presión, el volumen, la temperatura, la cantidad de materia, la energía interna y la entropía, las cuales se denominan también variables de estado del sistema termodinámico, en el presente acápite se describe sobre los equipos e instrumentos que permiten realizar sus mediciones.

3.1. Metodología, descripción, del equipo y parámetros

La metodología está determinada por el método con el cual se realiza la medición, de esta manera, es fundamental describir el principio de funcionamiento del equipo, con el cual se va a realizar las mediciones más relevantes a tener en cuenta en un sistema a climatizar.

3.1.1. Temperatura

Es la propiedad física que posee un sistema, que gobierna la transferencia de energía, en forma de calor, es decir en otros términos se dice que la temperatura es el motor térmico que permite la medida de la energía cinética de las partículas que componen un sistema

En el Sistema Internacional (SI), la unidad de medida es el Kelvin, en el sistema Inglés está generalizado el uso de la escala Fahrenheit (Meruane & Garreaud, 2010, p. 10)

La medida de la temperatura se realiza en un ambiente controlado con buena ventilación y protegido de la radiación, puesto que de lo contrario se estaría midiendo la temperatura del

vidrio en el termómetro debido a la radiación, para esto las organizaciones meteorológicas utilizan cobertizos, cuyo tamaño puede variar según el instrumento.

3.1.1.1. Instrumentos de medición

Termómetros líquidos

Los termómetros líquidos pueden ser de mercurio o alcohol, en su constitución poseen un tubo capilar al vacío por el que asciende el líquido al dilatarse como consecuencia de la absorción de calor. Por lo general esta graduado en escala Celsius, la diferencia entre el termómetro de mercurio y el de alcohol es el rango de temperatura de trabajo, -39 C° para el mercurio y -62 C° en el caso del alcohol, el esquema de las partes de un termómetro se observa en la figura 3.1 (Meruane & Garreud, 2010, p. 15)

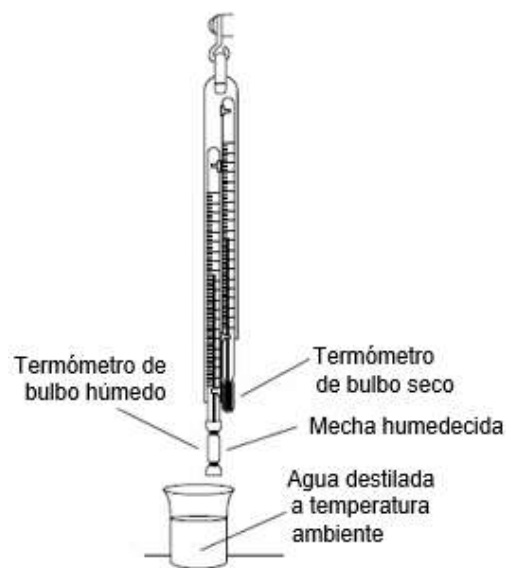


Figura 3. 1. Termómetro para medir temperatura de bulbo seco y húmedo
(Fuente: Jan & Peter, 2010, p. 115)

Termómetro de láminas metálicas

Este termómetro posee en su constitución dos láminas metálicas de distintos metales que se encuentran pegadas entre sí, ya que poseen diferentes coeficientes de expansión térmica, las

lamidas de los metales se flectan con el cambio de temperatura, mediante un mecanismo de amplificación se registra los resultados (Meruane & Garreaud, 2010, p. 18).

Termocupla

El mecanismo de medición de temperatura de este instrumento está basado en el hecho del contacto de dos metales y la diferencia de potencial eléctrico que se produce en estos. Donde la diferencia de temperatura es de 40 microvoltios por cada grado de temperatura. Los materiales más comunes en la construcción de las termocuplas son el cobre y el constatan, sus elementos se observan en la figura 3.2 (Meruane & Garreaud, 2010).

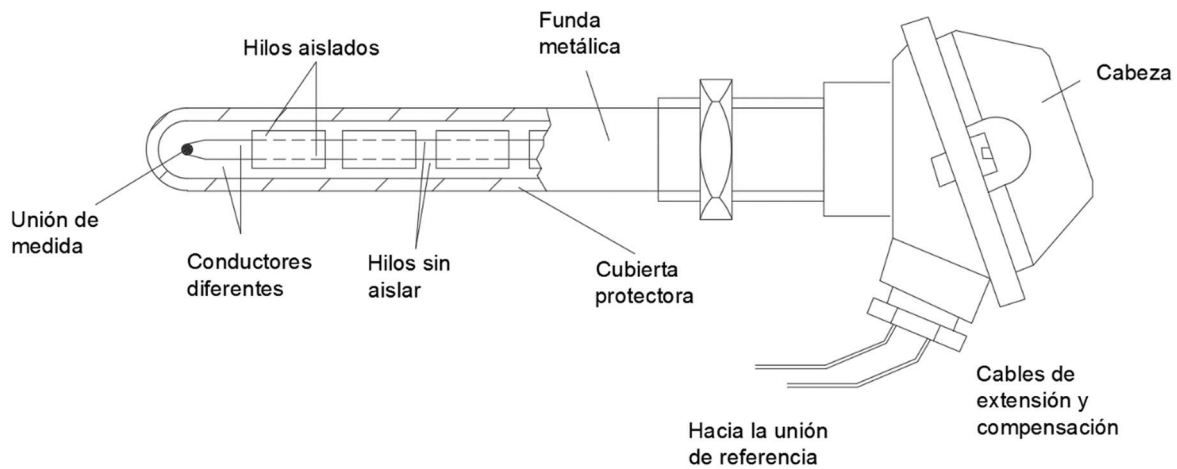


Figura 3. 2. Elementos de una termocupla

Pirómetro

El principio de funcionamiento de este dispositivo está basado en la radiación infrarroja que es parte de la luz solar y puede descomponerse al reflejarse a través de un prisma, razón por la cual, hace posible definir la energía en relación con la curva de emisión de un cuerpo negro. Los cuerpos por encima del cero absoluto irradian energía, la cantidad de energía crece en relación con la cuarta potencia de la temperatura (Laboratorio PCE, 2016).

3.1.2. Presión atmosférica

La presión atmosférica es la fuerza por unidad de área que la atmosfera ejerce sobre cualquier superficie en virtud de su peso. La presión atmosférica equivale al peso de una columna de aire de sección transversal unitaria desde un nivel dado hasta el límite superior de la capa atmosférica.

La presión atmosférica puede ser medida en varias unidades como son: pascales, pulgadas, milímetros de mercurio, etc. A nivel del mar su valor normalmente es de 760 mmHg.

3.1.2.1. Instrumentos de medición

Barómetro de Mercurio

Este dispositivo permite medir la altura de una columna de mercurio cuyo peso es compensado por la presión de la atmósfera, la configuración general es mediante un tubo Bourdon, que es un tubo de sección elíptica y forma en su interior un anillo casi completo el cual está cerrado en su extremo. La variación en la presión hace que el líquido en el tubo suba o baje ligeramente, el nivel de mercurio se lee mediante una escala graduada denominada nonius.

Barómetro aneroide

El barómetro aneroide permite deformar la pared elástica de un cilindro en el que se ha hecho un vacío parcial, lo cual permite medir la presión mediante una aguja que está conectada a un registrador denominado barógrafo y de esta forma realizar las mediciones de la presión actual así como su evolución en el transcurso del tiempo.

3.1.3. Humedad atmosférica

Los instrumentos que son comúnmente utilizados por las estaciones meteorológicas para realizar las mediciones de humedad, son el hidrómetro y el psicrómetro, estos instrumentos permiten también realizar mediciones de temperatura, temperatura de punto de rocío y por lo tanto de forma indirecta la humedad.

3.1.3.1. Instrumentos de medición

Hidrómetro

El principio de funcionamiento del hidrómetro está basado en la propiedad que presentan algunos materiales para captar la humedad, y así de esta manera cambiar su dimensión física dependiendo de la humedad relativa del aire.

Hidrómetro basado en el uso de componentes electrónicos.

El hidrómetro electrónico utiliza la capacidad de ciertos materiales de absorber moléculas de vapor de agua a través de su superficie. Así el dispositivo al modificar las propiedades eléctricas de un componente en el circuito electrónico, permite crear una señal eléctrica que es proporcional a la humedad.

Hidrómetro espectroscópico

Instrumento que se basa en la propiedad del vapor de agua en la atmósfera de absorber la radiación infrarroja en bandas específicas del espectro electromagnético. La menor o mayor ganancia de radiación está relacionada con el nivel de humedad del aire.

Psicrómetro

El psicrómetro está formado por dos termómetros, en el cual uno de ellos está envuelto en un tejido humedecido, ambos termómetros son expuestos a una corriente de aire, la evaporación en el tejido que envuelve al bulbo húmedo hace que descienda la temperatura, si la atmósfera está saturada, la evaporación es nula y por lo tanto ambas temperaturas coinciden.

3.2. Mediciones

Los medidores de clima multifuncionales, son instrumentos que permiten realizar las mediciones necesarias para ajustar los sistemas de ventilación y climatización, así como realizar una evaluación de la calidad del aire.

Las mediciones se realizan bajo una amplia gama de sondas entre las que se destaca:

- Sondeas por radio, permiten la medición de temperatura, estos dispositivos disponen de un termómetro de globo TP tipo K para medir la radiación térmica.
- Sonda para medir la humedad relativa, trabajan en el rango de 0% a 100% Rh, su rango de exactitud generalmente es del \pm
- Sonda para medir la presión, permite un rango de +600 hasta 1150hPa, con un margen de error de \pm 10hPa.

3.3. Mediciones eléctricas

En una edificación, las cargas eléctricas conectadas a las instalaciones eléctricas difieren, en función de diversas características como son: la potencia nominal, el carácter de su impedancia interna, el número de fases, de ahí que es necesario considerar las siguientes mediciones, basadas en la metodología presente.

3.3.1. Potencia

Se debe observar el carácter de la potencia consumida ($\cos \phi$) y compensarlo si es necesario. La figura 3.3 a continuación representa el triángulo de potencia de una instalación (Kobank, 2014, p. 60)

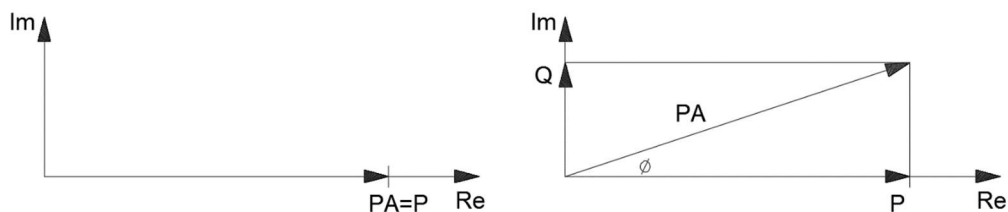


Figura 3. 3. Diagrama de potencia de una instalación
(Fuente: Kobank, 2014, p. 62)

Dónde:

Im: eje imaginario
Re: ejes reales
P = potencia activa
Q = potencia reactiva
P_A = potencia aparente

3.3.2. Principio de medición de la potencia en un sistema monofásico

La medición de las tres potencias (activa, reactiva y aparente) se puede realizar indirectamente midiendo la tensión de fase UL-N, corriente de fase IL y el desfase ϕ entre tensión y corriente. El ángulo ϕ es el resultado de la carga total, inductiva o capacitiva, conectada a la instalación como se observa en la figura 3.4 (Kobank, 2014, p. 63).

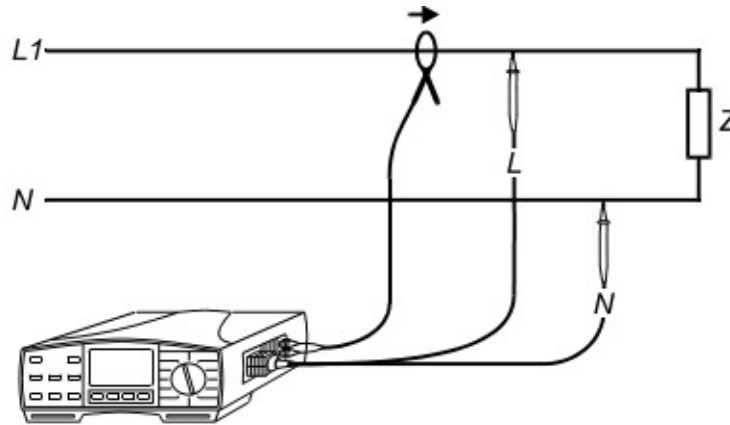


Figura 3. 4. Conexión del multímetro y la pinza amperimétrica para medir potencia
(Fuente: Kobank, 2014, p. 67)

- $P = U \cdot I \cdot \cos \phi$ (Potencia activa en W) (30)
- $Q = U \cdot I \cdot \sin \phi$ (Potencia reactiva en VAr) (31)
- $PA = U \cdot I$ (Potencia aparente en VA) (32)

Dónde:

U = Valor eficaz de la tensión de fase

I = Valor eficaz de la corriente de fase

Φ = ángulo entre la tensión de fase U y la corriente de fase I

3.3.3. Medición de potencia en sistemas trifásicos

La medición de potencia en sistemas trifásicos se divide en dos grupos:

- Medidas en sistemas de 4 cables (con neutro).
- Medidas en sistemas de 3 cables (sin neutro)

El sistema de tres cables es el más usado al transportar energía en altas tensiones. También se usa en bajas tensiones cuando se tienen potentes cargas simétricas sin conexión a neutro (motores, ventiladores y extractores, sistemas de calefacción, etc.) conectadas a la instalación. El sistema de cuatro cables es más adecuado para alimentar cargas trifásicas desequilibradas o cargas monofásicas conectadas entre cualquiera de las tres fases de la instalación y el conductor neutro. Cuando se mide potencia en sistemas trifásicos es necesario tener en cuenta el hecho de que el sistema o fuente de alimentación trifásica utilizada puede estar desequilibrado (las flechas de los vectores representativos de las tres tensiones de fase $U_{L1/L2}$, $U_{L2/L3}$, $U_{L3/L1}$, puestas en secuencia no forman un triángulo equilátero), debido a posibles cargas trifásicas desequilibradas conectadas al sistema como se visualiza en la figura 3.5 (Kobank, 2014, p. 68).

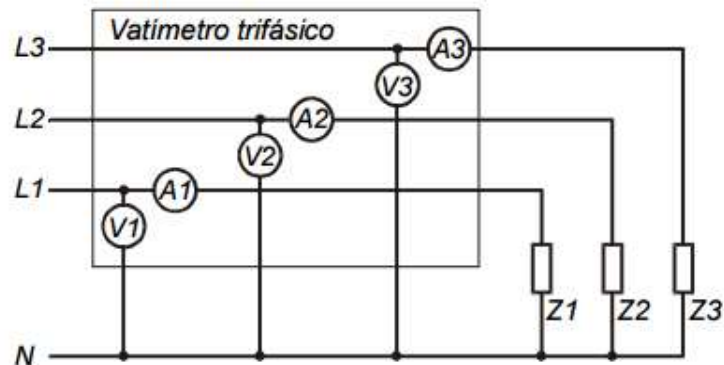


Figura 3. 5. Medición de potencia en un sistema trifásico
(Fuente: (Kobank, 2014, p. 68)

El vatímetro trifásico mide las tres tensiones de fase, corrientes de fase y desfases entre tensiones y corrientes. En función de estos valores, puede calcular los tres niveles de potencia separados para cada fase, así como, el nivel de potencia total del sistema trifásico figura 3.6 (Fuente: Kobank, 2014, p. 68).

Primer paso.

- Resultado 1 = $P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \phi_1$ (Potencia activa)
- Resultado 2 = $Q_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \phi_1$ (Potencia reactiva)
- Resultado 3 = $PA_1 = U_1 \cdot I_1$ (Potencia aparente)

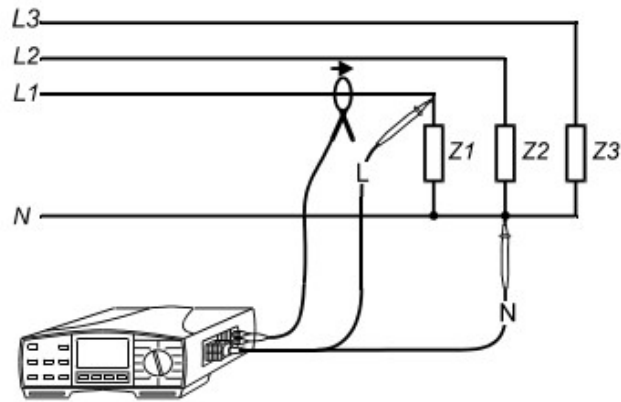


Figura 3. 6. Medición de la potencia en un sistema trifásico, primer paso.
(Fuente: Kobank, 2014, p. 69)

Segundo paso

En la figura 3.7 se evidencia el esquema de medición de la potencia de un sistema trifásico, acorde con el segundo paso del procedimiento.

- Resultado 1 = $P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \phi_2$ (Potencia activa)
- Resultado 2 = $Q_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \sin \phi_2$ (Potencia reactiva)
- Resultado 3 = $PA_2 = U_2 \cdot I_2$ (Potencia aparente)

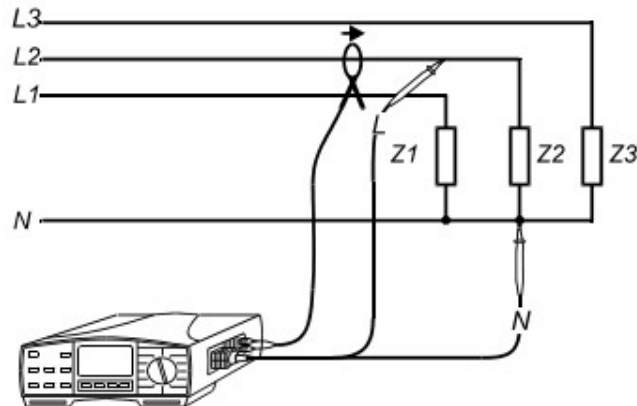


Figura 3. 7. Medición de la potencia en un sistema trifásico, segundo paso.
(Fuente: Kobank, 2014, p. 70)

Tercer paso

En la figura 3.8 se evidencia el esquema de medición de la potencia de un sistema trifásico, acorde con el tercer paso del procedimiento.

- Resultado 1 = $P_3 = U_3 \cdot I_3 \cdot \cos \phi_3$ (Potencia activa)
- Resultado 2 = $Q_3 = U_3 \cdot I_3 \cdot \sin \phi_3$ (Potencia reactiva)
- Resultado 3 = $PA_3 = U_3 \cdot I_3$ (Potencia aparente)

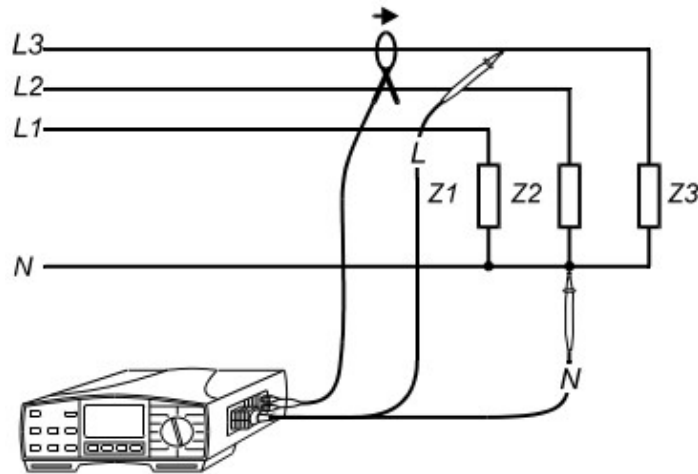


Figura 3. 8. Medición de la potencia en un sistema trifásico, tercer paso.
(Fuente: Kobank, 2014, p. 70)

En cada paso el instrumento mide la tensión de fase, corriente de fase y desfase entre tensión y corriente. A partir de los resultados obtenidos en cada paso (para cada fase) podemos calcular las tres potencias totales del sistema trifásico, de acuerdo con las siguientes expresiones (Kobank, 2014, p. 70).

- $P_{tot} = P_1 + P_2 + P_3$ (Potencia activa total del sistema trifásico) (33)
- $Q_{tot} = Q_1 + Q_2 + Q_3$ (potencia reactiva total del sistema trifásico) (34)
- $PA_{tot} = \sqrt{P_{tot}^2 + Q_{tot}^2}$ (potencia aparente total del sistema trifásico) (35)
- $PF_{tot} = P_{tot} / PA_{tot}$ (factor de potencia) (36)

4. GUÍA METODOLÓGICA

Dentro de la ejecución de las actividades vinculadas a la construcción de edificaciones en la región Sierra Ecuatoriana, es importante efectuar una adecuada evaluación de las necesidades de aire acondicionado que se requiere en los edificios. De ahí que, las necesidades de acondicionamiento están relacionadas con la funcionalidad que se desarrolla en la edificación, así como, las condiciones climáticas propias de la zona, por consiguiente, determinan las necesidades básicas a considerar para el sistema de climatización y ventilación que se efectuará en cada una de sus áreas.

La presente guía metodológica para el manejo de alternativas eficientes de climatización en edificios, pretende brindar un apoyo a los criterios que se deben efectuar y considerar como el resultado del acondicionamiento que se lleva a cabo en las edificaciones de la sierra ecuatoriana. De ahí que, se expone un ejemplo práctico basado en el método CLTD y sus principales criterios a considerar en su desarrollo. Para el estudio de caso se toma en consideración las condiciones ambientales exteriores, condiciones internas, distribución arquitectónica en el cálculo de las cargas térmicas, el registro a realizar en la memoria de cálculo, y las consideraciones que se deben tener para la selección del tipo de sistema de enfriamiento.

4.1. Descripción de la guía

El manejo de la guía está determinado en función de las cuatro secciones que posee:

Sección A

El usuario debe realizar el registro de los datos más relevantes que permitan la descripción general de proyecto. En este punto se realiza la toma de datos mediante los instrumentos y equipos pertinentes que permitan especificar las propiedades termodinámicas internas. La guía en esta sección presenta:

- Datos generales; permiten registrar el nombre del proyecto, la dirección y el responsable de efectuar el registro.

- La hora de análisis, corresponde la hora a la cual se efectuó la medición.
- El horario de actividad, está determinado por la hora de inicio, y el fin que marcan la jornada de operación en la edificación. Mediante este registro, se podrá asignar con ayuda de las tablas del Anexo D.9 un valor adecuado para los factores de uso (Fu), que son utilizados en el cálculo de la carga térmica de enfriamiento debida a iluminación, equipos y accesorios eléctricos.
- Las coordenadas geográficas, permiten escoger el valor de la carga de refrigeración, factores de corrección del (LM) que se encuentran presentes en el Anexo D.2. Así como, los factores de ganancia máxima de calor del sol (SHGF), puesto que estos valores dependen de la latitud.
- El registro de las propiedades termodinámicas internas, permite establecer la diferencia que existe, entre los datos reales y los de diseño del sistema de climatización. Donde los valores de diseño, serán los que se desea mantener para fines de enfriamiento durante el mes de diseño.

Las condiciones internas, o criterios de diseño del sistema de climatización, están basados en la tabla 4.1. Condiciones de diseño en interiores.

Tabla 4. 1. Típica temperatura interna y humedad recomendada en edificios de oficinas

Condiciones de diseño de interiores			
Temperatura, °C /Humedad Relativa, %			
Área	Invierno	Verano	Comentarios
Oficinas, conferencias	20.3 a 24. 20 a 30%	2 23.3 a 26.7 50 a 60%	
Habitaciones, áreas comunes			
Cafeterías	21.1 a 23.3 20 a 30%	25.8 50%	
Cocinas	21.1 a 23.3	28.9 a 31.1	Sin control de humedad
Baños		22.2	Generalmente no acondicionado
Almacenamiento		17.8	Sin control de humedad
Salas de máquinas		16.1	Generalmente no acondicionado

(Fuente: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2011, p. 29).

- Esquema general, en esta parte de la guía se procede a realizar el plano de la edificación, a fin de poder identificar la concentración general de luminarias, ventanas y paredes presentes.

Sección B

En esta sección de la guía metodológica, su registro se ha separado en seis partes, en la primera parte se procede a llenar los datos correspondientes a las mediciones de las propiedades termodinámicas externas, así como, el registro del anuario meteorológico, posteriormente en las siguientes secciones se describe el tipo de material y área para cada ganancia de calor posible en el sistema.

- El registro de las propiedades termodinámicas externas, está determinado por las mediciones realizadas mediante los equipos, e instrumentos.
- El cuadro con los datos del anuario meteorológico del INAMHI, permite corroborar la diferencia entre las mediciones de las propiedades termodinámicas externas, y las registradas en los días más cálidos. Para el caso en el cual, la medición de la temperatura sea menor a la de los datos provistos por el INAMHI, se deberá tomar la máxima temperatura que usted espera que el sistema maneje, de esta manera se podrá determinar la carga de refrigeración en el peor de los casos es decir la condición crítica. A demás es importante el mes en el cual se determina su máximo valor, puesto que el factor de diferencia de corrección (LM), depende del mes, en el caso en estudio se ha seleccionado el mes de Julio, esta consideración se efectúa al igual para el factor de ganancia máxima de calor (SHGF), Anexos D.6 y D.7 respectivamente.

Sección B.1

- En la sección B.1, corresponde al registro de la ganancia de calor en techos, para lo cual es necesario, realizar la descripción de acuerdo con los procedimientos de la ASHRAE, del tipo de techo en función de su número (1-13). El número de techo se refiere a la capacidad del techo para almacenar y radiar calor, así el número 1 irradia su calor casi inmediatamente, mientras que el 13 almacena su calor durante varias horas antes de irradiarlo a la habitación en el Anexo B.5.

- Los valores de espesor del techo, longitud, ancho y área, serán indispensables para el cálculo de la ganancia de calor, y serán descritos en la memoria de cálculos acorde con el diseño establecido en la edificación.
- El material, debe ser descrito por las características dadas por el fabricante, si es posible describir el U (coeficiente de transferencia de calor), será necesario, de lo contrario se calcula tomando el recíproco de la suma de las resistencias térmicas de cada componente del techo, o puede ser seleccionado en base a su similitud de la construcción del techo en el manual de la ASHRAE para el caso en estudio revisar (Anexo B).

Sección B.2

En esta sección de la guía, se describen los datos principales para la ganancia de calor a través de paredes.

- En el casillero de descripción de acuerdo con la ASHRAE, se debe seleccionar un código de grupo de pared ASHRAE (A-G), que sea más parecido a la pared exterior real, que se está definiendo.
- La orientación, representa la dirección de la pared, la cual debe estar acorde con la designación de las letras (S, SE, E, NE, N, NW, W, SW) que representan los puntos cardinales (sur, sur-este, este, nor-este, norte, nor-oeste, oeste, sur-oeste) respectivamente, ya que los valores de factores de diferencia de corrección (LM), así como los factores de ganancia de calor máxima en paredes, dependen de la orientación de la pared. Los valores se describen en el Anexo D.2 y D.3 respectivamente.
- Los valores de espesor del techo, longitud, ancho y área, serán indispensables para el cálculo de la ganancia de calor, y serán descritos en la memoria de cálculos.
- Material: Escribir las características para el material dadas por el fabricante, si es posible describir el U (coeficiente de transferencia de calor), recuerde que el factor U se calcula tomando el recíproco de la suma de las resistencias térmicas de cada componente en la pared, o puede ser seleccionado en base a la similitud de la construcción de la pared en el manual de la ASHRAE (Anexo B).

Sección B.3

En esta sección, se describe los datos principales para la ganancia de calor debida a ventanas.

- En el casillero de descripción se debe describir las características del tipo de acristalamiento, estos datos se pueden obtener del fabricante del vidrio específico que se está usando en el edificio.
- La orientación, representa la dirección de la pared, la cual debe estar acorde con la designación de las letras (S, SE, E, NE, N, NW, W, SW) que representan los puntos cardinales (sur, sur-este, este, nor-este, norte, nor-oeste, oeste, sur-oeste) respectivamente. Es importante realizar el registro respetando la orientación, puesto que la ganancia máxima de calor (SHGF), depende de la orientación, Anexo D.6.
- Los valores de espesor, alto, ancho y área del vidrio, serán utilizados en el cálculo de la ganancia de calor a través del vidrio mediante los mecanismos de conducción y radiación.
- #O: representa la ocurrencia del acristalamiento en la envolvente del edificio.
- Material: Escribir las características para el material dado por el fabricante, si es posible describir el U (coeficiente de transferencia de calor), recuerde que el factor U se calcula tomando en consideración el bastidor que conforma la ventana, o puede ser seleccionado en base a su similitud de la construcción de la ventana en el manual de la ASHRAE (Anexo B)

Sección B. 4

En esta sección se debe realizar el registro para los datos correspondientes a la ganancia de calor por iluminación.

- Descripción: se debe describir la característica de la lámpara, es decir si es fluorescente compacta, fluorescente de tubo cilíndrico, fluorescente circular, de vapor de mercurio, sodio de alta presión, etc.
- Potencia: representa la potencia consumida de la luminaria en (W).
- Ocurrencia: Es el factor de repetición de esa luminaria.

- Perfil Operativo: representa el tiempo de operación en el cual está encendida la luminaria, este valor debe ser ingresado en horas, y permite seleccionar el factor de uso, presente en el Anexo D.9.

Sección B.5

En esta sección se ingresa el registro de datos para el cálculo de la ganancia de calor debida a equipos y accesorios eléctricos.

- Descripción: se debe describir la característica del equipo electrónico, es decir si es un monitor, impresora, copiadora, infocus, etc.
- Potencia: representa la potencia consumida del equipo o accesorio en (W).
- Ocurrencia: Es el factor de repetición de ese equipo o accesorio electrónico.
- Perfil Operativo: representa el tiempo de operación en el cual está encendido el equipo o accesorio electrónico, este valor se ingresa en horas. Y permite seleccionar factor de uso del Anexo D.9.

Sección B.6

En esta sección se debe registrar los datos, para obtener la ganancia de calor debida a ocupantes.

- Descripción: esta referencia permite describir la actividad física que realiza la persona, pueden ser: trabajo ligero, trabajo normal, trabajo pesado, etc.
- Ganancia de calor sensible y latente: esta referencia permite seleccionar el calor sensible y latente de una persona, que es contribuido por la gente a los espacios de la edificación, en las tablas de ASHRAE de 1989 y 1977, ofrece los perfiles sugeridos, así como los valores para un grupo mixto de ocupantes en diferentes actividades, (este valor puede estar en (W o Btu/hr), y ser directamente obtenido del Anexo B.2.

Sección C.

Los datos de equipo, representan los datos de placa de la unidad de climatización instalada, o por instalarse. En esta sección, se deberá corroborar los datos técnicos de funcionamiento del transformador, estos son dados por el fabricante, o por el ingeniero a cargo de la instalación eléctrica.

Sección C.1

En esta sección se debe ingresar los valores de potencia térmica, y potencia eléctrica, calculados mediante la presente metodología descrita, el fin es poder establecer la relación que existe hay que tomar en cuenta el rango de trabajo para cada carga, optimizando su funcionalidad.

4.2. Descripción de cálculo

4.2.1. Carga térmica en techos

Para el cálculo de la carga térmica en techos, se procede a utilizar la ecuación de la carga sensible de enfriamiento por conducción externa \dot{Q}_{skt} , aplicando la corrección del CLTD debido a factores de localización, latitud y mes. Donde el $CLTD$ para techos se obtiene del Anexo D.1 y el LM del Anexo D.2 (Wang, 2010, p. 275).

$$\dot{Q}_{SKT} = U * A (CLTD_h) * \frac{1}{3412.15} \quad (37)$$

Dónde:

\dot{Q}_{SKT} : carga sensible de enfriamiento por conducción externa para techos [kW]

$(CLTD_h)$: diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento en una hora [°F]

U = coeficiente de transferencia de calor por conducción [Btu/hft² * °F]

A = área [ft²]

Factor de conversión: $\frac{1}{3412.15} \left[\frac{kW * H}{Btu} \right]$

Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento corregida para techos:

$$CLTD_{corr-T} = [(CLTD_T + LM) * K + (78 - T_i) + (T_o - 85)] * f_{AD} \quad (38)$$

Dónde:

CLTD_{corr-T}: diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento corregido para techos [°F]

CLTD_T: diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento para techos [°F]

LM: corrección para latitud y mes [-]

K: factor de ajuste debido al color [-]

T_o: temperatura externa de diseño [°F]

T_i: temperatura interna de diseño [°F]

f_{AD}: factor debido a la existencia de ático [-]

4.2.2. Carga térmica en paredes

La carga térmica en paredes está determinada por la ecuación de la carga sensible de enfriamiento por conducción externa $\dot{Q}_{skt} = U * A (CLTD_p) * \frac{1}{3412.15}$ aplicando los factores de corrección para la carga de enfriamiento $CLTD_{paredes}$ valor que se toma del Anexo D.3, para ser aplicados en la ecuación, y obtener los valores de $CLTD_{paredes}$ corregidos, los valores para el coeficiente global de transferencia de calor para paredes U se seleccionan del Anexo B.8 (Wang, 2010, p. 275).

Es importante recalcar que en el Anexo D.3, para la selección de factor de diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para paredes, debe ser seleccionado en función del grupo del A-F, así, el grupo hace referencia a la característica constructiva de la pared, y esta especificado en el Anexo B.8.

Paredes:

$$\dot{Q}_{SKT} = U * A (CLTD_h) * \frac{1}{3412.15} \quad (39)$$

Dónde:

Q_{SKT}: carga sensible de enfriamiento por conducción externa para paredes [kW]

(CLTD_p): diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento en una hora [°F] para paredes ver Anexo D.4

U = coeficiente de transferencia de calor por conducción $\left[\frac{Btu}{hft^2} * ^\circ F \right]$ Anexo B.8

$A = \text{área [ft}^2\text{] de la pared}$

Factor de conversión: $\frac{1}{3412.15} \left[\frac{kW * H}{Btu} \right]$

$$CLTD_{corr-p} = (CLTD_p + LM) * K + (78 - T_i) + (T_o - 85) \quad (40)$$

Dónde:

$CLTD_{corr-p}$: diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento corregido para paredes [$^{\circ}F$]

$CLTD_p$: diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento para paredes [$^{\circ}F$]

4.2.3. Carga térmica ventanas

La carga térmica para ventanas, es el resultado de la ganancia total por conducción debido a la diferencia de temperaturas entre los ambientes, y por la radiación que es absorbida a través del acristalamiento.

4.2.3.1. Ganancia de calor en ventanas por conducción.

La carga térmica en ventanas está determinada por la ecuación de la carga sensible de enfriamiento por conducción externa \dot{Q}_{skt} , aplicando los factores de corrección para la carga de enfriamiento CLTD que se toman del Anexo D.4, para ser aplicados en la ecuación, y obtener los valores de $CLTD_{ventanas}$ corregidos (Wang, 2010, p. 275).

Nota: Para el caso de ventanas, la diferencia de temperatura de la carga de refrigeración no depende de la orientación de la ventana, dado que el vidrio tiene una masa despreciable, por ende no hay almacenamiento de calor dentro de la ventana y por lo tanto el $CLTD_{ventanas}$ es sólo una función de la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior (Wang, 2010, p. 275).

Ventanas:

$$\dot{Q}_{SKT} = U * A (CLTD_h) * \frac{1}{3412.15} \quad (41)$$

Dónde:

\dot{Q}_{SKT} : carga sensible de enfriamiento por conducción externa para ventanas [kW]
 ($CLTD_v$): diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento en una hora [°F]
 para ventanas Anexo D.4

U = coeficiente de transferencia de calor por conducción $\left[\frac{Btu}{hft^2} * °F \right]$

en ventanas Anexo B.9

A = área [ft^2] de la ventana

Factor de conversión: $\frac{1}{3412.15} \left[\frac{kW * H}{Btu} \right]$

El en cálculo del $CLTD_v$ su corrección de los factores de la diferencia de temperatura para carga de enfriamiento horaria corregida en ventanas se debe proceder:

$$CLTD_{corr-v-h} = CLTD_{V-h} + (78 - T_i) + \left[\left(T_o - \frac{1}{2} RD_T \right) - 85 \right] \quad (42)$$

Dónde:

$CLTD_{corr-v-h}$: diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento horario corregido para ventanas [°F]

$CLTD_{V-h}$: diferencia de temperaturas para carga de enfriamiento horario para ventanas [°F] Anexo D.4

T_o : temperatura externa de diseño [°F]

T_i : temperatura interna de diseño [°F]

RD_T : rango diario de temperaturas [°F]

En el cálculo del RD_T , es necesario considerar la diferencia entre el rango de temperatura de los valores máximo y mínimo acorde con Anuario Meteorológico del INAMHI.

4.2.3.2. Ganancia de calor en ventanas por radiación

La ganancia de calor a través de las ventanas por radiación está determinada por la ecuación, que representa la carga sensible de enfriamiento horaria causada por la radiación, donde los valores de coeficiente de sombra (SC) así como, el factor de ganancia de calor debido a radiación solar máxima (SHGF) se obtienen de los Anexos D.6 y D.7 respectivamente (Wang, 2010, p. 275).

$$\dot{Q}_{SR-h} = A * SC * SHGF_{max} * CLF_h * (1/3412,15) \quad (43)$$

Dónde:

\dot{Q}_{SR-h} : carga sensible de enfriamiento horaria causada por radiación [kW]

A: área (ft²)

SC: coeficiente de sombra [-] Anexo D.6

SHGF_{max}: factor de ganancia de calor debido a radiación solar máximo $\left[\frac{Btu}{h * ft^2} \right]$ Anexo D.

CLF_h: factor de carga de enfriamiento horario [-] Anexo D.7

Factor de conversión: $\frac{1}{3412.15} \left[\frac{kW * H}{Btu} \right]$

4.2.4. Carga térmica por iluminación

La ganancia térmica debido a iluminación es la cantidad de luz que llega directamente desde la luminaria hacia un plano de trabajo, el cálculo se realiza mediante la ecuación para la carga sensible de enfriamiento horaria debido a iluminación, donde el factor de carga de enfriamiento para luces CLF_{Luces}, se toma del Anexo D.8, y los factores de uso, así como, el factor para fluorescentes se seleccionan de los Anexos D.9.

Iluminación:

$$\dot{Q}_{St1-h} = P * \# * F_U * F_S * CLF_{t1-h} \quad (44)$$

Dónde:

\dot{Q}_{St1-h} : carga sensible de enfriamiento horaria debido a iluminación [kW]

CLF_{t1-h}: factor de carga de enfriamiento horario debido a iluminación [°F] Anexo D.8

P: Potencia nominal [kW]

#: cantidad [-]

F_U: factor de uso [-]

F_S: factor para fluorescentes [-] Anexo D.9

El factor de uso (Fu), se determina en relación a la ocupación que la iluminación que posee en el interior de la edificación, mientras que el factor para fluorescentes va determinado en función de la potencia de cada lampara, este se obtiene del Anexo D.9

4.2.5. Carga térmica por equipos y accesorios electrónicos

La carga térmica debido a equipos y accesorios, se calcula en función de la ecuación para la ganancia de calor debido a accesorios eléctricos \dot{Q}_{SA-h} , en la cual el factor de carga de

enfriamiento debido a accesorios eléctricos CLF_{A-h} , se obtiene del Anexo D.10 (Wang, 2010, p. 275).

Equipos y accesorios eléctricos:

$$\dot{Q}_{SA-h} = P * \# * F_U * CLF_{A-h} \quad (45)$$

Dónde:

\dot{Q}_{A-h} : ganancia de calor horaria debido a accesorios eléctricos [kW]
 CLF_{A-h} : factor de carga de enfriamiento horario debido a accesorios eléctricos [-]
 \dot{Q}_{SA-h} : carga sensible de enfriamiento horaria debido a aparatos eléctricos [kW]
 P : Potencia nominal [kW]
 $\#$: cantidad [-]
 F_U : factor de uso [-]

El factor de uso (F_U) se analiza en función del criterio de ocupación de los equipos y accesorios eléctricos en la edificación.

4.2.6. Carga térmica debido a ocupantes

La ganancia térmica debido a los ocupantes es la carga térmica obtenida por el calor transferido de los ocupantes al medio, la ganancia se transfiere por la adición de calor sensible y latente. La ganancia de calor de acuerdo a la actividad para la carga sensible y latente se selecciona del Anexo B.2 (Wang, 2010, p. 275).

4.2.6.1.1. Carga sensible de enfriamiento debida a ocupantes.

El factor de carga de enfriamiento CLF_{p-h} , para el cálculo de la carga sensible de enfriamiento debida a ocupantes se determina del Anexo D.11, para

Ocupantes:

$$\dot{Q}_{SP-h} = \dot{Q}_{SP} * \# \text{ personas} * CLF_{p-h} \quad (46)$$

Dónde:

\dot{Q}_{SP-h} : carga sensible de enfriamiento horaria debido a personas [kW]
 CLF_{p-h} : factor de carga de enfriamiento horario debido a personas [°F] Anexo D.18

\dot{Q}_{SP} : carga sensible de enfriamiento debido a personas [kW]
 # **personas**: número de ocupantes de un espacio [-]

4.2.6.2. Carga latente de enfriamiento debida a ocupantes

$$\dot{Q}_{LP-h} = \dot{Q}_{LP} * \# \text{ personas} \quad (47)$$

Dónde:

\dot{Q}_{LP-h} : carga latente de enfriamiento horaria debido a personas [kW]

\dot{Q}_{LP} : carga sensible de enfriamiento debido a personas [kW]

Ejemplo de cálculo para las 16 horas pm, en el mes de septiembre.

$$\dot{Q}_{LP-h} = \dot{Q}_{LP} * \# \text{ personas}$$

$$\dot{Q}_{SP} = \text{carga latente Anexo B.2}$$

$$\dot{Q}_{LP-h} = 200 * 120 * (1/3412,15)$$

$$\dot{Q}_{LP-h} = 7,03kW$$

4.2.7. Carga térmica por particiones internas, cielos rasos.

El cálculo de la ganancia térmica en paredes internas, cielos rasos y pisos, se realiza a través del uso de la ecuación de carga sensible de enfriamiento debido a la conducción interna, el cálculo se realiza de forma directa sin la necesidad de recurrir a factores de enfriamiento (Wang, 2010, p. 275).

$$\dot{Q}_{SKTi} = A * U * \Delta T_d * \frac{1}{3412,15} \quad (48)$$

Dónde:

\dot{Q}_{SKTi} : carga sensible de enfriamiento debido a conducción interna [kW]

U : coeficiente de transferencia de calor por conducción $\left[\frac{Btu}{h * ft^2 * ^\circ F} \right]$

A : área (ft²)

ΔT_d : Diferencia de temperaturas de diseño [°F]

Factor de conversión: $\frac{1}{3412,15} \left[\frac{kW * H}{Btu} \right]$

4.3. Caso de estudio

La aplicación en estudio es el Edificio Plaza 2000, el cual se encuentra ubicado en la Av. 12 de Octubre y Francisco Salazar, construido y diseñado por el estudio de Arquitectónico “Diego Ponce Arquitectos” en 1994. El edificio en su constitución costa de 17 plantas incluyendo la planta baja, 5 subsuelos destinados a estacionamiento, y se caracteriza por tener un programa híbrido, pues aloja oficinas, viviendas (Suites), locales comerciales y bancarios (Kohn, 2017, p. 4). Mediante la circulación vertical en la mitad del edificio se hace posible separar las viviendas de las oficinas evitando que los usuarios de un lado puedan acceder al otro. Ya que, esto permite precautelar la seguridad al interior del edificio (Kohn, 2017, p. 7). En la figura 4.1 se observa una vista de planta de la maqueta del edificio, su orientación geográfica se observa en la Figura 4.2.



Figura 4. 1. Maqueta del edificio Plaza 2000
(Fuente: Kohn, 2017, p. 7)

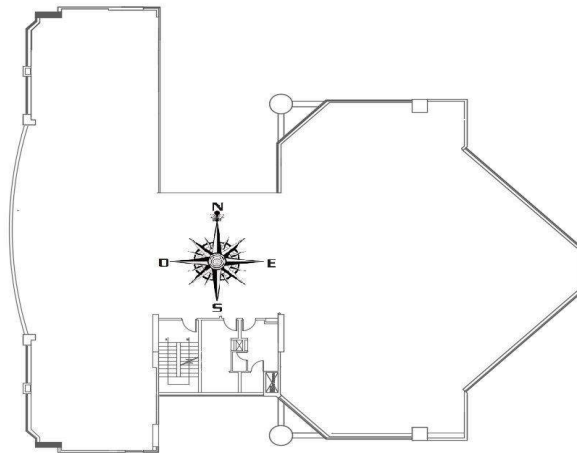


Figura 4. 2 Orientación geográfica más aproximada (NSEO) del edificio Plaza 2000
(Fuente: Kohn, 2017, p. 7)

4.3.1. Condiciones internas de diseño de ventilación mecánica

El sistema de ventilación mecánica permite proveer de una adecuada renovación de aire mediante el movimiento natural del mismo o con la ayuda de ventiladores ya sean para extracción o inyección de aire. En el Anexo B. se presenta los criterios de renovación de aire.

Los edificios de oficinas suelen incluir espacios con zonas periféricas, así frecuentemente tiene una gran área de ventanas, por lo cual, la zona periférica tiene cargas variables debido al cambio de posición del sol y el clima. Sin embargo, los espacios de las zonas interiores usualmente requieren una velocidad de enfriamiento bastante uniforme durante todo el año debido a que sus cargas térmicas se derivan casi en su totalidad de luces, equipo de oficina y personas (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2011, p. 29).

Así los datos de diseño para el interior de la edificación están acorde con la tabla 4.2, descritos:

Tabla 4. 2. Condiciones internas para el diseño del aire acondicionado

CONDICIONES DE DISEÑO	
Temperatura de bulbo seco (general)	75° F (24°C)
Humedad relativa	50%
Ruido máximo	45 dBA
Nivel de filtrado	CLASE DE AIRE 1, 30% de eficiencia de filtro de aire MERV - 6

(Fuente: Wang, 2010, p. 257)

4.3.2. Condiciones ambientales externas

Para el análisis de las condiciones ambientales externas, el diseñador o fiscalizador podrá basar sus datos tomando en cuenta el anuario meteorológico del INAMH expuesto en la tabla 4.3, donde mediante la ubicación de la zona, así como, su estación meteorológica más cercana al caso en estudio, podrá extraer los datos de temperaturas medias, máximas, mínimas y humedad relativa media. Para el diseño se considera las temperaturas medias máximas y humedad relativa media. Con el fin de poder determinar la dispersión que existe entre los datos rescatados es importante efectuar una medición en situ.

El cálculo se puede acompañar de la medición meteorológica efectuada por software, la finalidad principal es realizar el cálculo de la radiación solar incidente sobre planos y en

cualquier ubicación geográfica, así mediante otras rutinas de cálculo el software completa la información proveyendo de otros parámetros climáticos como: temperatura de rocío, temperatura de bulbo húmedo, nubosidad, radiación infrarroja, iluminancia, presión atmosférica, grados día de calentamiento, velocidad y direcciones del viento. Entre los casos de estudio se puede destacar el software Metionor-Online, en esta etapa del diseño, también se puede hacer el uso de cartas psicométricas para la zona específica (Rapallini & Yarke, 2015, p. 3)

Tabla 4. 3. Anuario Meteorológico, temperaturas y humedades ambientales externas

M0024		QUITO INAMHI-INNAQUITO							INAMHI						
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)		
		ABSOLUTAS			MEDIAS			Máxima día	Mínima día	Media					
		Máxima día	Mínima día		Máxima	Mínima	Mensual								
ENERO	97.8	23.6	1	8.8	1	20.2	10.3	14.1	98	2	47	1	81	10.7	12.9
FEBRERO	77.5	22.2	14	8.8	12	19.8	10.2	14.1	97	26	52	14	79	10.3	12.5
MARZO	132.3			8.3	28	22.6	10.8	15.5					78	11.3	13.5
ABRIL	91.1	23.7	2	8.0	25	20.7	10.5	14.2	98	6	59	23	86	11.8	13.9
MAYO	150.4	27.4	29	8.4	25	22.1	10.7	15.3	98	1	46	24	79	11.4	13.6
JUNIO	210.9	24.6	18	8.3	4	22.9	10.7	15.9	96	15	44	22	72	10.6	12.9
JULIO	224.7	24.8	7	8.0	21	23.6	11.4	16.6					68	10.5	12.8
AGOSTO	227.8	26.2	7	8.4	12	23.9	10.9	16.2					63	8.7	11.4
SEPTIEMBRE	240.7	28.0	19	9.2	19	24.5	11.2	16.6	100	28	36	2	62	9.0	11.6
OCTUBRE	142.6	25.9	10	0.5	13	22.9	10.0	15.2	100	26	39	28	73	10.0	12.4
NOVIEMBRE				8.2	18		10.5	14.8					79	11.0	13.1
DICIEMBRE	167.4			7.2	15	22.1	10.0	15.1	98	13	34	12	76	10.6	12.9
VALOR ANUAL				0.5			10.6	15.3					74	10.5	12.8

(Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2015, p. 43)

La estación más cercana con el registro de datos de todo el año está ubicada en Quito-INAMHI, la cual posee el registro de los datos de temperaturas mínima, media y máxima, así como la humedad relativa (%).

4.3.3. Características constructivas

Para el cálculo de la carga térmica es necesaria la información de los diferentes tipos de materiales que se usaron en la construcción de la edificación. Se deberá consultar con el área de arquitectura responsable para poder acceder a los diferentes tipos de materiales utilizados.

Desde el punto de vista climático la sección de materiales termoplásticos permite regular la humedad y temperatura, lo cual permite generar grandes luces al interior del edificio. (Kohn, 2017, p. 10)

- La estructura de los pórticos del edificio es de hormigón armado sismo-resistente.
- La cubierta es de hormigón armado alivianado con bloque de 20cm de espesor, con cielo raso.
- Las paredes son de bloque de 20 cm de espesor con enlucido, estucado y pintado.
- Las ventanas son de vidrio de 6mm de espesor con 20cm de separación
- Las puertas a balcones son consideradas como ventanas ya que son de aluminio y vidrio, en el cálculo se considera vidrio claro, sin cortinas bajo, la condición más crítica.
- Las puertas son paneladas y de madera.
- Las particiones son de características semejantes a las paredes.

4.3.4. Coordenadas geográficas

Mediante el uso de Google maps se puede acceder a las coordenadas geográficas exactas del sitio en estudio, las cuales se exponen en la Tabla 4.4 latitud, longitud, Elevacion. La figura .3 evidencia la ubicación geográfica de acuerdo a sus coordenadas a través de una captura de Google Maps.

Tabla 4. 4. Edificio Plaza 2000, Quito, Ecuador, coordenadas geográficas

Latitud	-0,2042258
Longitud	-78,4846956
Elevación (m)	2810

(Fuente: <http://www.mapcoordinates.net/es>)



Figura 4. 3. Edificio Plaza 2000, Quito, Ecuador, coordenadas geográficas
(Fuente: <http://www.mapcoordinates.net/es>)

4.3.5. Distribución arquitectónica para cálculo de cargas térmicas

La distribución arquitectónica, juega un papel fundamental dentro del proceso de climatización, un estudio de la orientación más idónea es fundamental, éste puede ser basado en criterios de arquitectura pasiva que permitan utilizar las corrientes naturales de viento como sistema natural de refrigeración, así también, su orientación debe compensar la relación entre aprovechamiento natural de iluminación, para propiciar el ahorro en luminarias, y a su vez garantizar una ganancia mínima de calor a través del acristalamiento.

La figura 4.4. Permite observar la distribución arquitectónica en el interior del edificio Plaza 2000, así también, están marcadas las principales dimensiones para el cálculo de la ganancia de calor a través de ventanas y paredes, en donde las regiones de color rojo representan las paredes y las de color azul las ventanas, ver el Anexo C.1

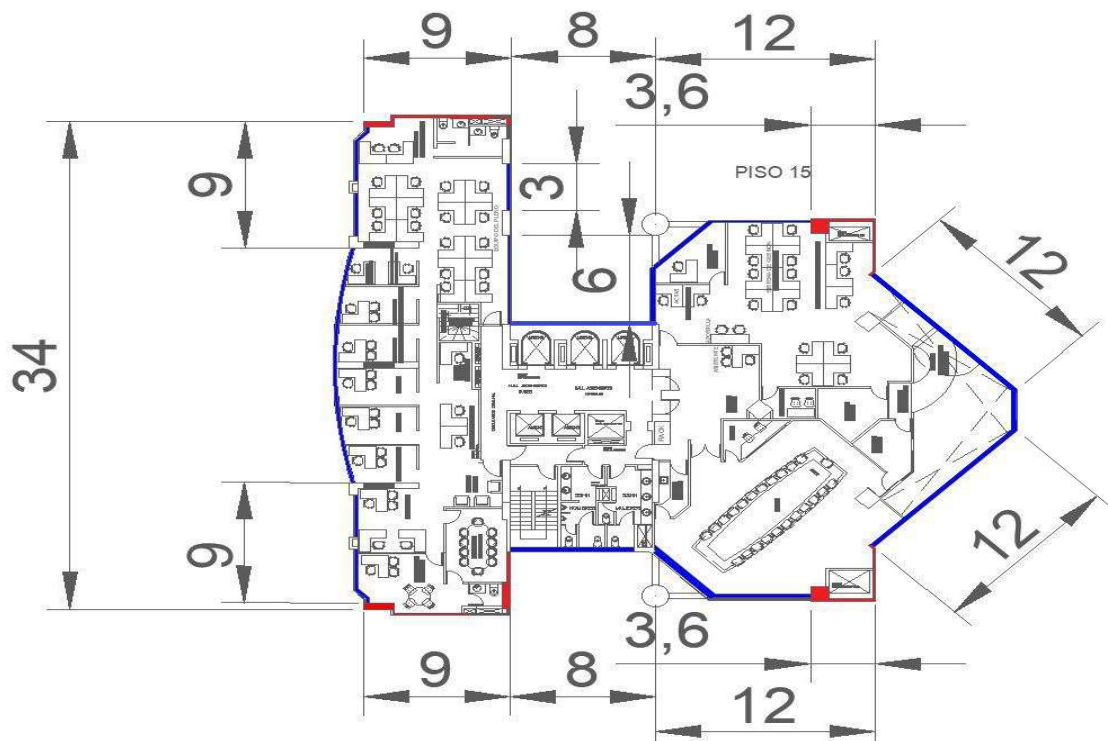


Figura 4. 4. Dimensiones generales en (metros) de un piso tipo del edificio Plaza 2000

La figura 4.5. Permite observar cómo está distribuida la instalación eléctrica en el piso 15, el cual se ha tomado como caso de estudio, ya que, en esta planta, se ve afectado el techo por la ganancia de calor debida a la radiación.

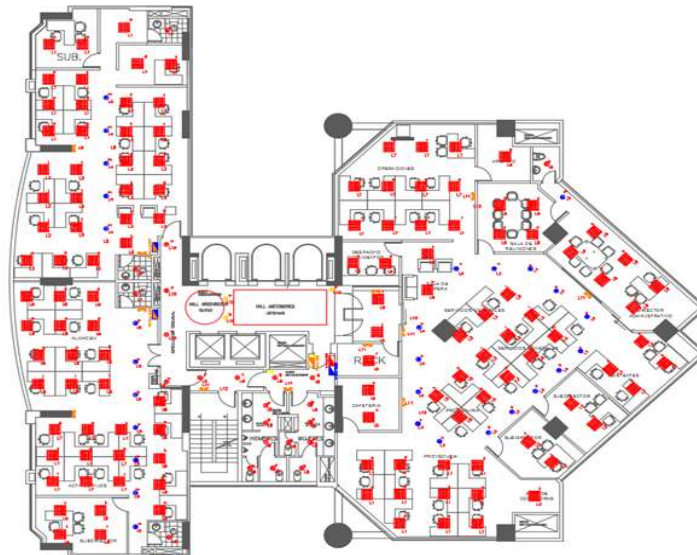


Figura 4. 5. Plano de la distribución de la iluminación en el Edificio Plaza 2000, piso 15

En la tabla 4.5., en función del plano de distribución de la luminaria del piso 15, se procede a determinar el respectivo símbolo y cantidad, así como su descripción.

Tabla 4. 5. Distribución de la iluminación en el Edificio Plaza 2000, piso 15

SIMBOLOGÍA			
ITEM	SÍMBOLO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1		125	Luminaria fluorescente 3x17W , T8
2		028	Luminaria ojo de buey, difusor de vidrio, 2x 26W- fc
3		023	Luminaria ojo de buey con foco ahorrador 1 x 26W
4		003	Dicróicos, 24 W
5		008	Aviso luminoso de salida
6		012	Luminaria de emergencia

La distribución del área en paredes y ventanas se detalla a continuación acorde con la distribución de la edificación y su orientación.

A continuación, en función de la distribución de ventanas y paredes de la figura 4.4 se procede a realizar el cálculo de sus áreas expuesto en la tabla 4.6.

Tabla 4. 6 Área para paredes y paredes del Edificio Plaza 2000

Área en Paredes				Área en Ventanas			
Orientación	Alto	Ancho	m ²	Orientación	Alto	Ancho	m ²
N	3	12,6	37,8	N	3	16,4	49,2
NE	3	0	0	NE	3	12	36
E	3	7,2	21,6	E	3	0	0
SE	3	0	0	SE	3	12	36
S	3	12,6	37,8	S	3	16,4	49,2
SW	3	0	0	SW	3	5,0	15
W	3	3	9	W	3	31	93,0
NW	3	0	0	NW	3	5,0	15

4.4. Memoria de cálculo

Para el cálculo de la carga térmica, se utiliza la hoja de cálculo de Excel, la cual está basado en el método de cálculo de cargas térmicas ASHRAE; CLTD/CLF, recomendado en el estudio “Dimensionamiento de ductos de ventilación y cálculo de cargas térmicas en edificaciones estándar mediante el desarrollo de un software”, donde para la selección del método recomendado se parte de la comparación de seis métodos presentes en la ASHRAE, entre los que se destaca TFM, TEED/TA, RTS, (ver tabla 4.7). La selección se realiza mediante el cálculo del peso específico de cada uno de los métodos expuestos, considerando criterios de validez, versatilidad y complejidad, para así proceder con la selección más adecuada (Alvarez & Cuenca, 2016, p. 56).

Tabla 4. 7. Método ASHRAE CLTD CLF, selección por matrices de ponderación

SOLUCION	Validez	Versatilidad	Complejidad	\sum	Ponderación
ASHRAE; TFM	0,0595	0,0397	0,0159	0,115	5
ASHRAE; CLTD/ CLF	0,1429	0,0873	0,0476	0,28	1
ASHRAE; TETD/TA	0,0595	0,0397	0,0238	0,12	4
ASHRAE; CLTD/SCL	0,0595	0,0397	0,0317	0,13	3
ASHRAE; RTS	0,0595	0,0397	0,0079	0,107	6
ASHRAE; CARRIER	0,1190	0,0397	0,0397	0,25	2

(Fuente: Alvarez & Cuenca, 2016, p. 56).

4.4.1. Ganancia de calor

Mediante un balance de energía, las cargas que se tienen en un sistema están determinadas por el calor que se debe suministrar o remover por el equipo HVAC, con el fin de mantener un espacio en las condiciones deseadas de confort. Cuando toda la entrada de carga es constante y se mantiene sobre límites estáticos, el cálculo es simple y es una aproximación de la carga de calor pico. El aumento de calor que se absorbe por las masas de la estructura de la edificación produce un efecto dinámico típico (ver Figura 2.8), que contribuye en horas posteriores a la incidencia energética. La figura 4.6 permite evidenciar el balance de cargas térmicas que afectan a una edificación para el cálculo de la ganancia de calor.

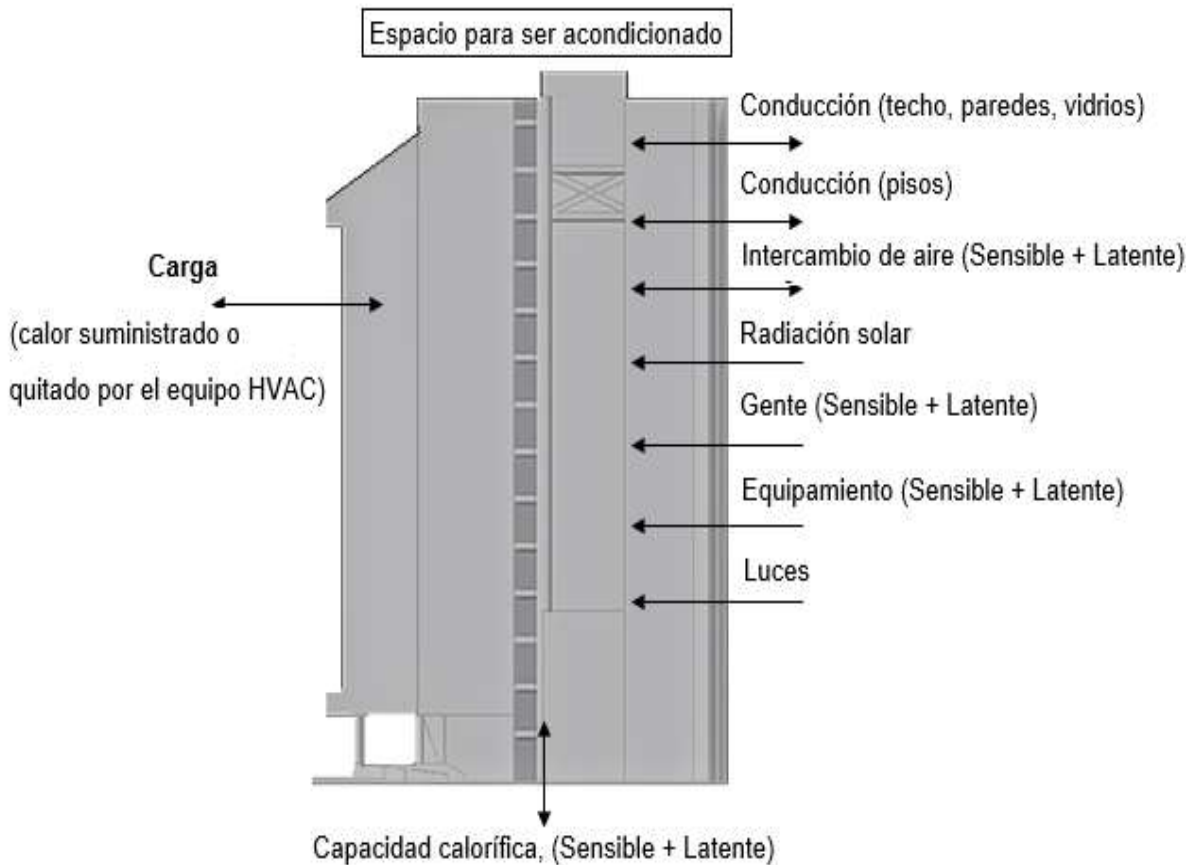


Figura 4. 6. Términos en un cálculo de carga
(Fuente: Kohn, 2017, p. 7) (Jan & Peter, 2010, p. 301)

La carga de enfriamiento por hora para un edificio se puede calcular usando el método CLTD. Ya que el Método provee de facilidad y rapidez en comparación al método de la función de transferencia puesto que los valores de CLTD y CLF se leen directamente de tablas. Sin embargo, puesto que las tablas son relativamente genéricas, los resultados pueden no ser tan exactos como los derivados del TFM o el RTS.

Para el cálculo de la carga térmica mediante el método CLTD, se parte de cuatro supuestos.

- Los supuestos iniciales están basados en los datos constructivos inherentes a sus materiales.
- Los CLTD y CLF se encuentran determinados en tablas, y se debe aplicar la ecuación de corrección para orientaciones en latitud sur.
- Los cálculos de energía se realizan para cada hora.
- La carga de enfriamiento total se puede calcular sumando las cargas basadas en los valores de CLTD y CLF por (Conducción y Radiación).

A continuación, se procede a realizar un ejemplo de cálculo para el piso 15 del Edificio Plaza 2000, en el mes de Julio, este cálculo se realiza para las cuatro de la tarde puesto que la comparación con el software determina que a esta hora del día se tiene un pico de carga en la ganancia de calor estimada.

4.4.2. Carga térmica en techos

En función de las ecuaciones descritas en el apartado 4.2, se procede a calcular la diferencia de temperatura para la carga de enfriamiento corregido para techos, ecuación (38).

Ejemplo de cálculo para las 16 horas pm, en el mes de julio.

$$CLTD_{corr-T} = [(CLTD_T + LM) * K + (78 - T_i) + (T_o - 85)] * f_{AD}$$

$CLTD_{T-16} = 50$, dato para un techo tipo 9, a las 16 horas, Anexo D.1

Nota: Es importante que el dato de techo que se considere para el cálculo de la diferencia de carga de enfriamiento para techos planos este acorde con la característica de techos de la descripción de la ASHRAE en el Anexo D.1.

El techo N°9 acorde con la ASHRAE corresponde a un techo de concreto pesado de 4 pulg, con aislamiento de 1 pulg. Que es el que mejor se ajusta a las referencias obtenidas por el personal que participo directamente en la construcción de la edificación.

El valor de LM temperatura de carga de enfriamiento, para los factores de corrección, se toma del manual de la ASHRAE 1989, descrita en el Anexo D.2, el cual especifica que para superficies horizontales en latitud 0° para el mes de May/Jul, corresponde un valor de -4.

K = es un ajuste debido al color y toma valores de 1 para colores oscuros (azul, rojo, café, verde), 0,83 para colores medios y 0,65 para colores claros

T_o = temperatura de diseño, este valor representa la temperatura más alta en grados Celsius que usted espera que el sistema maneje en verano. Así se podrá determinar la carga de refrigeración en el peor de los casos para 28° C acorde con el reporte del INAMH

$T_i = 25^\circ C$

$f_{AD} = 1$, toma el valor de uno debido a que no existe la existencia de ático

Solución

$$CLTD_{corr-T} = [(CLTD_T + LM) * K + (78 - T_i) + (T_o - 85)] * f_{AD}$$

$$CLTD_{corr-T} = [(50 - 4) * 0,83 + (78 - 77) + (82,4 - 85)] * 1 = 36,58 \text{ Horizontal}$$

$$\dot{Q}_T = U * A (CLTD_h) * (1/3412.15)$$

$U = 0,2$ coeficiente de transferencia de calor para techos, Anexo B. 6, en referencia al techo N°9

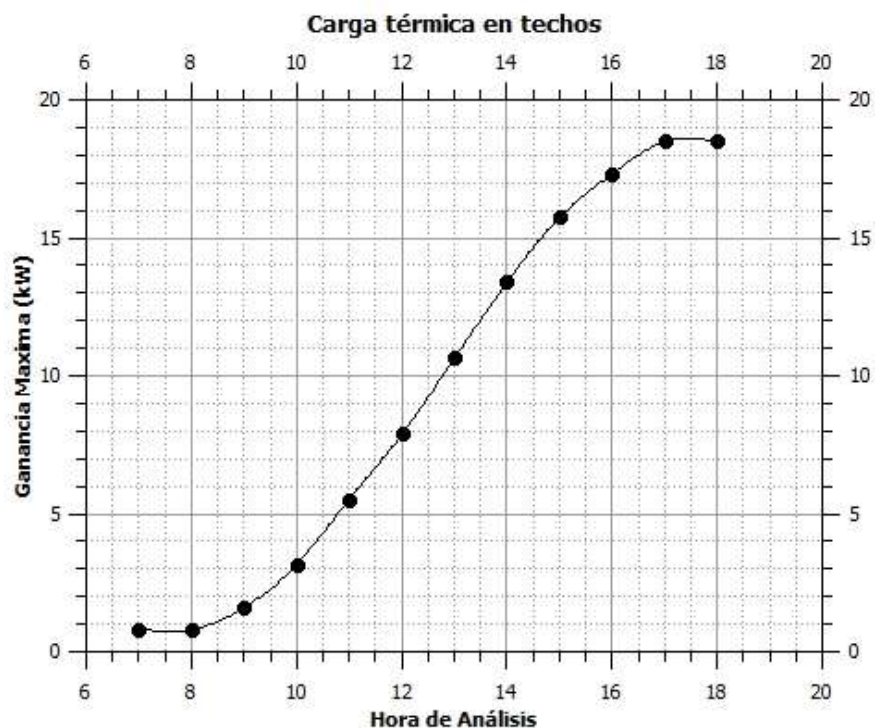
$$\dot{Q}_T = 0,2 * 8075,30 (36,58) * (1/3412.15) = 17,31$$

$$\dot{Q}_{T-16} = 17,31 \text{ kW}$$

El resultado de la carga térmica total por conducción en techos, a partir de las 7 horas am hasta las 18 horas pm, es el resultado de la carga sensible de conducción en techos para el mes de julio calculado de 7h00 AM a las 18h00PM, el resultado para el resto de las horas se observa a continuación en la tabla 4.8, la carga termina para techos se observa en la grafica 4.1.

Tabla 4. 8. Carga térmica en techos

Carga sensible de enfriamiento por conducción en el mes de julio para techos												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Σ (kW)	0.81	0.81	1.60	3.17	5.53	7.89	10.64	13.39	15.74	17.31	18.49	18.49



Gráfica 4. 1 Carga térmica en techos

4.4.3. Carga térmica en paredes

En función de las ecuaciones descritas en el apartado 4.2, se procede a calcular la diferencia de temperatura para la carga de enfriamiento utilizando las ecuaciones corregidas para el caso de paredes, éstas están descritas en el apartado (39).

Para el caso del ejemplo de cálculo, este se desarrolla a las 16:00PM del mes de Julio, puesto que se considera el solsticio de verano. El cálculo de la carga térmica en paredes se realiza a las 16h00PM.

Acorde con el código de la ASHRAE de 1989, para la determinación del CLTD su selección debe estar acorde con el tipo de pared en la edificación, así, el Anexo B.8 permite obtener la descripción del grupo de pared clasificado de la A-F, aquí también se describe el coeficiente global de transferencia de calor. Mientras que el Anexo D.3 establece la diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para paredes, esta asignación va acorde con la clasificación del Anexo B.8

En el caso de estudio, del Edificio Plaza 2000, su construcción concuerda con un tipo D, de donde se extrae el coeficiente global de transferencia de calor de 0,846 Btu/h.ft².°F (paredes) bloque de concreto de 200 mm+ espacio de aire o aislamiento. Acorde con la clasificación, se deberá trabajar con los CLTD_p. A continuación se observa en la Tabla 4.9 la corrección LM por latitud, orientación y mes del año, sub siguiente la tabla 4.9 indica la diferencia de carga de enfriamiento para una pared tipo D a las 16 horas del día.

$$CLTD_{corr-p} = [(CLTD_T + LM) * K + (78 - T_i) + (T_o - 85)]$$

$$CLTD_{p-16} = \text{dato para pared tipo pared Anexo D.3}$$

Tabla 4. 9 Temperatura de carga de refrigeración factores de diferencias de corrección LM

Corrección LM						
Latitud	Mes	Orientación de la superficie				
		N	NE/NW	E/W	SE/SW	S
	May/Jul	10	5	-3	-8	-8

Anexo D.3 Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para paredes iluminadas por el sol													
Tipo de pared	Orientación	Hora del día											
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
D	N	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17
	NE	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25
	E	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32
	SE	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32
	S	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29
	SW	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32
	W	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30
	NW	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22

K = es un ajuste debido al color y toma valores de 1 para colores oscuros (azul, rojo, café, verde), 0,83 para colores medios y 0,65 para colores claros
T_o = temperatura de diseño, este valor representa la temperatura más alta en grados Celsius que usted espera que el sistema maneje en verano. Así se podrá determinar la carga de refrigeración en el peor de los casos 28° C

$$T_i = 25^{\circ}C$$

Solución

$$CLTD_{corr-p} = [(CLTD_T + LM) * K + (78 - T_i) + (T_o - 85)]$$

$$CLTD_{corr-p} = [(13 + 10) * 1 + (78 - 77) + (82,4 - 85)] = 21,4 \text{ Latitud N}$$

$$CLTD_{corr-p} = [(24 + 5) * 1 + (78 - 77) + (82,4 - 85)] = 27,4 \text{ Latitud NE}$$

$$CLTD_{corr-p} = [(33 - 3) * 1 + (78 - 77) + (82,4 - 85)] = 28,4 \text{ Latitud E}$$

$$CLTD_{corr-p} = [(32 - 8) * 1 + (78 - 77) + (82,4 - 85)] = 22,4 \text{ Latitud SE}$$

$$CLTD_{corr-p} = [(24 - 8) * 1 + (78 - 77) + (82,4 - 85)] = 14,4 \text{ Latitud S}$$

$$CLTD_{corr-p} = [(21 - 8) * 1 + (78 - 77) + (82,4 - 85)] = 11,4 \text{ Latitud SW}$$

$$CLTD_{corr-p} = [(18 - 3) * 1 + (78 - 77) + (82,4 - 85)] = 13,4 \text{ Latitud W}$$

$$CLTD_{corr-p} = [(14 + 5) * 1 + (78 - 77) + (82,4 - 85)] = 17,4 \text{ Latitud NW}$$

Nota: para los valores de áreas en paredes se considera la tabla 4.6

$$\dot{Q}_p = U * A (CLTD_h) * (1/3412.15)$$

$U = 0,846$ coeficiente de transferencia de calor para paredes, Anexo B. 7

$$\dot{Q}_p = 0,846 * 124,02 * (21,4) * (1/3412.15) = 0,65kw$$

$$\dot{Q}_p = 0,846 * 0 * (27,4) * (1/3412.15) = 0,0kw$$

$$\dot{Q}_p = 0,846 * 70,87 * (28,4) * (1/3412.15) = 0,49kw$$

$$\dot{Q}_p = 0,846 * 0 * (22,4) * (1/3412.15) = 0,0kw$$

$$\dot{Q}_p = 0,846 * 124,02 * (14,4) * (1/3412.15) = 0,44kw$$

$$\dot{Q}_p = 0,846 * 0 * (11,4) * (1/3412.15) = 0kw$$

$$\dot{Q}_p = 0,846 * 29,53 * (13,4) * (1/3412.15) = 0.09kw$$

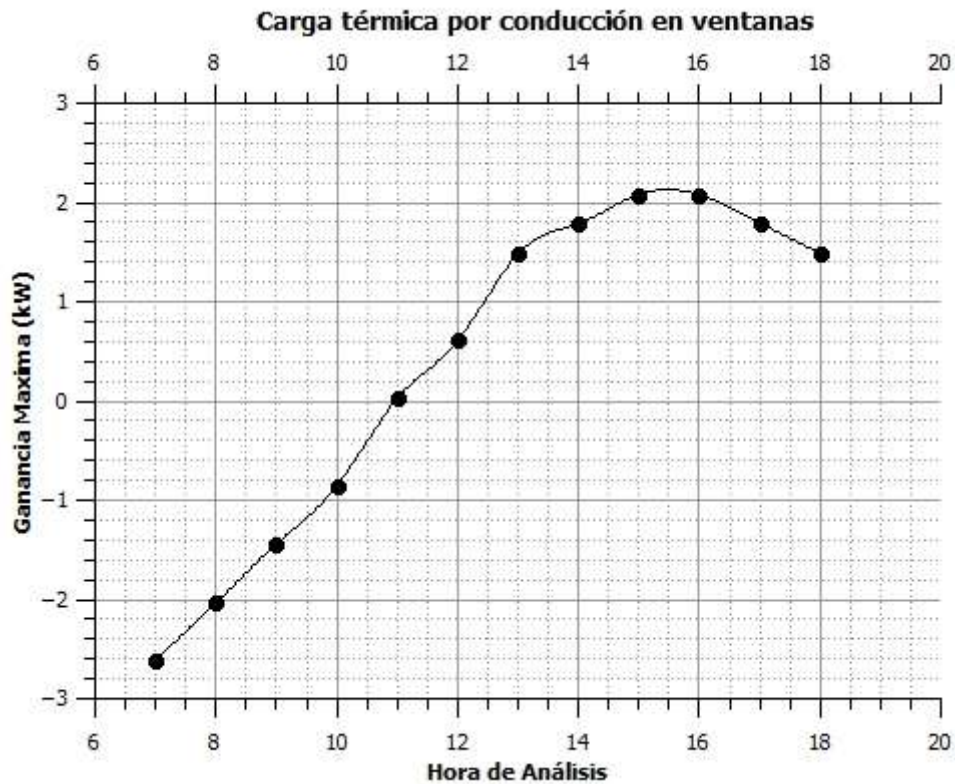
$$\dot{Q}_p = 0,348 * 0 * (17,4) * (1/3412.15) = 0 kw$$

$$\dot{Q}_{p-16} = 1,7kW$$

El valor obtenido de $\dot{Q}_{p-16} = 6,53 kW$ representa la carga sensible de enfriamiento acumulada a las 16:00 horas causada por la radiación que incide sobre las diferentes áreas de la edificación de acuerdo a su orientación como se observa en la Tabla 4.10, aquí también, se tiene la distribución de carga térmica por conducción en techos a partir de las siete de la mañana hasta las 18 horas, en la gráfica 4.2 se observa la distribución de carga térmica para paredes.

Tabla 4. 10. Carga térmica paredes

Carga sensible de enfriamiento por conducción en el mes de julio para techos												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Σ (kW)	0.51	0.49	0.50	0.58	0.70	0.88	1.06	1.29	1.51	1.70	1.88	2.04



Gráfica 4. 2 Carga térmica paredes

4.4.4. Carga térmica ventanas

En función de las ecuaciones descritas en el apartado 4.2, se procede a calcular la diferencia de temperatura para carga de enfriamiento corregido para ventanas, ecuación (42).

4.4.4.1. Carga térmica por conducción en ventanas

En el cálculo de la carga térmica por conducción en ventanas, es necesario considerar el CLTD_v, el cual se extrae del Anexo D.4 representado por la carga de enfriamiento para superficies de vidrio.

El ejemplo de cálculo se realiza para las 16 horas pm, del mes de julio, desarrollado a continuación para el piso 15.

4.4.4.1.1. Conducción en ventanas

Para el análisis de la carga térmica debido a la conducción en ventanas, es necesario analizar los términos de la expresión de $CLTD_{corr-v-h}$, el valor de la diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para superficies de vidrio ($CLTD_{V-h}$), debe ser extraído del Anexo D.4, el valor de RD_T , representa la diferencia de la temperatura máxima y mínima que se espera tener en el mes de estudio, acorde con el anuario meteorológico del INAMHI, esta diferencia debe ser expresada en grados Fahrenheit, y para el caso de estudio es de 10,6 [F°], los valores de diferencia de temperatura de carga de enfriamiento se observan en la tabla 4.11.

$$CLTD_{corr-v-h} = CLTD_{V-h} + (78 - T_i) + \left[\left(T_o - \frac{1}{2} RD_T \right) - 85 \right]$$

$CLTD_{V-16}$, dato para superficie de vidrio Anexo D.4.

Tabla 4. 11 Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para superficies de vidrio

Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para superficies de vidrio											
Hora del día											
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
-2	0	2	4	7	9	12	13	14	14	13	12

T_o = temperatura de diseño, este valor representa la temperatura más alta en grados Celsius que se espera que el sistema maneje en verano. Así se podrá determinar la carga de refrigeración en el peor de los casos 28° C

T_i = 25° C es la temperatura estimada en el interior de la edificación

RD_T : determinado por la diferencia de la temperatura máxima y mínima, 10,6[F°]

Solución

$$CLTD_{corr-v-h} = (14) + (78 - 77) + \left[\left(82,4 - \frac{1}{2} (10,62) \right) - 85 \right] = 7,09$$

Una vez determinado el valor corregido para la diferencia de temperatura de carga de enfriamiento en superficies de vidrio, es necesario determinar el valor de la carga térmica por conducción, el resultado de los valores de carga térmica por conducción se evidencian en la Tabla 4.12., la grafica 4.3 evidencia la distribución de carga de conducción por ventanas en el día.

$$\dot{Q}_v = U * A (CLTD_h) * (1/3412.15)$$

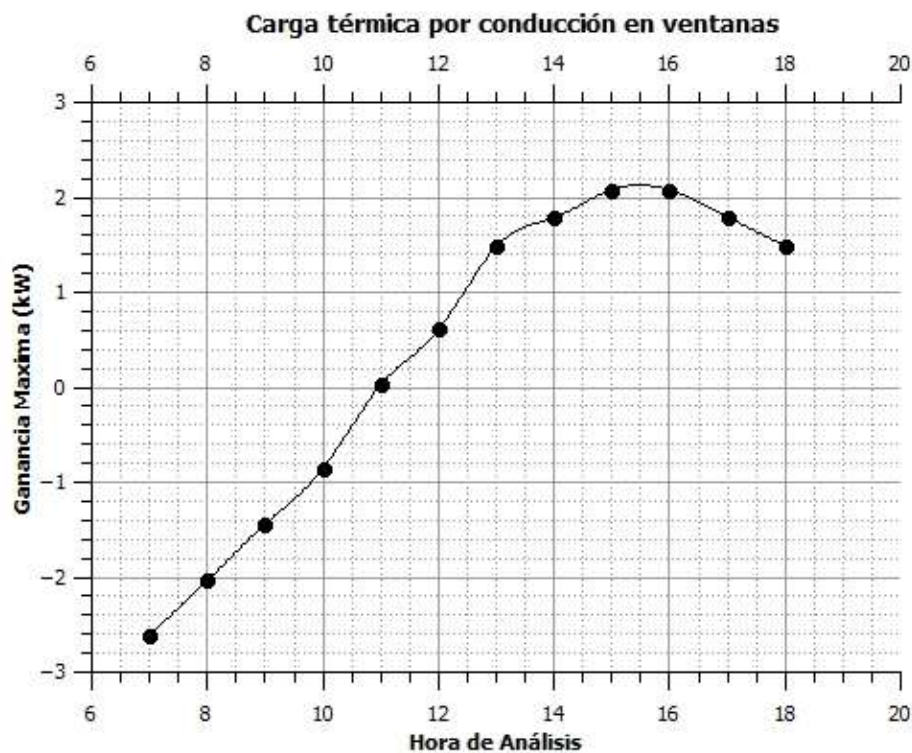
$$U = 1,04 \left[\frac{Btu}{h * ft^2 * F^o} \right] \text{coeficiente de transferencia de calor para ventanas, Anexo B.9}$$

A = Representa la superficie de ventanas expresada en ft^2

$$\dot{Q}_p = 1,04 * 962,60 * (7,09) * (1/3412.15) = 2,08kW$$

Tabla 4. 12. Carga térmica por conducción ventanas

Carga sensible de enfriamiento por conducción en el mes de julio para ventanas												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Σ (kW)	-2,61	-2.03	-1.44	-0.85	0.03	0.61	1.49	1.79	2.08	2.08	1.79	1.49



Gráfica 4. 3 Carga térmica por conducción ventanas

4.4.4.1.2. Radiación en ventanas

El cálculo de la ganancia de calor en ventanas, se efectúa a través de \dot{Q}_{SR-h} el cual representa la carga sensible de enfriamiento por radiación en su expresión los factores: A :representa el área expuesta a la radiación en ventanas acorde con la orientación, SC :representa el coeficiente de sombra y su valor se extrae del Anexo D.5 para el caso de vidrio simple de 6mm de espesor sin sombra, su valor es de 1, $SHGF_{max}$: es el factor de ganancia máxima de calor y

se extrae sus coeficientes del Anexo D.6, los valores de CLF_h en ventanas se deben extraer del Anexo D.7 para lo cual se debe considerar el tipo de construcción, la orientación y si posee o no cubierta.

Ejemplo de calculo

$$\dot{Q}_{SR-h} = A * SC * SHGF_{max} * CLF_h * (1/3112,15)$$

$SC = 1$, coeficiente de sombra Anexo D.5
 $SHGF_{max}$: factor de ganancia de calor, Anexo D.6

La Tabla 4.13 se presenta los factores de ganancia solar máxima, para estos se considera latitud 0°, en el mes de julio, así como, la ganancia máxima de calor SHGF.

Tabla 4. 13 Factores de Ganancia máxima de Calor del Sol SHGF

Factores de Ganancia máxima de Calor del Sol SHGF										
Latitud	Mes	Orientación								
		N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S
0°	Julio	115	164	201	213	195	149	77	38	38

CLF_{16} : carga de enfriamiento para vidrios, Anexo D.7

Factores de carga de Enfriamiento para superficies de Vidrio CLF												
Orientación	Hora del Día											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
N	0,73	0,74	0,81	0,88	0,95	0,98	0,98	0,94	0,88	0,79	0,79	0,55
NE	0,83	0,88	0,72	0,47	0,33	0,27	0,24	0,23	0,2	0,18	0,14	0,09
E	0,76	0,91	0,9	0,75	0,51	0,3	0,22	0,18	0,16	0,13	0,11	0,07
SE	0,58	0,81	0,93	0,93	0,81	0,59	0,37	0,27	0,21	0,18	0,14	0,09
S	0,15	0,23	0,39	0,62	0,82	0,94	0,93	0,8	0,59	0,38	0,26	0,16
SW	0,09	0,13	0,16	0,19	0,23	0,39	0,62	0,82	0,94	0,94	0,81	0,54
W	0,07	0,1	0,13	0,15	0,16	0,18	0,31	0,55	0,78	0,92	0,93	0,73
NW	0,09	0,14	0,17	0,2	0,22	0,23	0,24	0,31	0,53	0,78	0,92	0,81

Solución

$$\dot{Q}_{SR-h} = 161,42 * 1 * (115) * (0,79) * (1/3412,15) = 4,29 \text{ kW } \textit{kW direccion N}$$

$$\dot{Q}_{SR-h} = 118,11 * 1 * (201) * (0,18) * (1/3412,15) = 1,25 \text{ kW } \textit{direccion NE}$$

$$\dot{Q}_{SR-h} = 0 * 1 * (195) * (0,13) * (1/3412,15) = 0 \text{ kW } \textit{direccion E}$$

$$\dot{Q}_{SR-h} = 118,11 * 1 * (77) * (0,18) * (1/3412,15) = 0,47 \text{ kW } \textit{direccion SE}$$

$$\dot{Q}_{SR-h} = 161,42 * 1 * (38) * (0,38) * (1/3412,15) = 0,68 \text{ kW } \textit{direccion S}$$

$$\dot{Q}_{SR-h} = 49,21 * 1 * (77) * (0,94) * (1/3412,15) = 1,04 \text{ kW } \textit{direccion SW}$$

$$\dot{Q}_{SR-h} = 305,12 * 1 * (195) * (0,92) * (1/3412,15) = 16,04 \text{ kW } \textit{direccion W}$$

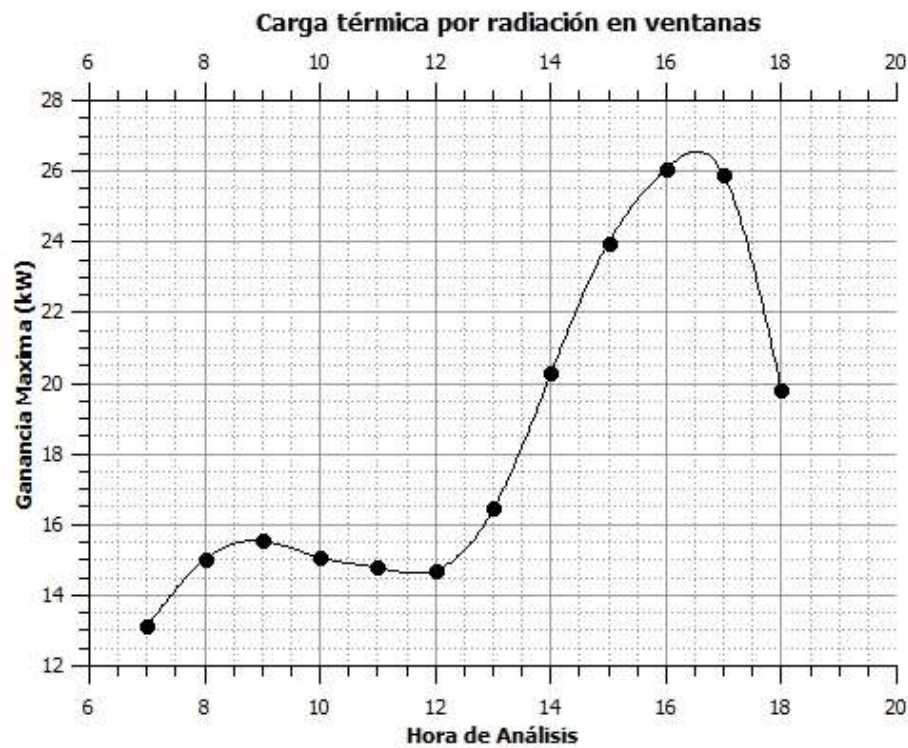
$$\dot{Q}_{SR-h} = 49,21 * 1 * (201) * (0,78) * \left(\frac{1}{3412,15}\right) = 2,26 \text{ kW direccion NW}$$

$$\dot{Q}_{SR-h} = 26,03 \text{ kW}$$

A continuación, en la tabla 4.14 se tiene los valores de carga sensible por radiación estimados para un día del mes de julio de 7am a 18Pm. La grafica de su función de dsitribucion de la ganancia termica de calor por radiacion se observa en la grafica4.4.

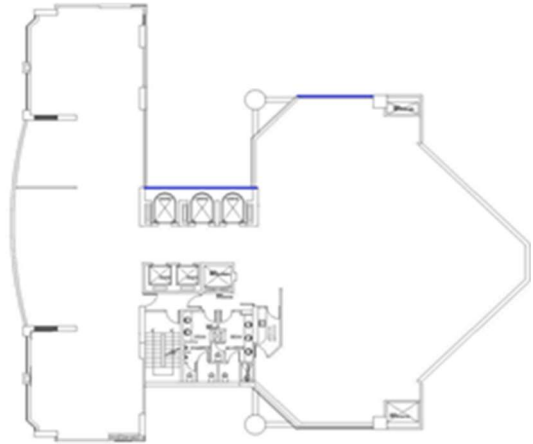
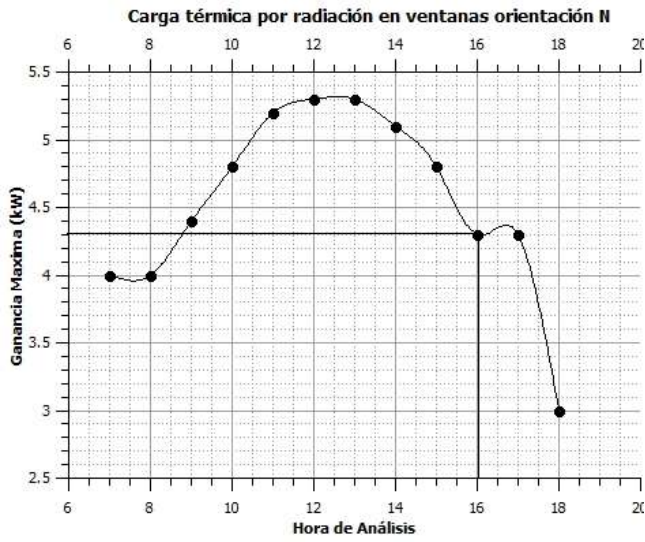
Tabla 4. 14. Carga sensible de enfriamiento por radiación en el mes de julio para ventanas

Carga sensible de enfriamiento por radiación en el mes de julio para ventanas												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Σ (kW)	13.14	15.01	15.53	15.06	14.78	14.71	16.45	20.27	23.98	26.06	25.90	19.82

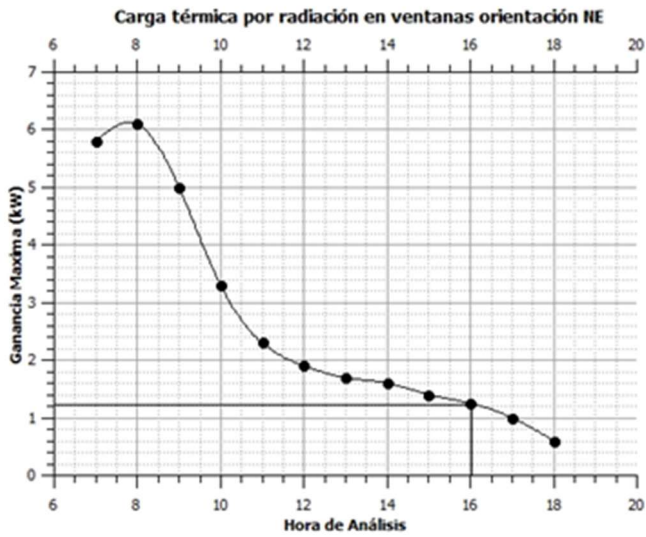


Gráfica 4. 4 Carga térmica por radiación ventanas piso 15

En las gráficas siguientes de la 4.5 a la 4.11 se presenta las gráficas de la ganancia de calor por orientación la función de ganancia de calor por radiación acorde con la orientación.

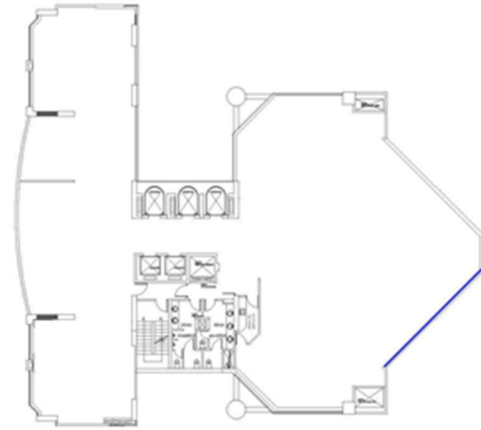
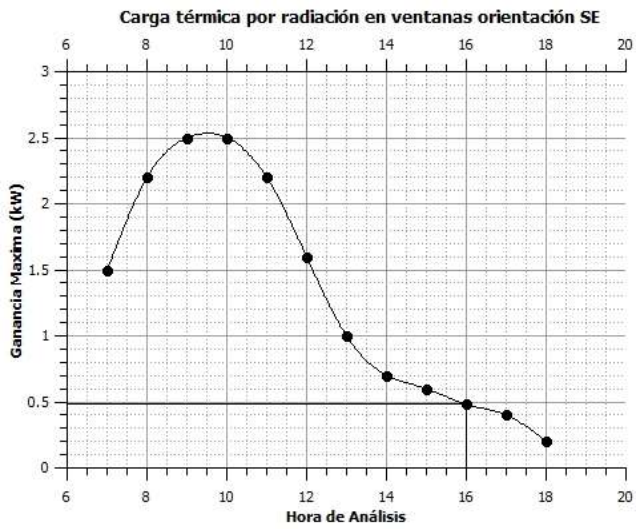


Grafica 4. 5 Carga térmica por radiación en ventanas orientación N

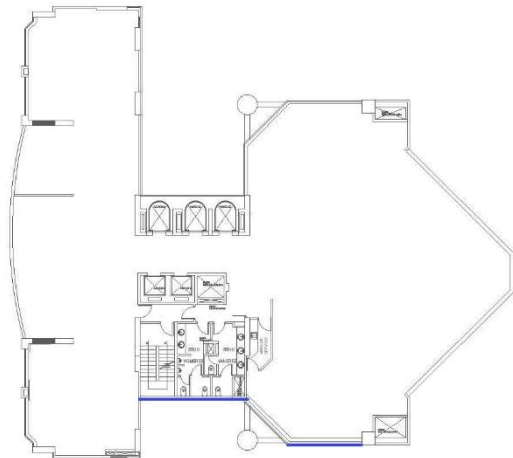
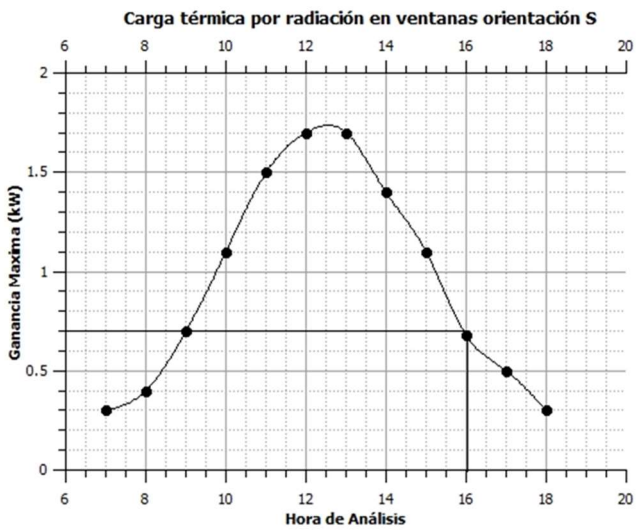


Grafica 4. 6 Carga térmica por radiación en ventanas orientación NE

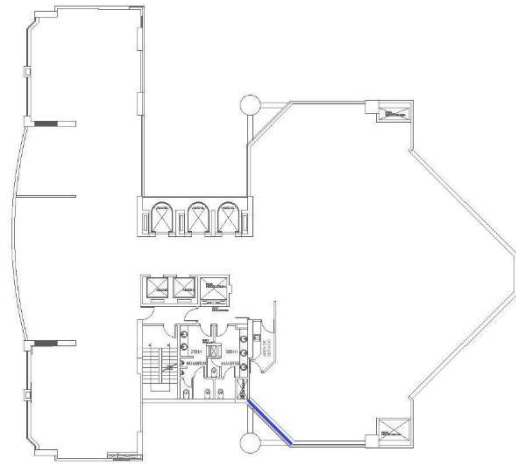
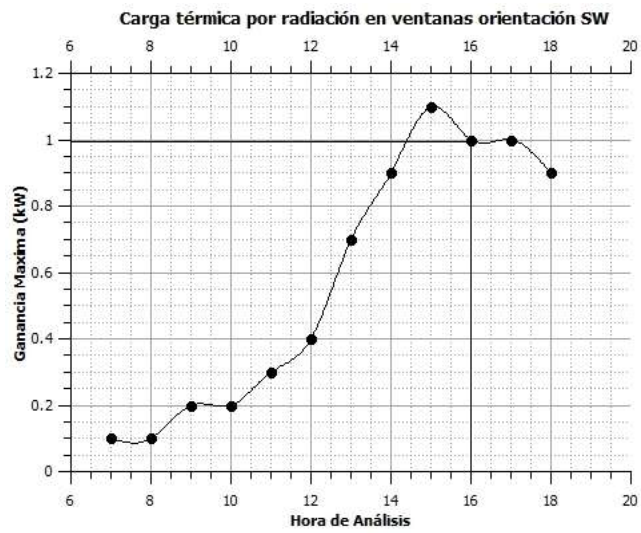
En orientación este (E), se considera que no existe ganancia de calor debido a la sombra propia que proyecta la edificación por defecto de su configuración.



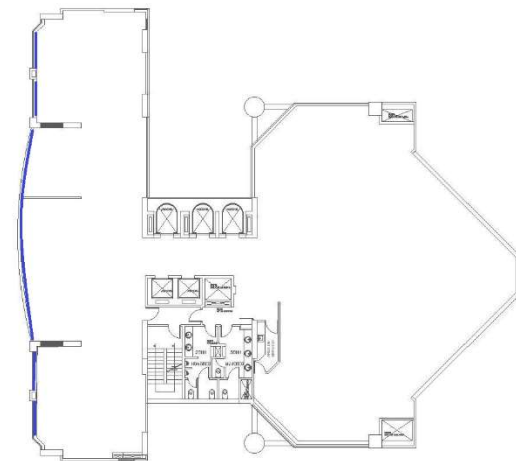
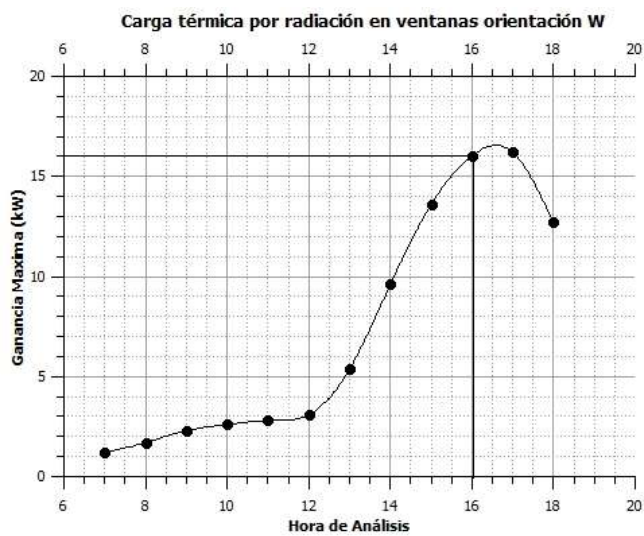
Grafica 4. 7 Carga térmica por radiación en ventanas orientación SE



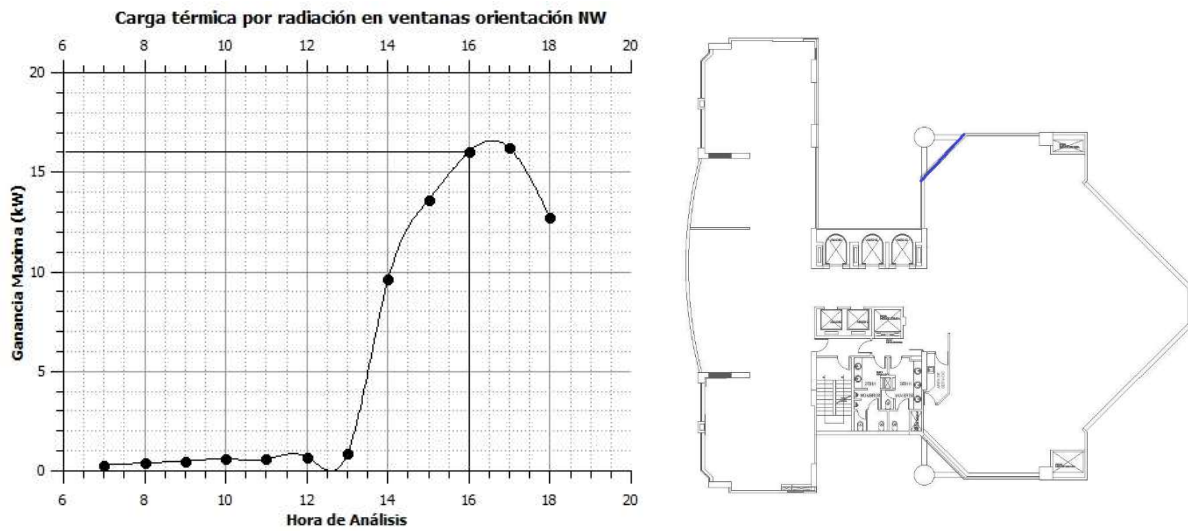
Grafica 4. 8 Carga térmica por radiación en ventanas orientación S



Grafica 4. 9 Carga térmica por radiación en ventanas orientación SW

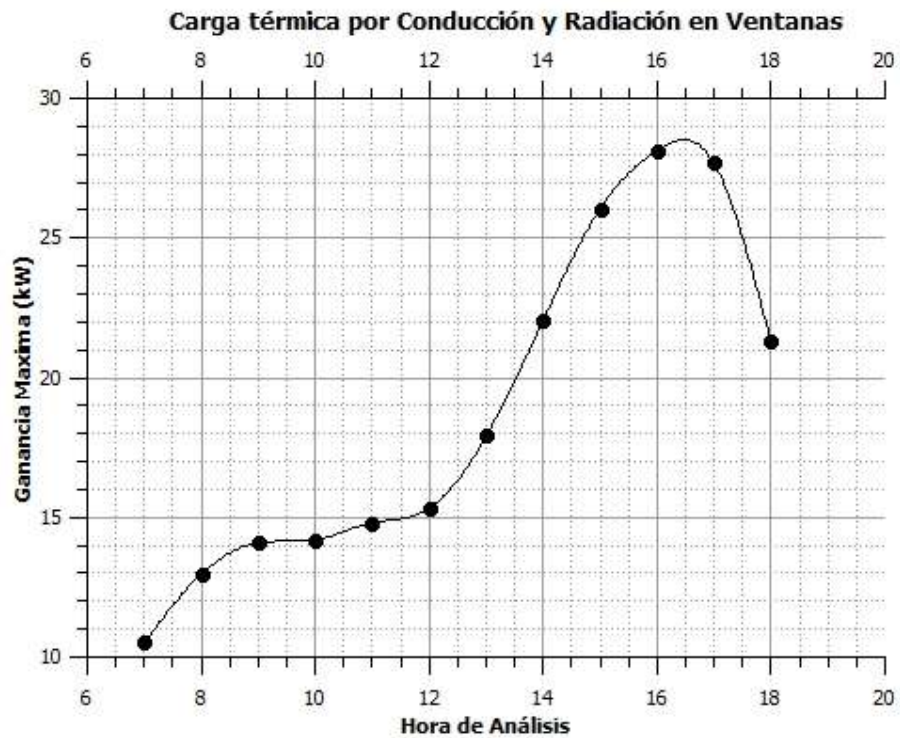


Grafica 4. 10 Carga térmica por radiación en ventanas orientación W



Gráfica 4. 11 Carga térmica por radiación en ventanas orientación NW

A continuación, en la gráfica 4.12 se presenta la carga acumulada por conducción y radiación a la cual está expuesto el piso 15 del edificio Plaza 2000, los valores de carga térmica Total se observa en la tabla 4.15.



Gráfica 4. 12 Carga térmica por Conducción y Radiación en Ventanas

Tabla 4. 15. Carga térmica total conducción y radiación en el mes de septiembre para ventanas

Carga térmica total conducción y radiación en el mes de julio para ventanas												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Σ (kW)	10.53	12.99	14.09	14.20	14.81	15.32	17.94	22.06	26.06	28.14	27.68	21.32

4.4.5. Carga térmica por iluminación

En función de las ecuaciones descritas en el apartado 4.2, se procede a calcular la carga de enfriamiento debida a iluminación ecuación (42).

Ejemplo de cálculo para las 16 horas pm, en el mes de julio, se lo realiza determinando P valor referente a la potencia nominal de las iluminarias, este valor se toma acorde con las características operativas de cada lampara expuestas en la Tabla 4.6. En esta tabla también se destaca # que representa el número de iluminarias, para el análisis del factor F_U se expone el factor de uso que tiene cada una el cual se designa como 1, representando el 100% de ocupabilidad, F_S representa el factor para florecientes está determinado en el Anexo D.9 y se selecciona acorde con la potencia de la lampara, para el caso de estudio toma un valor de 1,3. Final mente CLF_{t1-h} representa el factor de carga de enfriamiento horario debido a iluminación y se extrae de Anexo D.8. Los valores de carga sensible de enfriamiento debido a iluminación se observan en la tabla 4.16, el valor de la carga sensible está en la gráfica 4.13

$$\dot{Q}_{St1-h} = P * \# * F_U * F_S * CLF_{t1-h}$$

F_S Anexo D. 9

$$CLF_{lucres} \text{ Anexo D. 17}$$

$$\dot{Q}_{St1-h} = 0,051 * 125 * 1 * 1,3 * 0,85 = 7,04 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{St1-h} = 0,052 * 28 * 1 * 1,3 * 0,85 = 1,60 \text{ kW}$$

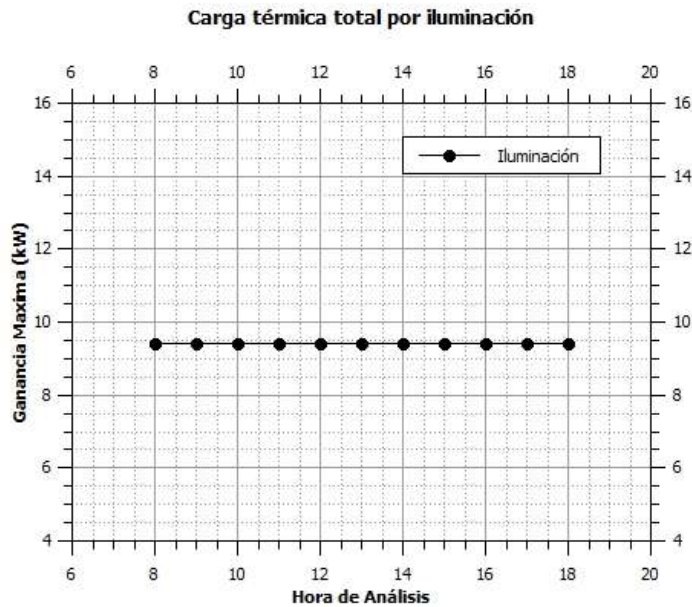
$$\dot{Q}_{St1-h} = 0,026 * 23 * 1 * 1,3 * 0,85 = 0,66 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{St1-h} = 0,024 * 3 * 1 * 1,3 * 0,85 = 0,08 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{St1-h} = 9,394 \text{ kW}$$

Tabla 4. 16. Carga sensible de enfriamiento debido a iluminación

Carga sensible de enfriamiento debido a iluminación												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Σ (kW)	9,394	9,394	9,394	9,394	9,394	9,394	9,394	9,394	9,394	9,394	9,394	9,394



Gráfica 4. 13 Carga sensible de enfriamiento debido a iluminación

4.4.6. Carga térmica por equipos y accesorios electrónicos

En función de las ecuaciones descritas en el apartado 4.2, se procede a calcular la carga de enfriamiento debida a equipos y accesorios electrónicos (43).

Ejemplo de cálculo para las 16 horas pm, en el mes de julio, como ya se ha mencionado en el apartado anterior las variables, $P * \# * F_U$, representan potencia de equipos, número de equipos y su factor de uso, así principalmente se destaca el uso de computadoras y equipos de oficina, cuya potencia se considera en 200 W, la cantidad se establece en 100 acorde con los puestos de trabajo, y el factor de uso es de 0,8 es decir el 80%, para el cálculo de CLF_{A-h} factor de carga de enfriamiento para equipos y accesorios eléctricos, se establece acorde con las horas de uso es decir 8 horas, y su valor se extrae del Anexo D.10. Los resultados de su cálculo se expresan en la tabla 4.17, la gráfica 4.14 permite observar una distribución de la ganancia de calor constante.

$$\dot{Q}_{SA-h} = P * \# * F_U * CLF_{A-h}$$

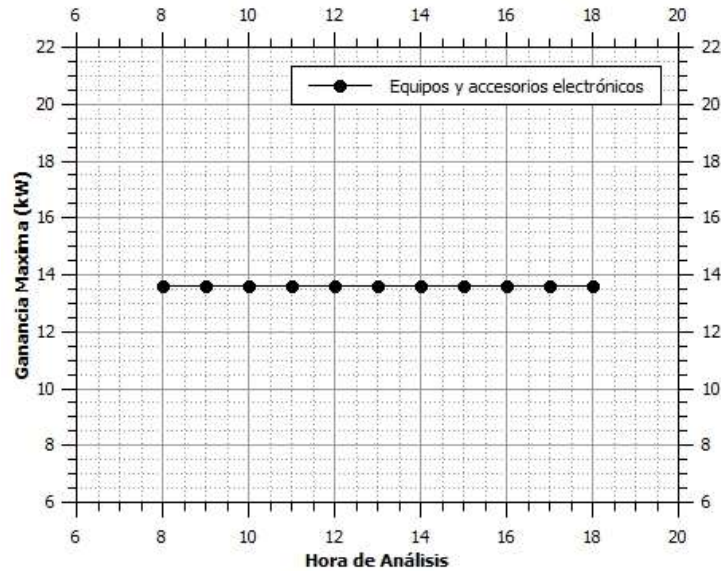
F_U Anexo D.9

$$\dot{Q}_{SA-h} = 0,2 * 100 * 0,8 * 0,85$$

$$\dot{Q}_{SA-h} = 13,6kW$$

Tabla 4. 17. Carga de calor debida a equipos y accesorios electrónicos

Carga de calor debida a equipos y accesorios electrónicos												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Σ (kW)	0	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6



Gráfica 4. 14 Carga de calor debida a equipos y accesorios electrónicos

4.4.7. Carga térmica debido a ocupantes

En función de las ecuaciones descritas en el apartado 4.2, se procede a calcular la carga de enfriamiento debida a ocupantes ecuaciones (44) y (45).

Ejemplo de cálculo para las 16 horas pm, en el mes de julio.

4.4.7.1. Calor sensible de enfriamiento debido a ocupantes

En el presente ejemplo se realiza el cálculo de la ganancia de calor sensible la cual está determinada por la ganancia de calor sensible por persona, este valor se extrae del Anexo B.2, # representa el número de personas que existe por planta en el caso del piso 15 del edificio Plaza 2000 corresponde a 120. Los valores de CLF_{p-h} que representa el factor de carga de enfriamiento horario debido a personas, deben ser extraídos del Anexo D.11. Los resultados de la carga sensible de enfriamiento debido a ocupantes se observan en la tabla 4.18.

$$\dot{Q}_{SP-h} = \dot{Q}_{SP} - \# \text{ personas} - CLF_{p-h}$$

$$\dot{Q}_{SP} = \text{carga sensible Anexo B.2}$$

$$CLF_{p-h} \text{ Anexo D.19}$$

$$\dot{Q}_{SP-h} = 250 * 120 * 0,82 * (1/3412,15)$$

$$\dot{Q}_{SP-h} = 7,209kW$$

Tabla 4. 18. Carga sensible de enfriamiento debido a personas

Carga sensible de enfriamiento debido a personas												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Σ (kW)	0	7,21	7,21	7,21	7,21	7,21	7,21	7,21	7,21	7,21	7,21	7,21

4.4.7.2. Carga latente de enfriamiento debida a ocupantes

Para el análisis de la ganancia de calor latente de enfriamiento, es necesario que se considere \dot{Q}_{LP-h} , los valores de calor sensible se extraen del Anexo B.2. El resultado de la carga sensible debido a personas se expone en la tabla 4.19.

$$\dot{Q}_{LP-h} = \dot{Q}_{LP} * \# \text{ personas}$$

Dónde:

$$\dot{Q}_{LP-h}: \text{carga latente de enfriamiento horaria debido a personas [kW]}$$

$$\dot{Q}_{LP}: \text{carga sensible de enfriamiento debido a personas [kW]}$$

Ejemplo de cálculo para las 16 horas pm, en el mes de julio.

$$\dot{Q}_{LP-h} = \dot{Q}_{LP} * \# \text{ personas}$$

$$\dot{Q}_{SP} = \text{carga latente Anexo B.2}$$

$$\dot{Q}_{LP-h} = 200 * 120 * (1/3412,15)$$

$$\dot{Q}_{LP-h} = 7,03kW$$

Tabla 4. 19. Carga latente debido a personas

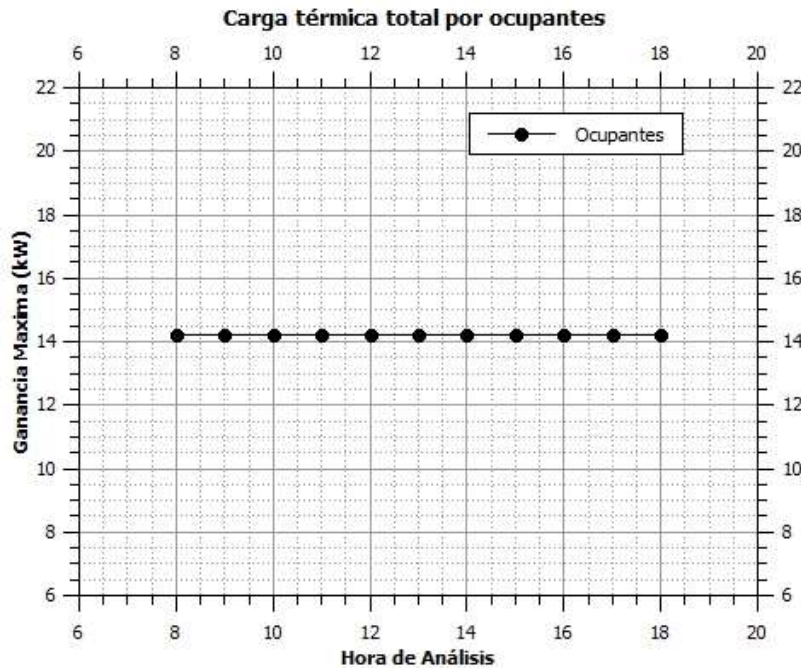
Carga latente debido a personas	
(kW)	7,034

A continuación, en la tabla 4.21 se presenta la carga total debida a ocupantes por calor sensible y latente en el edificio Plaza 200 piso 15. El resultado total de la carga debido a la

ganancia de calor por calor sensible y latente para personas se visualiza en la tabla 4.20, su grafica 4.15 refleja un perfil de ganancia de calor constante.

Tabla 4. 20. Carga térmica total debido a ocupantes por calor sensible y latente

Carga térmica total debido a ocupantes por calor sensible y latente												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Σ (kW)	0	14,42	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	14,42	14,24



Grafica 4. 15 Carga térmica total por ocupantes

4.4.8. Carga térmica por particiones internas, cielos rasos

En función de las ecuaciones descritas en el apartado 4.2, se procede a calcular la carga de térmica por particiones internas, cielos rasos ecuación (46). Resultado tabla 4.21.

Ejemplo de cálculo.

$$\dot{Q}_{SKTi} = A * U * \Delta T_d * (1/3412,15)$$

$$U = \text{Anexo B.7}$$

T_o = temperatura de diseño, este valor representa la temperatura más alta en grados Celsius que usted espera que el sistema maneje en verano. Así se podrá determinar la carga de refrigeración en el peor de los casos $28^\circ C$

$$T_i = 25^\circ C$$

$$\dot{Q}_{SKTi} = 2683,73 * 0,27 * (82,4 - 77) * (1/3412,15) = 1,147kW$$

$$\dot{Q}_{SKTi} = 465,65 * 0,33 * (82,4 - 77) * (1/3412,15) = 0,243kW$$

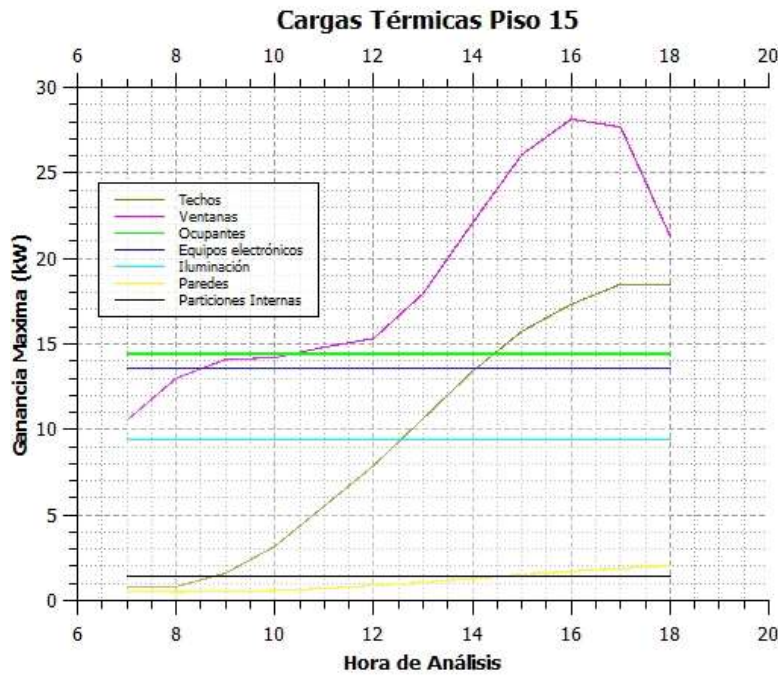
$$\dot{Q}_{SKTi} = 1,39kW$$

Tabla 4. 21. Carga térmica por particiones internas

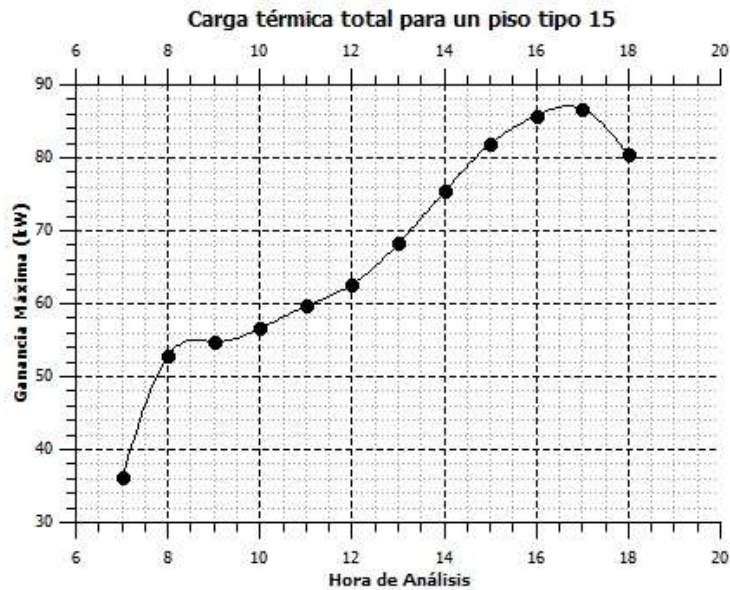
Carga térmica por particiones internas	
Techos (kW)	1,147kW
Paredes (kW)	0,243kW

4.4.9. Ganancia total de calor para el 15^{vo} piso

La carga de enfriamiento total se calcula sumando las cargas basadas en los valores parciales grafica 4.16 de cada ganancia térmica, para obtener la ganancia de calor total en la Grafica 4.17.



Gráfica 4. 16. Cargas térmicas presentes en el sistema



Gráfica 4. 17 Ganancia de calor total del sistema

El resultado de la ganancia de calor total del sistema para en la quinceava planta, posee el comportamiento del perfil de carga de un piso típico, como se expone en la figura 2.8, Así también, el efecto de la ganancia de calor produce el efecto dinámico típico explicado en el apartado 4.4.1.

Tabla 4. 22. Ganancia de calor total de piso 15

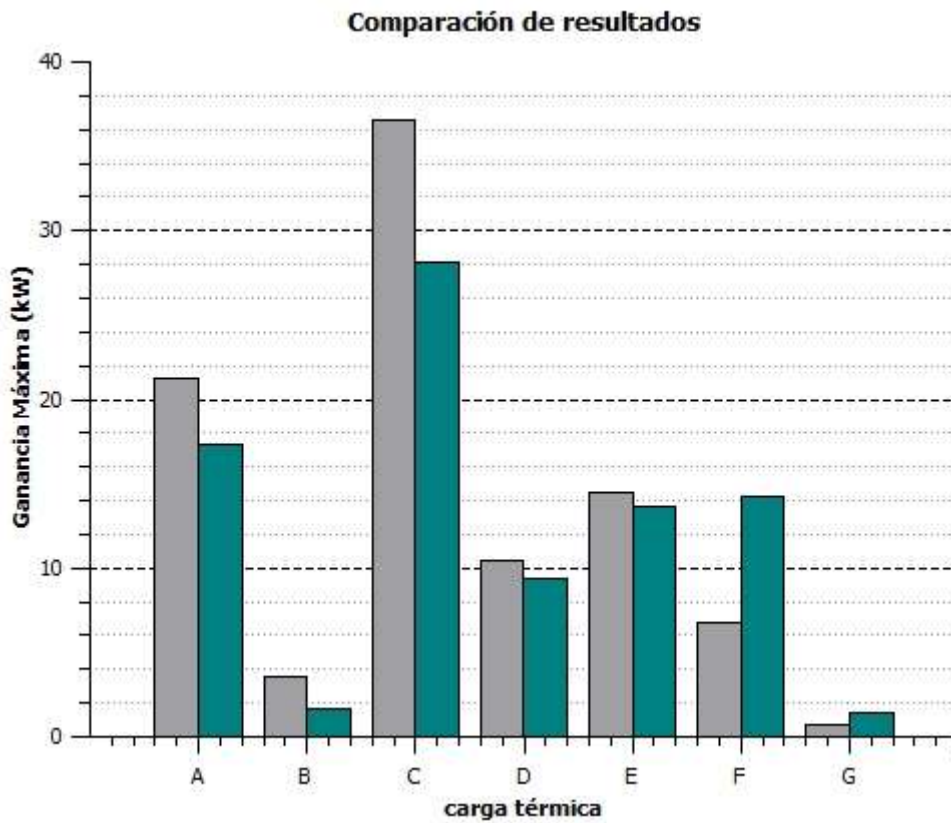
Carga térmica total												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Σ (kW)	36.2	52.9	54.8	56.6	59.7	62.7	68.3	75.4	81.9	85.8	86.7	80.5

4.4.10. Comparación de los resultados

La comparación de los resultados se realiza mediante el cálculo de la carga térmica aplicado al caso de estudio del Edificio Plaza mediante el uso del software Elite Chva 8.0, de donde se extraen los principales resultados de la ganancia de calor, el cálculo se realiza para los doce meses del año sin embargo el software selecciona el mes más caluroso siendo este, el mes de mayo a las cuatro pm, el procedimiento detallado sobre el manejo del programa aplicado al caso en estudio, mediante el método de CLTD, se detalla en el Anexo E.1. Los resultados de la comparación se observan en la tabla 4.23.

Tabla 4. 23. Comparación de resultados

Validación de los resultados obtenidos por la hoja de cálculo Excel mediante la aplicación del método CLTD			
Hoja de Cálculo Excel método-CLTD Mes de julio 4pm		Software Elite Chvac-8.0 método-CLTD Mes de Mayo 4pm	
Techos	17,31	A	21,26
Paredes	1,70	B	3,61
Ventanas	28,14	C	36,57
Iluminación	9,39	D	10,4
Equipos y accesorios electrónicos	13,6	E	14,5
Ocupantes	14,24	F	6,72
Particiones internas	1,4	G	0,75



Grafica 4. 18 Validación de resultados

4.4.11. Carga térmica total en el Edificio Plaza 2000

En el presente acápite se ha expuesto la memoria de cálculos para el análisis de la ganancia de calor a través de techos, paredes, ventanas, iluminación, equipos, accesorios eléctricos, ocupantes, particiones internas, y la carga por ventilación y aire acondicionado, factores esenciales a considerar en la climatización de un edificio. El caso de estudio se ha concentrado en el edificio Plaza 2000, y el resultado expuesto en el inciso 4.4. Memoria de cálculos, se ha realizado para la décimo quinta planta, puesto que la ganancia de calor en esta sección de la edificación se ve influenciada directamente por el calor transferido a través del techo.

Las plantas del primero al décimo cuarto piso, no están afectadas directamente por la ganancia de calor radiante que se origina a través del techo, por el contrario, el calor es transferido a través del techo por conducción entre las diferentes plantas de la edificación. Así también dado que no existen edificaciones aledañas que puedan proveer de sombra y puesto que, todas las plantas a excepción del entresuelo y la planta baja son construcciones tipo, la ganancia de calor en las diferentes plantas de la edificación, está expuesta a una carga térmica de similares magnitudes.

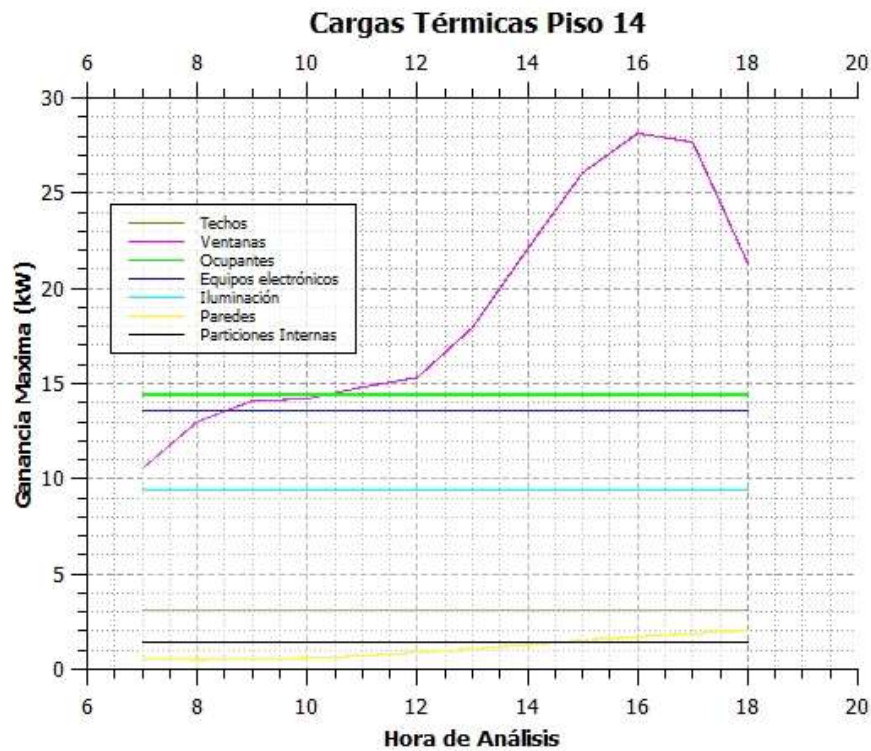
4.4.11.1. Carga térmica para un piso tipo del 1-14 en el edificio Plaza 2000

En la presente sección, se realiza el desarrollo de la ganancia de calor del piso 14 del edificio Plaza 2000. Los valores de la ganancia de calor para: paredes, ventanas, iluminación, equipos eléctricos, ocupantes, particiones internas cielo rasos, ventilación detallados en la tabla la tabla 4.24, estos valores son semejantes al cálculo para el piso 15, sin embargo, se tiene una variante en techos puesto que esta no se ve afectada por el calor de radiación, por el contrario, su efecto de ganancia de calor es debido a la conducción entre niveles.

Tabla 4. 24 Desarrollo de la carga térmica para un piso tipo 1-14 del edificio plaza 2000

CARGAS TÉRMICAS PARCIALES PARA UN PISO TIPO 1-14 DEL EDIFICIO PLAZA 2000												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
TECHOS												
Σ (kW)	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13	3.13
PAREDES												
Σ (kW)	0.51	0.49	0.50	0.58	0.70	0.88	1.06	1.29	1.51	1.70	1.88	2.04
VENTANAS												
Σ (kW)	10.53	12.99	14.09	14.20	14.81	15.32	17.94	22.06	26.06	28.14	27.68	21.32
ILUMINACIÓN												
Σ (kW)	0	9,39	9,39	9,39	9,39	9,39	9,39	9,39	9,39	9,39	9,39	9,39
EQUIPOS Y ACCESORIOS ELÉCTRICOS												
Σ (kW)	0	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
OCUPANTES												
Σ (kW)	0	14,42	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	14,24	14,42	14,24
PARTICIONES INTERNAS												
Σ (kW)	0	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39

En la gráfica 4.18 se detalla la descripción del perfil de cada una de las ganancias de calor para un piso tipo del 1-14 en el Edificio Plaza 2000.

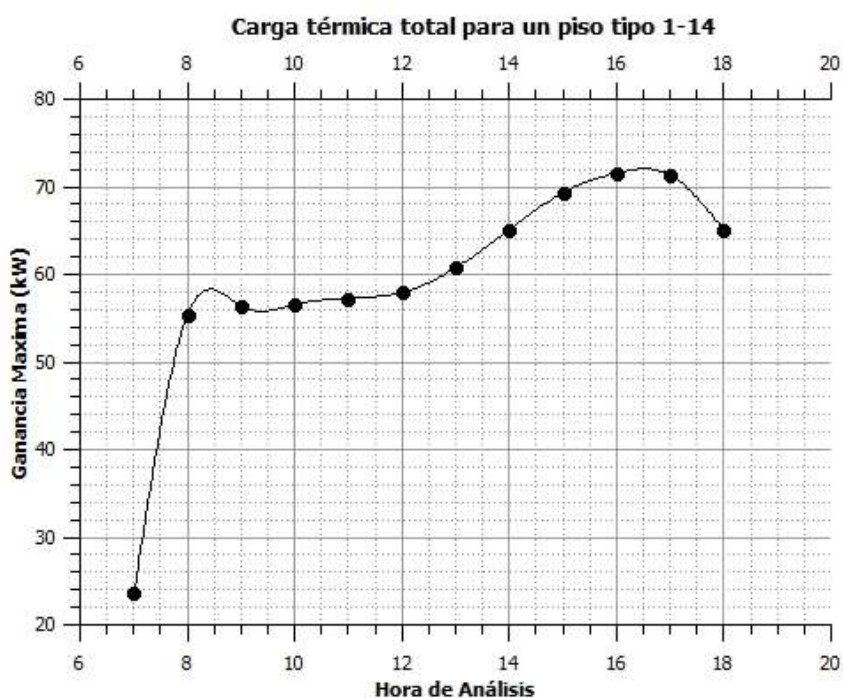


Gráfica 4. 19 Cargas térmicas Piso tipo 1-14

La carga Térmica total para un piso tipo del 1-14 posee la distribución de la Gráfica 4.20, sus valores se expresan en la tabla 4.25.

Tabla 4. 25 Carga térmica total para una planta del edificio Plaza 2000, pisos 1-14

Carga térmica total para un piso tipo 1-14												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Σ (kW)	23.57	55.41	56.36	56.55	57.27	57.97	60.77	65.11	69.34	71.60	71.32	65.12

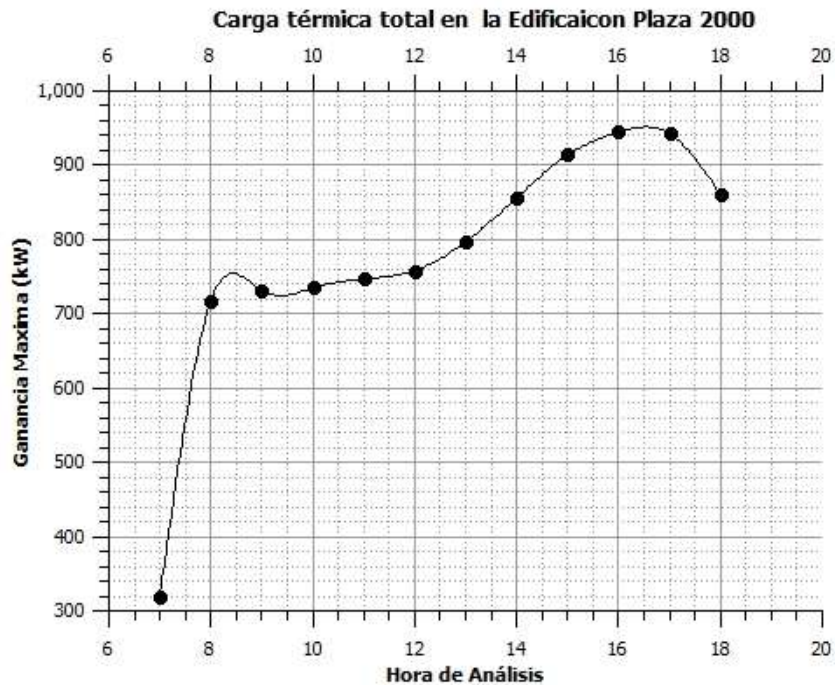


Gráfica 4. 20 Carga térmica total para un piso 1-14

La ganancia total de calor que permite dimensionar el sistema de climatización a seleccionar, está dada por la ganancia térmica total que posee el sistema en conjunto. Este resultado se expresa en la tabla 4.26, La grafica 4.21 permite evidenciar la ganancia total de calor para la Edificación “Plaza 2000”.

Tabla 4. 26. Carga térmica total para una planta del edificio Plaza 2000, pisos 1-15

Carga térmica total en la edificación												
Hora	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Σ (kW)	319.1	717.9	731.1	735.1	746.9	758.3	797.5	856.7	914.0	945.0	942.5	861.9



Gráfica 4. 21 Carga térmica total en la edificación

4.5. Análisis de datos obtenidos

La eficiencia de un sistema de climatización está determinada por el COP, que puede verse afectada por tres parámetros de diseño (Ashrae, 2000, p. 661).

- La eficiencia del motor del ventilador que oscila entre 25 y el 65%.
- El rendimiento del ciclo de refrigerante, se incrementa ampliando la superficie de transferencia de calor para minimizar la diferencia entre la temperatura de saturación del refrigerante y la temperatura del aire. Esto permite el uso de un compresor con un desplazamiento más pequeño y un motor de alta eficiencia.
- El tercer parámetro es la eficiencia del circuito de aire que se puede aumentar minimizando la caída de presión a través de la superficie de transferencia de calor, lo que reduce la carga en el motor del ventilador.

De esta manera, el COP está entre los rangos de 2,9 a 3.2 (kW de carga térmica/kW de carga eléctrica), para el caso en estudio se tiene los datos de la tabla 4.27 (Ashrae, 2000, p. 661).

Los cuales evidencian el tipo de tecnología eficiencia del COP y capacidad cfm que manejan sus equipos.

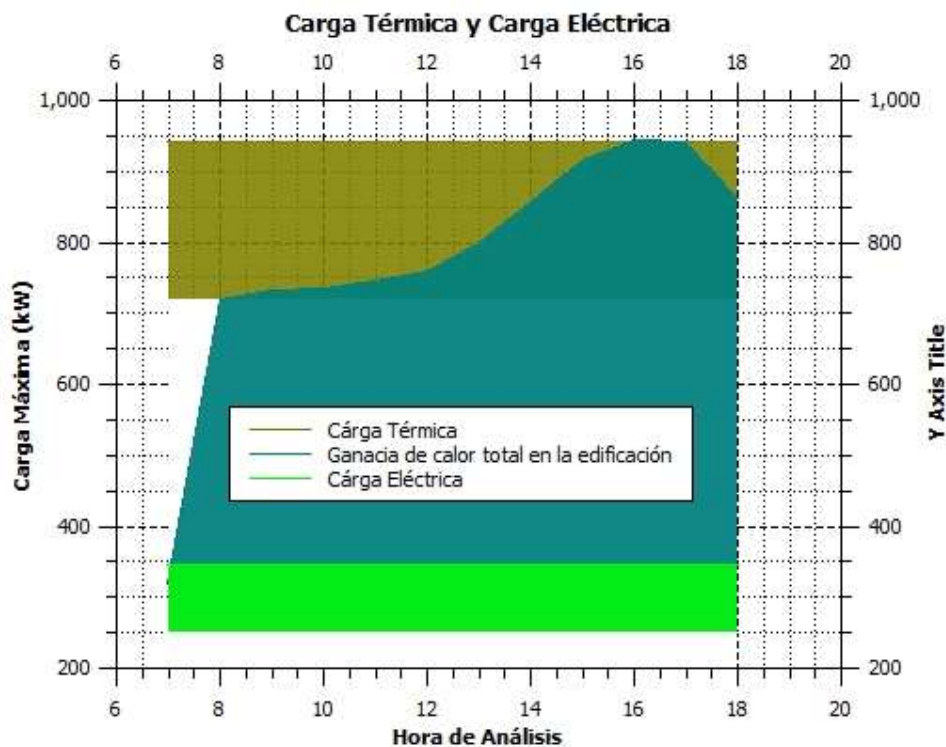
Tabla 4. 27. Características técnicas de los equipos Carrier

Características del Equipo		
Tecnología	Eficiencia	Capacidad
Compresores scroll con R410a Rango de funcionamiento de 10°C a48	3,07 a3,5 COP	400 a 8,500 cfm

(Fuente: Carrier, 2012, p. 28), (Carrier, 2010, p. 17).

El sistema requiere de 1.7 l/s por persona acorde con la ASHRAE, para un aire de clase tipo A, por lo cual la capacidad requerida es de 212,5 l/s, que son 450 cfm, que representa la carga que maneja cada planta, la total es de 6750cfm.

A continuación, se presenta la relación de la carga térmica y la carga eléctrica, en base a un COP de 3.



Grafica 4. 22 Relación entre la carga de bloque térmica y eléctrica

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.6. Conclusiones

- La presente guía brinda un amplio conocimiento sobre el método CLTD para el cálculo de las cargas térmicas en edificaciones, permitiendo evidenciar los diferentes parámetros que se deben tomar en consideración para el dimensionamiento eficiente de un sistema de climatización. En el caso de estudio, efectuado al edificio Plaza, se evidencia como, las cargas térmicas en paredes debidas a la envolvente de la edificación, así como, la transferencia de calor debida a la carga de enfriamiento por ventanas, abarcan los máximos valores en un sistema de climatización a ser extraídas. De esta forma, la carga de bloque debida a los diferentes parámetros que influyen en la climatización, posee el perfil general de una edificación orientada al este-oeste, donde los picos máximos de ganancia de calor en la mañana sitúan el valor en 758kW, y para la tarde en 945 kW.
- El formato guía que permite el cálculo de la ganancia de calor para una edificación de la sierra, está basado en la aplicación del método CLTD/CFL, ya que, en comparación con los otros métodos de cálculo expuestos por la ASHRAE, este método presenta mejor versatilidad para el cálculo de la carga térmica debido a que, el método permite la recurrencia de tablas con valores de ganancia acorde a las orientaciones y horas del día, lo que facilita el cálculo. Sin embargo, hay que considerar que, debido a las limitaciones propias del método este, trabaja con un margen de error propias del cálculo ya que a comparación con el método TFM, este resultado no suele ser tan preciso. De ahí que, algunos autores sugieren que en la aplicación del método CLTD/CFL, se trabaje con un factor de seguridad que esté entre el 10 al 15 % en aumento de la carga térmica.
- Los parámetros necesarios a considerar en el correcto direccionamiento de sistemas de climatización en edificaciones, están determinados por la ganancia de calor a través de paredes, techos, ventanas, iluminación, equipos, ocupantes, y aire de infiltración, otros parámetros como: ganancia a través del suelo, el plemun, particiones internas, pueden ser despreciados bajo determinadas circunstancias donde bajo el criterio de diseño, estas cargas representen una fracción mínima de ganancia de tal forma que puedan ser despreciadas.

4.7. Recomendaciones

- El método del CLTD/CFL, permite un cálculo aproximado para el análisis de las cargas térmicas en una edificación, de ahí que, es recomendable cuando se trabaje con este método, utilizar un factor de corrección que este entre el 10-15% de la carga base con la que se trabaja, para el caso de cada ganancia térmica dada en techos, paredes, ventanas, etc. Métodos como el TFM suelen ser más precisos, y son ampliamente utilizados y recomendados para auditorías energéticas, sin embargo, la dificultad de su implementación, así como, la carga computacional y de su programación suelen ser la principal limitante.
- Ya que la carga de bloque en el caso del estudio efectuado al edificio Plaza 2000, está determinada principalmente por la ganancia a través de techos, paredes y ventanas, y dado que, el COP de los principales fabricantes por estándares de fabricación, oscila en valores próximos. La respuesta de eficiencia energética buscando el COP más alto no resulta ser la respuesta completa a la reducción de los costos de energía. Por lo cual, es recomendable un uso más eficiente de la energía suministrada, logrando el correcto dimensionamiento apropiado al sistema, manteniendo la ganancia por infiltración al mínimo, aumentando aislamiento en el edificio en zonas que sean de alta repercusión, así como, reduciendo las cargas internas innecesarias.
- Para el caso de estudio del edificio Plaza 2000, la ganancia de calor por el techo, ubica un bloque considerable de carga de enfriamiento que deberá ser suministrada por el equipo de climatización, por lo cual, se recomienda el uso de aislamiento en el techo ya que la ganancia de calor que, aquí se tiene a través de los mecanismos de conducción y radiación repercuten de manera relevante. Un caso similar sucede para el acristalamiento, donde el uso de una película reflectante en los vidrales puede lograr que la carga de enfriamiento debida a ventanas baje en un 30%.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aire Acondicionado. (2016). Tu aire acondicionado, 1–6. Retrieved from <http://tuaireacondicionado.net/el-evaporador-tipos-y-caracteristicas/>
- Alvarez, A., & Cuenca, E. (2016). Dimensionamiento de ductos de ventilacion y calculo de cargas térmicas en edificaciones estandar mediante el desarrollo de un software, 1–126. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16534>
- American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2011). *2011 ASHRAE Handbook - HVAC Applications*.
- Articulos.com. (2016). Historia del aire acondicionado, 1–8. Retrieved from <http://www.elaireacondicionado.com/articulos/historia-del-aire-acondicionado>
- Ashrae. (1989). *1989 ASHRAE handbook: fundamentals*. Retrieved from https://books.google.com.ec/books/about/1989_ASHRAE_handbook.html?id=OAFFAQA-AIAAJ&redir_esc=y
- Ashrae. (2000). *ASHRAE HVAC Systems and Equipment*.
- ASHRAE. (2009). *2009 ashrae® handbook* (Vol. 30329).
- ASME-Varrasi John. (2016). The History of Air Conditioning, 2–4. Retrieved from <https://www.asme.org/engineering-topics/articles/technology-and-society/global-cooling-the-history-of-air-conditioning>
- Carrier. (2010). Product Data Features, 100. Retrieved from <http://chillerscarrier.com/assets/39s-3pd.pdf>
- Carrier. (2012). Sistemas de aire acondicionado, catálogo general, 0–113. Retrieved from <http://www.climamania.com/catalogo/Carrier-catalogo-general.pdf>
- Cengel, Y. a., & Boles, M. E. (2011). Termodinamica - Cengel 7th. *Termodinamica*, 1456.

Retrieved from <http://www.mediafire.com/download/7a3idxrs2gxjbpu/Termodinamica+-+Cengel+7th.pdf>

Eselfri. (2015). Frio Industrial en Tarragona -, 1–7. Retrieved from http://www.eselfri.com/noticias.php?id=eselfri_HistoriaClimatizacion_Carrier-Kelvin-Carnot_compresor-centrifugo

Fing-Edu. (2015). Tecnología y servicios industriales. Retrieved from <https://www.fing.edu.uy/iq/cursos/qica/repart/qica2/Condensadores.pdf>

Franco, J. (2008). Manual de refrigeración. <https://doi.org/9788429192117>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2015). Anuario Meteorológico Nro 52-2012. *Serviciometeorologico.Gob.Ec*, 134. Retrieved from http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am_2012.pdf

Jan, K., & Peter, C. (2010). *Heating and Cooling of Buildings*. (T. & F. Group, Ed.).

Kobank. (2014). Mediciones de seguridad en instalaciones de baja tensión, 1–82. Retrieved from [http://roble.pntic.mec.es/jcat0021/Archivos para descargar/MEDIDAS/Manual completo medida KOBAN.pdf](http://roble.pntic.mec.es/jcat0021/Archivos_para_descargar/MEDIDAS/Manual_completo_medida_KOBAN.pdf)

Kohn, K. (2017). Arquitectura moderna en ecuador, 1–7. Retrieved from <http://arquitecturaecuatoriana.blogspot.com/2015/02/edificio-plaza-2000.html>

Laboratorio PCE. (2016). La radiación infrarroja es una parte de la meteorológica, 2–4. Retrieved from <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-temperatura/funcionamiento-pirometros.htm>

Lovely mushroom. (2016). Cómo eliminar la humedad en casa, 3–5. Retrieved from <https://www.beqbe.com/como-eliminar-la-humedad-en-casa>

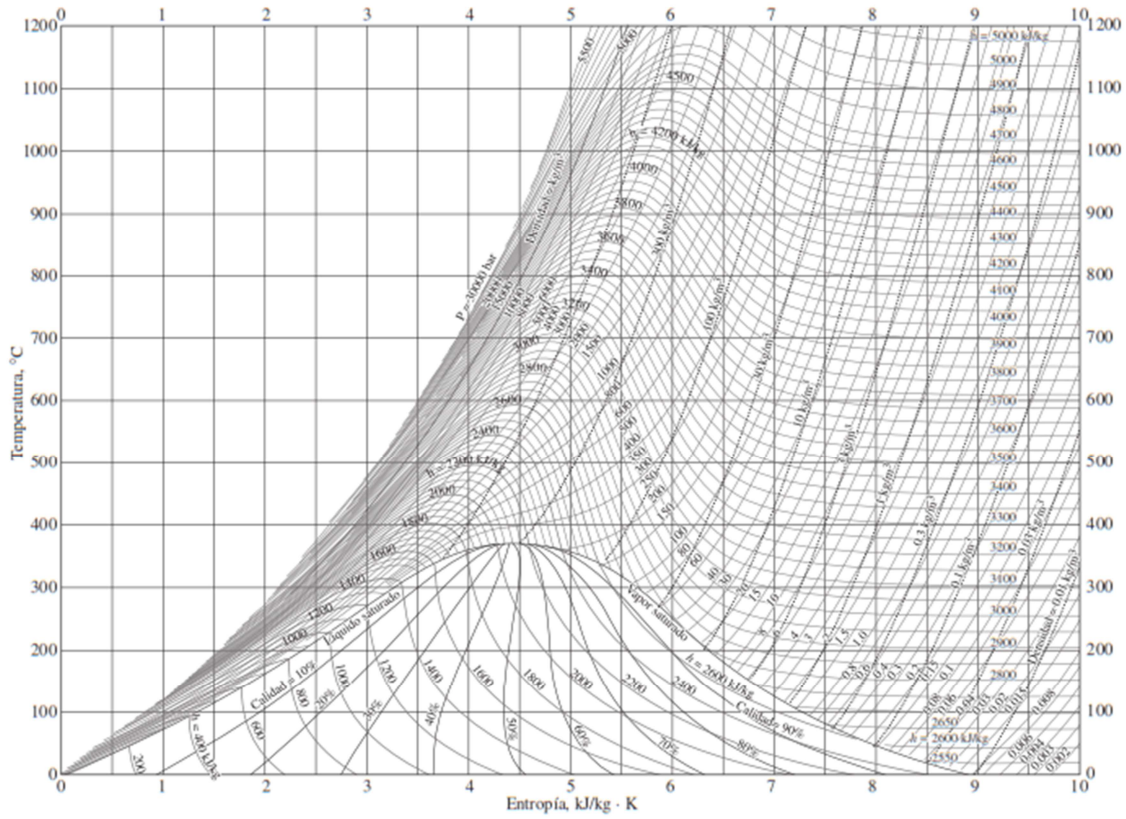
Manresa, R. V. (2014). Refrigerantes para aire acondicionado y refrigeración. Retrieved from <http://www.editorial-club-universitario.es/pdf/455.pdf>

- McQuiston, F. c., Parker, J. D., & Spitler, J. D. (2005). *Heating, Ventilating and Air Conditioning: Analysis and Design*.
- Melosh, H. J. (2013). The history of air. *Nature*, 424(July), 22-23--.
<https://doi.org/10.1038/424022a>
- Meruane, C., & Garreaud, R. (2010). Instrumentos Meteorológicos y Humedad Atmosférica. *Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento de Geofísica*, 19, 1–19. Retrieved from http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/meteo_mod1.pdf
- Ortega, M., & Peña, A. (1996). *Cartas Psicrométricas*.
- Polenin, M. (2012). Qué es una válvula de expansión en un aire acondicionado. Retrieved from http://www.ehowenespanol.com/valvula-expansion-aire-acondicionado-info_81094/
- Rapallini, A., & Yarke, E. (2015). La utilizad del Programa Meteonorm, 217(1405). Retrieved from <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/1999/1999-t011-a002.pdf>
- Shapiro, H. (2010). *Engineering Thermodynamics*. *Nature* (Vol. 181).
<https://doi.org/10.1038/1811028b0>
- Thermo Clima. (2016). Sistemas de Agua Helada, 2–3. Retrieved from <http://thermoclima.com/inicio/index.php/productos/aire-acondicionado/sistemas-de-agua-helada-marcas-carrier-york-mcquay-trane>
- Vega, L. (2015). El Compresor : Parte Fundamental en los Sistemas de Refrigeración ciclo frigorífico de compresión para producir frío, 1–5. Retrieved from <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2007/11/el-compresor-parte-fundamental-en-los-sistemas-de-refrigeracion/>
- Wang, S. K. (2010). *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=0tVSAAAAMAAJ&pgis=1>

7. ANEXOS

A. Diagramas

Anexo A. 1. Diagrama T-S para el Agua



(Fuente: Cengel & Boles, 2011)

Anexo B. 1. Criterios de renovaciones de aire

TABLA 6-4 Ratas mínimas de extracción

Categoría de ocupación	Rata de extracción, cfm/unidad	Rata de extracción, cfm/pie ²	Notas	Rata de extracción, L/s-unidad	Rata de extracción, L/s-m ²	Aire clase
Arenas	—	0.50	B	—	—	1
Salón de clase de arte	—	0.70		—	3.5	2
Salones de reparación de automóviles	—	1.50	A	—	7.5	2
Peluquerías, barberías	—	0.50		—	2.5	2
Salones de belleza y de corte de uñas	—	0.60		—	3.0	2
Celdas con sanitario	—	1.00		—	5.0	2
Cuartos de copiado e impresión	—	0.50		—	2.5	2
Cuartos de revelado	—	1.00		—	5.0	2
Laboratorios de ciencia para educación	—	1.00		—	5.0	2
Cuartos de aseo, basuras y reciclaje	—	1.00		—	5.0	3
Cocinetas	—	0.30		—	1.5	2
Cocinas comerciales	—	0.70		—	3.5	2
Cuartos de vestieres	—	0.25		—	1.25	2
Cuartos de armarios	—	0.50		—	2.5	2
Cabinas de pintura por atomización	—	—	F	—	—	4
Garajes de parqueo	—	0.75	C	—	3.7	2
Tienda de mascotas (area de animales)	—	0.90		—	4.5	2
Cuartos de maquinaria de refrigeración	—	—	F	—	—	3
Cocinas residenciales	50/100	—	G	25/50	—	2
Cuartos de almacenamiento de ropa	—	1.00	F	—	5.0	3
Cuartos de almacén de químicos	—	1.50	F	—	7.5	4
Baños—privados	25/50	—	E	12.5/25	—	2
Baños—públicos	50/70	—	D	25/35	—	2
Taller de carpintería / salón de clase	—	0.50		—	2.5	2

- A Espacios donde los motores operan deben tener sistemas de extracción conectados directamente al desfogue del motor y prevenir fugas de humos.
 B Cuando el equipo de combustión está previsto para ser usado en la superficie de trabajo, se debe proveer ventilación por dilución adicional y/o control en la fuente.
 C No se requiere extracción si dos o más paredes cuentan con un 50% de área abierta al exterior.
 D Rata por inodoro u orinal. Sumínistrese la rata mayor en períodos de alto uso donde se espere que ello ocurra. Por ejemplo, baños de teatros, colegios, áreas de deporte. De lo contrario se pueden mantener las ratas mínimas.
 E La rata es para un cuarto de baño ocupado por una persona a la vez. Para operación de sistemas continuos durante horas normales de uso, la rata más baja puede ser usada. De lo contrario se puede emplear la rata mayor.
 F Véanse otros estándares aplicables para ratas de extracción.
 G Para sistemas de operación continuos, la rata más baja puede ser usada. De lo contrario úzese la rata mayor.

Tomado del ASHRAE STANDARD 62.1-2004, Capítulo 6.

Anexo B. 2. Tasa de ganancia de calor para ocupantes

TABLE 6.1 Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Spaces*

Degree of activity	Typical application	Total heat of adults, male, Btu/h	Total heat adjusted, ¹ Btu/h	Sensible heat, Btu/h	Latent heat, Btu/h
Seated at theater	Theater—matinee	390	330	225	105
Seated at theater	Theater—evening	390	350	245	105
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200
Standing, light work; walking	Department store, retail store	550	450	250	200
Walking; standing	Drugstore, bank	550	500	250	250
Light bench work	Factory	800	750	275	475
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545
Walking 3 m/h; light machine work	Factory	1000	1000	375	625
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	1600	635	965
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090

Tomado del ASHRAE STANDARD 62.1-2004, Capítulo 6.

Anexo B. 3. Ganancia de calor típico de motores eléctricos

TABLE 6.3 Heat Gain from Typical Electric Motors

Motor nameplate or rated horsepower	Nominal rpm	Full-load motor efficiency, percent	Location of motor and driven equipment with respect to conditioned space or airstream		
			Motor in, driven equipment in, Btu/h	Motor out, driven equipment in, Btu/h	Motor in, driven equipment out, Btu/h
Motor type: shaded pole					
0.05	1,500	35	360	130	240
0.125	1,500	35	900	320	590
Motor type: split-phase					
0.25	1,750	54	1,180	640	540
0.33	1,750	56	1,500	840	660
0.50	1,750	60	2,120	1,270	850
Motor type: three-phase					
0.75	1,750	72	2,650	1,900	740
1	1,750	75	3,390	2,550	850
1	1,750	77	4,960	3,820	1,140
2	1,750	79	6,440	5,090	1,350
3	1,750	81	9,430	7,640	1,790
5	1,750	82	15,500	12,700	2,790
7.5	1,750	84	22,700	19,100	3,640
10	1,750	85	29,900	24,500	4,490
15	1,750	86	44,400	38,200	6,210
20	1,750	87	58,500	50,900	7,610
25	1,750	88	72,300	63,600	8,680
30	1,750	89	85,700	76,300	9,440
40	1,750	89	114,000	102,000	12,600
50	1,750	89	143,000	127,000	15,700
60	1,750	89	172,000	153,000	18,900
75	1,750	90	212,000	191,000	21,200
100	1,750	90	283,000	255,000	28,300
150	1,750	91	420,000	382,000	37,800
200	1,750	91	569,000	509,000	50,300
250	1,750	91	699,000	636,000	62,900

For motors operating more than 750 h/year, it is usually cost-effective to use a high-efficiency motor. Typical efficiency ratings are as follows: 5 hp, 89.5%; 10 hp, 91.0%; 50 hp, 94.1%; 100 hp, 95.1%; 200 hp, 96.2%.

Source: Abridged with permission from *ASHRAE Handbook 1989, Fundamentals*.

Tomado del ASHRAE STANDARD 62.1-2004, Capítulo 6.

Anexo B. 4. SCL y CLF para techos.

TABLE 6.5 Zone Types for Use with SCL and CLF Tables, Single-Story Building

No. walls	Zone parameters			Zone type			Error band	
	Floor covering	Partition type	Inside shade	Glass solar	People and equipment	Lights	Plus	Minus
1 or 2	Carpet	Gypsum	*	A	B	B	9	2
1 or 2	Carpet	Concrete block	*	B	C	C	9	0
1 or 2	Vinyl	Gypsum	Full	B	C	C	9	0
1 or 2	Vinyl	Gypsum	Half to none	C	C	C	16	0
1 or 2	Vinyl	Concrete block	Full	C	D	D	8	0
1 or 2	Vinyl	Concrete block	Half to none	D	D	D	10	6
3	Carpet	Gypsum	*	A	B	B	9	2
3	Carpet	Concrete block	Full	A	B	B	9	2
3	Carpet	Concrete block	Half to none	B	B	B	9	0
3	Vinyl	Gypsum	Full	B	C	C	9	0
3	Vinyl	Gypsum	Half to none	C	C	C	16	0
3	Vinyl	Concrete block	Full	B	C	C	9	0
3	Vinyl	Concrete block	Half to none	C	C	C	16	0
4	Carpet	Gypsum	*	A	B	B	6	3
4	Vinyl	Gypsum	Full	B	C	C	11	6
4	Vinyl	Gypsum	Half to none	C	C	C	19	-1

A total of 14 zone parameters are defined. Those not shown in this were selected to achieve the minimum error band shown in the right-hand column for solar cooling load.

*The effect of inside shade is negligible in this case.

Source: Adapted from *ASHRAE Handbook 1997, Fundamentals*. Reprinted with permission.

Tomado del ASHRAE STANDARD 62.1-2004, Capítulo 6.

Anexo B. 5. Número de techo de la ASHRAE

No.	Descripción	Peso kg/m ²	U - Factor	Hora max
1	Cubierta de metal, aislamiento a granel, paja	50	0,510	14,15
	Metal Deck, RFL, gypsum board	40	0,500	14,15
	Cubierta de metal, 25 mm insul, RFL, tabla de yeso	45	0,440	14,15
	Cubierta de metal, 75 mm insul, RFL, tabla de yeso	50	0,290	14,15
	Chapa de acero con aislamiento de 25 mm	34	1,209	14,15
	Hoja de acero con aislamiento de 50 mm	39	0,704	14,15
2	Madera de 25 mm, techo empotrado, tabla de yeso	55	1,500	16,18
	Madera de 25 mm con aislamiento de 25 mm	39	0,965	16,17
3	100 mm de hormigón, techo construido, tabla de yeso	93	1,700	16,17
	100 mm de hormigón ligero	88	1,209	16,17
4	25 mm heavy weight concrete	142	1,170	16,18
	Hormigón pesado de 50 mm	142	0,693	16,18
5	Azulejo de arcilla de 19 mm, tabla de yeso	45	1,300	16,18
	Azulejo de arcilla de 19 mm, tablero de yeso, fibra de vidrio	50	0,520	16,18
	Azulejo de arcilla de 19 mm, aire RFL, tabla de yeso	50	0,550	16,18
	Madera de 25 mm con aislamiento de 50 mm	44	0,619	16,18
6	Hormigón ligero de 150 mm	117	0,897	18,2
7	Madera de 63 mm con aislamiento de 25 mm	63	0,738	19,2
8	200 mm de hormigón ligero	151	0,715	20,2
9	100 mm hvy wt concreto, aislamiento de 25 mm	254	1,136	18,19
	100 mm hvy wt concreto, aislamiento de 50 mm	254	0,681	18,19
10	Madera de 63 mm con aislamiento de 50 mm	63	0,528	19,21
11	Sistema de azotea	366	0,602	20,21
12	150 mm hvy concreto, aislamiento de 25 mm	366	1,090	19,2
	150 mm hvy concreto, aislamiento de 50 mm	366	0,644	19,2
13	Madera de 100 mm con aislamiento de 25 mm	83	0,602	22,23
	Madera de 100 mm con aislamiento de 50 mm	88	0,443	22,23

La siguiente fuente puede ser extraída del libro Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010). O a su vez en la edición de (Ashrae, 1989)

Nota: Los valores se pueden verificar en las tablas de la ASHRAE de 1989.

Table 29 Cooling Load Temperature Differences (CLTD) for Calculating Cooling Load from Flat Roofs

Roof No	Description of Construction	U-value, $\frac{\text{Btu}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$	Weight, $\frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$	Solar Time																								Hour of Day			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
Without Suspended Ceiling																															
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	0.213 (0.124)	7 (8)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3	14	-5	79	84
2	1-in. wood with 1-in. insulation	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	16	-3	74	77	
3	4-in. lightweight concrete	0.213	18	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13	16	-3	73	76
4	2-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	0.206 (0.122)	29 (18)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17	16	-1	67	68
5	1-in. wood with 2-in. insulation	0.109	9	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7	16	-7	64	71
6	6-in. lightweight concrete	0.158	24	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28	18	1	64	63	
7	2.5-in. wood with 1-in. ins.	0.130	13	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34	19	6	56	50
8	8-in. lightweight concrete	0.126	31	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40	20	7	54	47
9	4-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	0.200 (0.120)	52 (52)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	52	48	43	38	34	30	18	8	53	45	
10	2.5-in. wood with 2-in. ins.	0.093	13	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35	19	8	51	43
11	Roof terrace system	0.106	75	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37	20	13	46	33
12	6-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	0.192 (0.117)	75 (75)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34	19	14	45	31
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	0.106 (0.078)	17 (18)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40	22	16	43	27

Tabla AHSRAE de 1989.

With Suspended Ceiling																																
1	Steel Sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	9	0.134	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5	15	-4	78	82	
2	1-in. wood with 1-in. ins.	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61	58	51	44	37	30	25	17	2	62	60	
3	4-in. lightweight concrete	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24	17	0	65	65		
4	2-in. heavyweight concrete with 1-in. insulation	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	18	13	47	34	
5	1-in. wood with 2-in. ins.	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	18	5	57	52	
6	6-in. lightweight concrete	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	20	7	54	47	
7	2.5-in. wood with 1-in. insulation	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37	21	15	44	29	
8	8-in. lightweight concrete	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42	21	14	46	32		
9	4-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) ins.	53	0.128	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	38	37	36	34	33	19	20	38	18
10	2.5-in. wood with 2-in. ins.	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37	21	18	41	23		
11	Roof terrace system	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	33	32	22	33	11		
12	6-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	77	0.125	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	34	33	32	31	20	21	34	13
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	19	0.082	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36	23	21	37	16	

(1) *Direct Application of Table Without Adjustments:*

Values were calculated using the following conditions:

- Dark flat surface roof ("dark" for solar radiation absorption)
- Indoor temperature of 78°F
- Outdoor maximum temperature of 95°F with outdoor mean temperature of 85°F and an outdoor daily range of 21°F
- Solar radiation typical of 40 deg North latitude on July 21
- Outside surface resistance, $R_o = 0.333 \text{ ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{h}/\text{Btu}$
- Without and with suspended ceiling, but no attic fans or return air ducts in suspended ceiling space
 - Inside surface resistance, $R_i = 0.685 \text{ ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{h}/\text{Btu}$

(2) *Adjustments to Table Values:*

The following equation makes adjustments for deviations of design and solar conditions from those listed in (1) above.

$$\text{CLTD}_{\text{corr}} = [(\text{CLTD} + \text{LM}) K + (78 - t_R) + (t_o - 85)] f$$

where CLTD is from this table

- (a) LM is latitude-month correction from Table 32 for a horizontal surface,
- (b) K is a color adjustment factor applied after first making month-latitude adjustments. Credit should not be taken for a light-colored roof except where permanence of light color is established by experience, as in rural areas or where there is little smoke.
 - $K = 1.0$ if dark colored or light in an industrial area
 - $K = 0.5$ if permanently light-colored (rural area)
- (c) $(78 - t_R)$ is indoor design temperature correction
- (d) $(t_o - 85)$ is outdoor design temperature correction, where t_o is the average outside temperature on design day

- (e) f is a factor for attic fan and or ducts above ceiling applied after all other adjustments have been made

$f = 1.0$ no attic or ducts

$f = 0.75$ positive ventilation

Values in Table 29 were calculated without and with suspended ceiling, but make no allowances for positive ventilation or return ducts through the space. If ceiling is insulated and fan is used between ceiling and roof, CLTD may be reduced 25% ($f = 0.75$). Analyze use of the suspended ceiling space for a return air plenum or with return air ducts separately.

(3) *Roof Constructions Not Listed in Table:*

The U-Values listed are only guides. The actual value of U as obtained from tables such as Table 4, Chapter 22 or as calculated for the actual roof construction should be used.

An actual roof construction not in this table would be thermally similar to a roof in the table, if it has similar mass, lb/ft^2 , and similar heat capacity, $\text{Btu}/\text{ft}^2 \cdot \text{F}$. In this case, use the CLTD from this table as corrected by Note (2) above.

Example: A flat roof without suspended ceiling has mass = $18.0 \text{ lb}/\text{ft}^2$, $U = 0.20 \text{ Btu}/\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{F}$, and heat capacity = $9.5 \text{ Btu}/\text{ft}^2 \cdot \text{F}$.

Use $\text{CLTD}_{\text{uncorr}}$ from Roof No. 13, to obtain $\text{CLTD}_{\text{corr}}$ and use the actual U value to calculate $q/A = U (\text{CLTD}_{\text{corr}}) = 0.20 (\text{CLTD}_{\text{corr}})$.

(4) *Additional Insulation:*

For each R-7 increase in R-value from insulation added to the roof structure, use a CLTD for a roof whose weight and heat capacity are approximately the same, but whose CLTD has a maximum value 2 h later. If this is not possible, because a roof with longest time lag has already been selected, use an effective CLTD in cooling load calculation equal to 29°F.

Anexo B. 6. Factor U para techos ASHRAE

MATERIALES TECHO	<i>U</i>	<i>Cp</i>	<i>Peso</i>
	[Btu/h * fr ² *°F]	[Btu/fr ² *°F]	[lb/fr ²]
Acero, aislante 2,5 (cm)	0,213	7	2,13
Acero, aislante 5 (cm)	0,124	8	2,13
Madera 2,5 (cm), aislante 2,5 (cm)	0,17	8	3,73
Techo con viga estructural	0,225	23,51	3,39
Concreto 5 (cm), aislante 2,5 (cm)	0,122	29	6,57
Madera 2,5 (cm), aislante 5 (cm)	0,109	19	3,83
Concreto 15 (cm)	0,158	24	5,79
Madera 6,4 (cm), aislante 2,5 (cm)	0,13	13	6,51
Concreto 20 (cm)	0,126	31	7,13
Concreto 10 (cm), aislante 2,5 (cm)	0,2	52	11,21
Madera 6,4 (cm), aislante 5 (cm)	0,093	13	6,61
Sistema de terraza	0,106	75	15,98
Concreto 15 (cm), aislante 2,5 (cm)	0,192	75	15,89
Madera 10 (cm), aislante 2,5 (cm)	0,106	17	9,27
Madera 10 (cm), aislante 5 (cm)	0,078	18	9,27
Concreto 30 (cm) baja densidad	0,474	42,19	8,73
Techo Interno con baldosa	6,57	0,206	29
Techo Interno con alfombra	5,79	0,158	24
Techo Interno con parquet	6,57	0,206	29

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

Anexo B. 7. Factor U para paredes internas y externas

MATERIALES DIVISIONES INTERNAS	U
	[Btu/h * ft ² *°F]
Pared común	0,308
Paneles de Gypsum	0,27
Vidrio	1,04
Madera (puertas)	0,529

La siguiente fuente puede ser extraída de software HCB Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

MATERIALES PARED EXTERNA	Tipo	U	Cp	Peso
		[Btu/h * ft ² *°F]	[Btu/ft ² *°F]	[lb/ft ²]
Concreto de 10 (cm)	E	0,585	12,5	63
Concreto de 10 (cm) + Aislante de 2,5 (cm)	D	0,2	12,5	63
Concreto de 10 (cm) + Aislante de 5 (cm)	D	0,119	12,5	63
Concreto de 20 (cm)	C	0,49	12,7	109
Concreto de 20 (cm) + Aislante de 2,5 (cm)	B	0,187	22	110
Concreto de 20 (cm) + Aislante de 5 (cm)	B	0,115	22	110
Bloque de 10 (cm) + Espacio de Aire	F	0,263	7,2	36
Bloque de 10 (cm) + Aislante de 2,5 (cm)	F	0,161	7,2	36
Aislante de 5 (cm) + Bloque de 10 (cm)	E	0,11	7,3	37
Bloque de 20 (cm)	E	0,348	11,3	57
Bloque de 20 (cm) + Espacio de Aire	D	0,173	11,3	57
Bloque de 20 (cm) + Aislante de 2,5 (cm)	D	0,149	11,3	57

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

Anexo B. 8. Código de grupo de pared ASHRAE

Grupo	Descripciones típicas de cada tipo de pared	Peso kg / m ²	U - Factor
A	100 mm ladrillo cara, aislamiento + 200 mm hormigón, ladrillo	635	0,874
	100 mm ladrillo cara, aislamiento + 200 mm hormigón	698	0,625
	100 mm ladrillo cara, aislamiento 50 mm aislamiento 200 mm	474	0,551
B	Bloque de Adobe 300 mm Adobe, Película de aire para interiores y exteriores	762	2,5
	100 mm de ladrillo + 200 mm de ladrillo común	635	1,714
	100 mm de ladrillo cara, 50 mm de aislamiento, 100 mm de hormigón	474	0,658
	Ladrillo cara de 100 mm, aislamiento de 50 mm, bloque de 200 mm	434	0,545
	200 mm de hormigón + 25 a 50 mm de aislamiento	537	0,653
	Hormigón de 300 mm	762	2,39
	Baldosa de barro, aislamiento de 50 mm + baldosa de 200 mm	308	0,562
C	Bloque de hormigón, hormigón de 200 mm, con yeso	537	2,6
	Bloque de hormigón, hormigón de 200 mm, sin yeso	532	2,9
	100 mm ladrillo cara, espacio de aire + 100 mm ladrillo cara	405	2,033
	100 mm ladrillo cara, espacio de aire + 50 mm de hormigón	459	1,987
	Ladrillo cara 100 mm, aislamiento 25 mm, bloque 150 - 200 mm	434	1,255
	Ladrillo de cara de 100 mm + azulejo de 200 mm	469	1,561
	Baldosa de 200 mm + espacio de aire o aislamiento de 25 mm	308	0,857
D	Bloque de cavidad, hormigón de 100 mm, con yeso	308	1,6
	Bloque de cavidad, hormigón de 100 mm, sin yeso	308	1,7
	Hormigón con azulejos, hormigón de 100 mm, cerámica de 12,5 mm	180	3,1
	90 mm Ladrillo de chapa, 10 mm de yeso, 100 mm fuera de RFL	190	0,66
	90 mm Ladrillo de revestimiento, yeso de 10 mm, 150 mm fuera de RFL	190	1,1
	Ladrillo de 100 mm + bloque de 200 mm	342	1,555
	100 mm ladrillo + ladrillo 100 mm	347	2,163
	Bloque de 200 mm + espacio de aire o aislamiento	200	0,846
E	Azulejo de arcilla, aislamiento de 50 mm + azulejo de 100 mm	195	0,625
	Ladrillo de la cavidad, ladrillo de 180 milímetros, espacio aéreo, con el yeso	249	1,9
	Ladrillo de la cavidad, ladrillo de 180 milímetros, espacio aéreo, sin el yeso	229	2,1
	Ladrillo de la cavidad, ladrillo de 180 milímetros, urea, con el yeso	278	0,574
	90 mm Venner Brick, 10 mm gypsum, 150 mm airspace	185	2,2
	100 mm de hormigón	308	3,321
F	Bloque de 200 mm	229	1,669
	Hormigón denso, hormigón de 100 mm, con aire, yeso	145	3,8
	Hormigón denso, hormigón 100 mm, con aire, sin yeso	142	1,741

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

ASHRAE Wall Group Code

In accordance with ASHRAE procedures you must select an ASHRAE wall group code (A-G) that is most like the actual exterior wall or non-glass door being defined. Your selection should be based mostly on the similarities of the ASHRAE wall construction and mass description with your wall. Do not worry about closely matching U-factors. Note that the walls become less massive with each increment in wall type.

Group	Typical Descriptions of Each Wall Type	Weight lb/ft ²	U-Factor
C	4-in, face brick, air space + 4-in, face brick	83,0	0,358
	4-in, face brick, 1-in, insul., 4-in, com, brick	90,0	0,174
	4-in, face brick, air space + 2-in, concrete	94,0	0,350
	4-in, face brick, 1-in, insul., 6-8 inch block	89,0	0,221
	4-in, face brick, insulation + 4-in, tile	71,0	0,169
	4-in, face brick + 8-in, tile	96,0	0,275
	4-in, concrete + 2-in, insulation	63,0	0,119
	8-in, concrete	109,0	0,490
	8-in, tile + air space or 1-in, insulation	63,0	0,099
D	4-in, face brick + 4-in, common brick	90,0	0,415
	4-in, face brick, air space/insul, + 4-in, block	62,0	0,153
	4-in, face brick + 8-in, block	70,0	0,274
	4-in, face brick + 4-in, tile	71,0	0,381
	4-in, face brick + air space + 4-in, tile	71,0	0,281
	4-in, concrete + 1 to 2-in, insulation	63,0	0,119
	8-in, block + air space or insulation	41,0	0,149
	Clay tile, 2-in, insulation + 4-in, til	40,0	0,110
	8-in, clay tile	63,0	0,296
E	4-in, face brick + 4-in, block	62,0	0,319
	4-in, concrete	63,0	0,585
	4-in, block + 2-in, insulation	29,0	0,105
	8-in, block	47,0	0,294
	4-in, tile + 1-in, insulation	39,0	0,175
F	4-in, block + air space or insulation	29,0	0,161
	4-in, tile	39,0	0,419
	4-in, tile + air space	39,0	0,303
G	Metal curtain wall + 1 to 3-in, insulation	5,0	0,091
	Frame wall + 1 to 3-in, insulation	16,0	0,081

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

ASHRAE Wall Group Code

In accordance with ASHRAE procedures you must select an ASHRAE wall group code (A-G) that is most like the actual exterior wall or non-glass door being defined. Your selection should be based mostly on the similarities of the ASHRAE wall construction and mass description with your wall. Do not worry about closely matching U-factors. Note that the walls become less massive with each increment in wall type.

Group	Typical Descriptions of Each Wall Type	Weight lb/ft ²	U-Factor
C	4-in, face brick, air space + 4-in, face brick	83,0	0,358
	4-in, face brick, 1-in, insul., 4-in, com, brick	90,0	0,174
	4-in, face brick, air space + 2-in, concrete	94,0	0,350
	4-in, face brick, 1-in, insul., 6-8 inch block	89,0	0,221
	4-in, face brick, insulation + 4-in, tile	71,0	0,169
	4-in, face brick + 8-in, tile	96,0	0,275
	4-in, concrete + 2-in, insulation	63,0	0,119
	8-in, concrete	109,0	0,490
	8-in, tile + air space or 1-in, insulation	63,0	0,099
D	4-in, face brick + 4-in, common brick	90,0	0,415
	4-in, face brick, air space/insul., + 4-in, block	62,0	0,153
	4-in, face brick + 8-in, block	70,0	0,274
	4-in, face brick + 4-in, tile	71,0	0,381
	4-in, face brick + air space + 4-in, tile	71,0	0,281
	4-in, concrete + 1 to 2-in, insulation	63,0	0,119
	8-in, block + air space or insulation	41,0	0,149
	Clay tile, 2-in, insulation + 4-in, til	40,0	0,110
	8-in, clay tile	63,0	0,296
E	4-in, face brick + 4-in, block	62,0	0,319
	4-in, concrete	63,0	0,585
	4-in, block + 2-in, insulation	29,0	0,105
	8-in, block	47,0	0,294
	4-in, tile + 1-in, insulation	39,0	0,175
F	4-in, block + air space or insulation	29,0	0,161
	4-in, tile	39,0	0,419
	4-in, tile + air space	39,0	0,303
G	Metal curtain wall + 1 to 3-in, insulation	5,0	0,091
	Frame wall + 1 to 3-in, insulation	16,0	0,081

Anexo B. 9. Factor U para ventanas

MATERIALES VENTANAS	U [Btu/h * ft ² *°F]	
	Sombra	Sin Sombra
Acrílico de 3 (mm) de espesor	-	0,98
Acrílico de 6 (mm) de espesor	-	0,89
Vidrio simple de hasta 6 (mm) de espesor	0,81	1,04
Vidrio doble de 3 (mm) de espesor, separados 6 (mm)	0,55	0,61
Vidrio doble de 6 (mm) de espesor, separados 12 (mm)	0,52	0,56

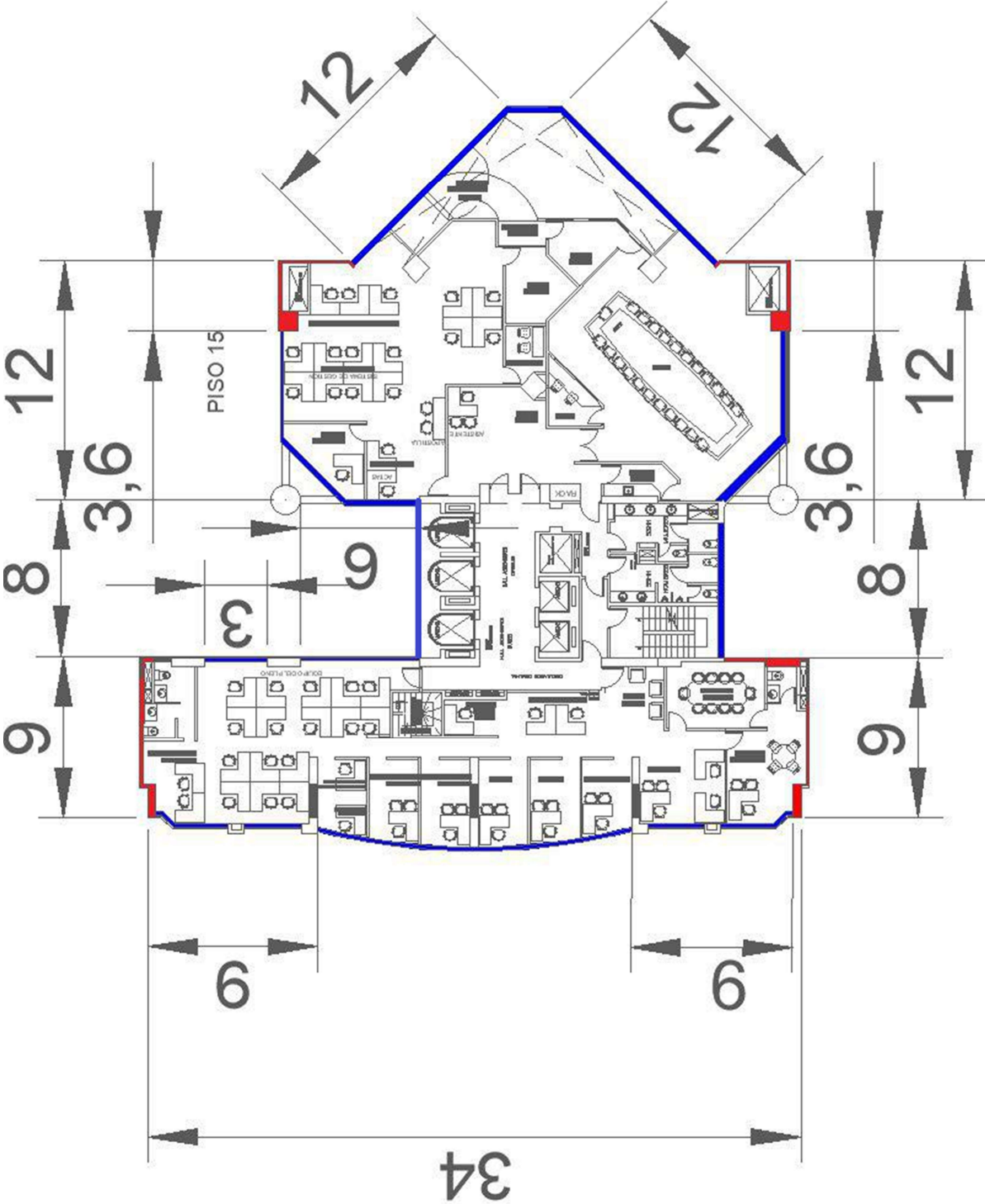
La siguiente fuente puede ser extraída de software HCB Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

Anexo B. 10. Clasificación para el tipo de vidrio ASHRAE


Descripción	Paneles numéricos	Sombra de interior	Factor U del verano	Factor de invierno U
Claro	1	No	6	6,4
Claro	1	Sí	4,6	4,7
Baja e (e = 0,6)	1	No	5,7	5,8
Baja e (e = 0,6)	1	Sí	4,5	4,3
Baja e (e = 0,4)	1	No	5,1	5,2
Baja e (e = 0,4)	1	Sí	4	3,9
Baja e (e = 0,2)	1	No	4,3	4,5
Baja e (e = 0,2)	1	Sí	3,1	3,2
Espacio de aire de 5 mm	2	No	3,7	3,5
Espacio de aire de 5 mm	2	Sí	3,3	3
Espacio de aire de 6 mm	2	No	3,5	3,3
Espacio de aire de 6 mm	2	Sí	3,1	2,7
Espacio de aire de 12 mm	2	No	3,3	3,2
Espacio de aire de 12 mm	2	Sí	3	2,4
Espacio de aire de 13 mm, e = 0,6	2	No	3	2,4
Espacio de aire de 13 mm, e = 0,6	2	Sí	2,8	2,2
Espacio de aire de 13 mm, e = 0,4	2	No	2,7	2,2
Espacio de aire de 13 mm, e = 0,4	2	Sí	2,4	2
Espacio de aire de 13 mm, e = 0,2	2	No	2,2	1,8
Espacio de aire de 13 mm, e = 0,2	2	Sí	2	1,7
Espacio de aire de 6 mm	3	No	2,5	2,2
Espacio de aire de 6 mm	3	Sí	2,3	1,8
Espacio de aire de 13 mm	3	No	2,2	1,8
Espacio de aire de 13 mm	3	Sí	2	1,5
Claraboya, claro	1	n/a	4,7	7
Claraboya, espacio de aire de 5 mm	2	n/a	3,2	4
Claraboya, espacio de 6 mm	2	n/a	3,1	3,7
Claraboya, espacio de aire de 13 mm	2	n/a	2,8	3,4
Claraboya, e = 0,6, espacio de 13 mm de aire	2	n/a	2,6	3,2

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

Anexo C. 1. Plano del piso 15 del edificio Plaza 2000, con las dimensiones generales.



SIMBOLOGÍA

ITEM	SÍMBOLO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1		125	Luminaria fluorescente 3x17W , T8
2		028	Luminaria ojo de buey, difusor de vidrio, 2x 26W- fc
3		023	Luminaria ojo de buey con foco ahorrador 1 x 26W
4		003	Dicróicos, 24 W
5		008	Aviso luminoso de salida
6		012	Luminaria de emergencia
7	S3a	002	Conmutador Simple
8	Sa	030	Interruptor Simple
9	Sab	012	Interruptor Doble
10	Sabc	000	Interruptor Triple

Anexo D. 1. Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para techos planos $CLTD_{techos}$

Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para raíces planas													
Tipo de techo	Techo suspendido	Hora del día											
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	No	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45
2		-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62
3		-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66
4		-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62
5		-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57
6		1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64
7		7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55
8		11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50
9		8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53
10		10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49
11		16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44
12		15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45
13		22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36
1	Yes	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56
2		2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61
3		0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64
4		13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47
5		5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57
6		10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52
7		18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41
8		20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38
9		21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38
10		22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38
11		24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31
12		23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33
13		27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

Table 29 Cooling Load Temperature Differences (CLTD) for Calculating Cooling Load from Flat Roofs

Roof No	Description of Construction	Weight, lb/ft ²	U-value, Btu/h·ft ² ·°F	Solar Time												Hour of															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Maxi-CLTD	Mini-mum	Maxi-CLTD	Differ-mum CLTD
Without Suspended Ceiling																															
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	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	14	-5	79	84
2	1-in. wood with 1-in. insulation	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	16	-3	74	77
3	4-in. lightweight concrete	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	16	-3	73	76
4	2-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	29 (0.122)	0.206	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17	16	-1	67	68
5	1-in. wood with 2-in. insulation	9	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	16	-7	64	71
6	6-in. lightweight concrete	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	18	1	64	63
7	2.5-in. wood with 1-in. ins.	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	19	6	56	50
8	8-in. lightweight concrete	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	20	7	54	47
9	4-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	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	18	8	53	45
10	2.5-in. wood with 2-in. ins.	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	19	8	51	43
11	Roof terrace system	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	20	13	46	33
12	6-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	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	19	14	45	31
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	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	22	16	43	27
With Suspended Ceiling																															
1	Steel Sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	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	15	-4	78	82
2	1-in. wood with 1-in. ins.	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61	58	51	44	37	30	25	17	2	62	60
3	4-in. lightweight concrete	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	17	0	65	65
4	2-in. heavyweight concrete with 1-in. insulation	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	18	13	47	34
5	1-in. wood with 2-in. ins.	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	18	5	57	52
6	6-in. lightweight concrete	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	20	7	54	47
7	2.5-in. wood with 1-in. insulation	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37	21	15	44	29
8	8-in. lightweight concrete	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	21	14	46	32
9	4-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) ins.	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	19	20	38	18
10	2.5-in. wood with 2-in. ins.	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	21	18	41	23
11	Roof terrace system	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	22	22	33	11
12	6-in. heavyweight concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	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	20	21	34	13
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	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	23	21	37	16

(1) *Direct Application of Table Without Adjustments:*

Values were calculated using the following conditions:

- Dark flat surface roof ("dark" for solar radiation absorption)
- Indoor temperature of 78 °F
- Outdoor maximum temperature of 95 °F with outdoor mean temperature of 85 °F and an outdoor daily range of 21 °F
- Solar radiation typical of 40 deg North latitude on July 21
- Outside surface resistance, $R_o = 0.333 \text{ ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{h/Btu}$
- Without and with suspended ceiling, but no attic fans or return air ducts in suspended ceiling space
 - Inside surface resistance, $R_i = 0.685 \text{ ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{h/Btu}$

(2) *Adjustments to Table Values:*

The following equation makes adjustments for deviations of design and solar conditions from those listed in (1) above.

$$\text{CLTD}_{\text{corr}} = [(\text{CLTD} + \text{LM}) K + (78 - t_R) + (t_o - 85)] f$$

where CLTD is from this table

- (a) LM is latitude-month correction from Table 32 for a horizontal surface,
- (b) K is a color adjustment factor applied after first making month-latitude adjustments. Credit should not be taken for a light-colored roof except where permanence of light color is established by experience, as in rural areas or where there is little smoke.
 - $K = 1.0$ if dark colored or light in an industrial area
 - $K = 0.5$ if permanently light-colored (rural area)
- (c) $(78 - t_R)$ is indoor design temperature correction
- (d) $(t_o - 85)$ is outdoor design temperature correction, where t_o is the average outside temperature on design day

- (e) f is a factor for attic fan and or ducts above ceiling applied after all other adjustments have been made

$f = 1.0$ no attic or ducts

$f = 0.75$ positive ventilation

Values in Table 29 were calculated without and with suspended ceiling, but make no allowances for positive ventilation or return ducts through the space. If ceiling is insulated and fan is used between ceiling and roof, CLTD may be reduced 25% ($f = 0.75$). Analyze use of the suspended ceiling space for a return air plenum or with return air ducts separately.

(3) *Roof Constructions Not Listed in Table:*

The U-Values listed are only guides. The actual value of U as obtained from tables such as Table 4, Chapter 22 or as calculated for the actual roof construction should be used.

An actual roof construction not in this table would be thermally similar to a roof in the table, if it has similar mass, lb/ft^2 , and similar heat capacity, $\text{Btu/ft}^2 \cdot \text{°F}$. In this case, use the CLTD from this table as corrected by Note (2) above.

Example: A flat roof without suspended ceiling has mass = 18.0 lb/ft^2 , $U = 0.20 \text{ Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{°F}$, and heat capacity = $9.5 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F}$.

Use $\text{CLTD}_{\text{uncorr}}$ from Roof No. 13, to obtain $\text{CLTD}_{\text{corr}}$ and use the actual U value to calculate $q/A = U (\text{CLTD}_{\text{corr}}) = 0.20 (\text{CLTD}_{\text{corr}})$.

(4) *Additional Insulation:*

For each R-7 increase in R-value from insulation added to the roof structure, use a CLTD for a roof whose weight and heat capacity are approximately the same, but whose CLTD has a maximum value 2 h later. If this is not possible, because a roof with longest time lag has already been selected, use an effective CLTD in cooling load calculation equal to 29 °F.

Anexo D. 2. Temperatura de carga de refrigeración, factores de diferencias de corrección LM.

Temperatura de carga de refrigeración factores de diferencias de corrección LM							
Latitud	Mes	Orientación de la superficie					
		N	NE/NW	E/W	SE/SW	S	Horiz
0°	Dec	-3	-5	-2	3	9	-1
	Jan/Nov	-3	-4	-1	2	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-1	0	0	0
	Mar/Sep	-3	1	-1	-3	-8	0
	Apr/Aug	5	3	-2	-6	-8	-2
	May/Jul	10	5	-3	-8	-8	-4
	Jun	12	5	-3	-9	-8	-5
8°	Dec	-4	-6	-3	4	12	-5
	Jan/Nov	-3	-6	-2	3	10	-4
	Feb/Oct	-3	-3	-1	1	4	-1
	Mar/Sep	-3	-1	-1	-2	-4	0
	Apr/Aug	2	2	-1	-5	-4	-1
	May/Jul	7	4	-2	-7	-7	-2
	Jun	9	4	-2	-8	-7	-2
16°	Dec	-4	-8	-4	4	-7	-9
	Jan/Nov	-4	-7	-4	4	13	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-2	2	12	-4
	Mar/Sep	-3	-2	-1	0	7	-1
	Apr/Aug	-1	-1	-1	-3	0	0
	May/Jul	4	3	-1	-5	-6	0
	Jun	6	4	-1	-6	-7	-7
24°	Dec	-5	-9	-7	3	0	-13
	Jan/Nov	-4	-8	-6	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-6	-3	3	13	-7
	Mar/Sep	-3	-3	-1	1	10	-3
	Apr/Aug	-2	0	-1	-1	4	0
	May/Jul	1	2	0	-3	-3	1
	Jun	3	3	0	-4	-6	1
32°	Dec	-5	-10	-8	2	-6	-17
	Jan/Nov	-5	-9	-8	-4	12	12
	Feb/Oct	-4	-7	-4	4	9	-10
	Mar/Sep	-3	-4	-2	3	11	-5
	Apr/Aug	-2	-1	0	0	7	-1
	May/Jul	1	1	0	-1	1	1
	Jun	1	2	0	-2	-3	2

Temperatura de carga de refrigeración, factores de diferencias de corrección LM.

Temperatura de carga de refrigeración factores de diferencias de corrección LM							
Latitud	Mes	Orientación de la superficie					
		N	NE/NW	E/W	SE/SW	S	Horiz
40°	Dec	-6	-10	-10	0	-4	-21
	Jan/Nov	-5	-10	-9	1	10	-19
	Feb/Oct	-5	-8	-6	3	11	-14
	Mar/Sep	-4	-5	-3	4	12	-8
	Apr/Aug	-2	-2	0	2	10	-3
	May/Jul	0	0	0	0	4	1
	Jun	1	1	1	0	1	2
48°	Dec	-6	-11	-13	-3	-1	-25
	Jan/Nov	-6	-11	-11	-1	6	-24
	Feb/Oct	-5	-10	-8	1	8	-18
	Mar/Sep	-4	-6	-4	4	11	-11
	Apr/Aug	-3	-3	-1	4	11	-5
	May/Jul	0	0	1	3	7	0
	Jun	1	2	2	2	4	2
56°	Dec	-7	-12	-16	-9	3	-28
	Jan/Nov	-6	-11	-14	-6	-3	-27
	Feb/Oct	-6	-10	-10	0	2	-22
	Mar/Sep	-5	-7	-5	4	9	-15
	Apr/Aug	-3	-4	-1	5	12	-8
	May/Jul	0	0	2	5	9	-2
	Jun	2	2	3	4	7	1
64°	Dec	-7	-12	-17	-16	6	-30
	Jan/Nov	-7	-12	-16	-13	-8	-29
	Feb/Oct	-6	-11	-13	-4	4	-26
	Mar/Sep	-5	-9	-7	-3	11	-20
	Apr/Aug	-3	-4	-1	5	11	-11
	May/Jul	1	1	3	6	10	-3
	Jun	2	2	4	6	9	0

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

11.5.5.1 Correction for Latitude
 (Copyright 1989 by the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. from 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals. Used by permission.)

Table 32 CLTD Correction For Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitudes

Lat.	Month	N	NNE		NE		ENE		E		ESE		SE		SSE		S	HOR
			NNW	NW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW	SW	SSW						
0	Dec	-3	-5	-5	-5	-5	-2	0	0	3	6	9	-1					
	Jan/Nov	-3	-5	-4	-4	-4	-1	0	0	2	4	7	-1					
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-1	0	-1	0	0					
	Mar/Sept	-3	0	1	1	1	-1	-3	-3	-3	-5	-8	0					
	Apr/Aug	5	4	3	3	0	-2	-5	-5	-6	-8	-8	-2					
	May/Jul	10	7	5	5	0	-3	-7	-7	-8	-9	-8	-4					
8	Jun	12	9	5	5	0	-3	-7	-7	-9	-10	-8	-5					
	Dec	-4	-6	-6	-6	-6	-3	0	0	4	8	12	-5					
	Jan/Nov	-3	-5	-6	-6	-5	-2	0	0	3	6	10	-4					
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-3	-1	-1	-1	1	2	4	-1					
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-4	0					
	Apr/Aug	2	2	2	2	0	-1	-4	-4	-5	-7	-7	-1					
16	May/Jul	7	5	4	4	0	-2	-5	-5	-7	-9	-7	-2					
	Jun	9	6	4	4	0	-2	-6	-6	-8	-9	-7	-2					
	Dec	-4	-6	-8	-8	-8	-4	-1	-1	4	9	13	-9					
	Jan/Nov	-4	-6	-7	-7	-7	-4	-1	-1	4	8	12	-7					
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-5	-4	-2	0	0	2	5	7	-4					
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-2	-1	-1	-1	0	0	0	-1					
16	Apr/Aug	-1	0	-1	-1	-1	-1	-3	-3	-3	-5	-6	0					
	May/Jul	4	3	3	3	0	-1	-4	-4	-5	-7	-7	0					
	Jun	6	4	4	4	1	-1	-4	-4	-6	-8	-8	-7					

Captura de imagen (Ashrae, 1989).

24	Dec	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Jan/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	9	3	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Apr/Aug	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dec	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Jan/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-15	-4	2	9	12
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Apr/Aug	-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	Dec	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Jan/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
	Apr/Aug	-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	Dec	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Jan/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
	Apr/Aug	-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

Captura de imagen (Ashrae, 1989).

56	Dec	-7	-9	-12	-16	-16	-14	-9	-5	-3	-28
	Jan/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
	Apr/Aug	-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
64	Dec	-7	-9	-12	-16	-17	-18	-16	-14	-12	-30
	Jan/Nov	-7	-9	-12	-16	-16	-16	-13	-10	-8	-29
	Feb/Oct	-6	-8	-11	-14	-13	10	-4	1	4	-26
	Mar/Sept	-5	-7	-9	-10	-7	-4	2	7	11	-20
	Apr/Aug	-3	-4	-4	-4	-1	1	5	9	11	-11
	May/Jul	1	0	1	0	3	4	6	8	10	-3
	Jun	2	2	2	2	4	4	6	7	9	0

(1) Corrections in this table are in °F. The correction is applied directly to the CLTD for a wall or roof as given in Tables 29 and 31.

(2) The CLTD correction given in this table is *not* applicable to Table 33, Cooling Load Temperature Differences for Conduction through Glass.

(3) For South latitudes, replace Jan. through Dec. by July through June.

Anexo D. 3. Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para paredes iluminadas por el sol $CLTD_{paredes}$

(Copyright 1989 by the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. from 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals. Used by permission.)

Table 31 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load from Sunlit Walls

North Latitude Wall Facing	Solar Time, h												Hr of				Differ- ence CLTD														
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600		1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	CLTD	Min- imum CLTD	Max- imum CLTD	Differ- ence CLTD		
Group A Walls																															
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4	
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	16	16	17	17	18	18	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5	
E	24	24	24	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7	
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	19	20	21	22	23	24	24	24	24	24	24	24	24	22	18	24	6		
S	20	20	19	19	18	18	17	16	15	14	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	20	20	23	14	20	6	
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8		
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	18	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	26	26	1	18	27	9	
NW	21	21	21	20	20	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	21	1	14	21	7		
Group B Walls																															
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	9	9	9	9	10	10	11	12	13	14	14	14	15	15	15	24	8	15	7	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	21	21	21	20	21	12	21	9	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	26	26	25	24	20	15	27	12
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12		
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	22	21	23	11	22	11		
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	24	13	28	15			
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	29	24	14	30	16			
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	9		

Group C Walls																													
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	16	22	7	17	10		
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	10	11	11	13	15	18	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17	
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	33	32	31	22	11	33	22	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23	
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	22	10	27	17	

Group D Walls																												
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16	21	6	19	13
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	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	16	8	33	25
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24
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	19	6	29	23
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32
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	22	7	32	25

Group E Walls																												
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33
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	15	5	37	32
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43
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	20	5	38	33

Group F Walls																												
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	23	23
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43
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	13	2	43	41
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	48
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44

Group G Walls																												
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	-1	55	56
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	-1	51	52
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55

(1) *Direct Application of the Table Without Adjustments:*

Values in this table were calculated using the same conditions for walls as outlined for the roof CLTD table, Table 29. These values may be used for all normal air-conditioning estimates usually without correction (except as noted below) when the load is calculated for the hottest weather.

For totally shaded walls use the North orientation values.

(2) *Adjustments to Table Values:*

The following equation makes adjustments for conditions other than those listed in Note (1).

$$\text{CLTD}_{\text{corr}} = (\text{CLTD} + \text{LM}) K + (78 - t_R) + (t_o - 85)$$

where

CLTD is from Table 31 at the wall orientation.

LM is the latitude-month correction from Table 32.

Wall Construction Not Listed:

The U-Values listed are only guides. The actual value of U as obtained from tables such as Table 4, Chapter 22 or as calculated for the actual wall structure should be used.

An actual wall construction not listed in this table (or Table 30) would be thermally similar to a wall in the table, if it has similar mass, and similar heat capacity. In that case, use the CLTD from this table as corrected by Note (2) above.

(4) *Additional Insulation:*

For each R-7 increase from insulation added to the wall structures in Table 24, use the CLTD for the wall group with the next higher letter in the alphabet.

K is a color adjustment factor applied after first making month-latitude adjustment

$K = 1.0$ if dark colored or light in an industrial area

$K = 0.83$ if permanently medium-colored (rural area)

$K = 0.65$ if permanently light-colored (rural area)

Credit should not be taken for wall color other than dark except where permanence of color is established by experience, as in rural areas or where there is little smoke.

Colors:

Light — Cream

Medium — Medium blue, medium green, bright red, light brown, unpainted wood and natural color concrete

Dark — Dark blue, red, brown and green

$(78 - t_R)$ is indoor design temperature correction

$(t_o - 85)$ is outdoor design temperature correction, where t_o is the average outside temperature on design day.

For example, move to a group B wall when the initial wall group is C. When the insulation is added to the exterior of the construction rather than the interior, use the CLTD for the wall group two letters higher. If this is not possible, because a wall on Group A has already been selected, use an effective CLTD in the load calculation as given in the following table.

CLTD, Uncorrected, When Vertical Wall Structure is "Thermally" Heavier than Group A because of Added Insulation

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
	11	17	22	21	17	21	22	17

Anexo D. 4. Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para superficies de vidrio

Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento para superficies de vidrio											
Hora del día											
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
-2	0	2	4	7	9	12	13	14	14	13	12

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

11.5.5.3 Glass

(Copyright 1989 by the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. from 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals. Used by permission.)

Table 33 Cooling Load Temperature Differences (CLTD) for Conduction Through Glass

Solar time, h	CLTD °F	Solar time, h	CLTD °F
0100	1	1300	12
0200	0	1400	13
0300	-1	1500	14
0400	-2	1600	14
0500	-2	1700	13
0600	-2	1800	12
0700	-2	1900	10
0800	0	2000	8
0900	2	2100	6
1000	4	2200	4
1100	7	2300	3
1200	9	2400	2

Corrections: The values in the table were calculated for an inside temperature of 78°F and an outdoor maximum temperature of 95°F with an outdoor daily range of 21°F. The table remains approximately correct for other outdoor maximums 93 to 102°F and other outdoor daily ranges 16 to 34°F, provided the outdoor daily average temperature remains approximately 85°F. If the room air temperature is different from 78°F and/or the outdoor daily average temperature is different from 85°F, the following rules apply: (a) For room air temperature less than 78°F, add the difference between 78°F and room air temperature; if greater than 78°F, subtract the difference. (b) For outdoor daily average temperature less than 85°F, subtract the difference between 85°F and the daily average temperature; if greater than 85°F, add the difference.

Anexo D. 5. SC Para superficies transparentes externas en radiación

SC de acuerdo al tipo de sombra interior						
Material	Persiana		Cortina	Persiana Interna		Sin Sombra
	Claro	Opaco		Claro	Opaco	
Acrílico 3 (mm)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,98
Acrílico (6mm)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,98
Vidrio simple hasta 6 (mm)	0,55	0,64	0,6	N/A	N/A	1
Vidrio doble 3 (mm), separados 6 (mm)	0,51	0,57	0,52	0,33	0,36	0,88
Vidrio doble 6 (mm), separados 12 (mm)	0,51	0,57	0,52	0,33	0,36	0,88

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

Anexo D. 6. Factores de ganancia máxima de calor del sol SHFG.

Factores de Ganancia máxima de Calor del Sol SHGF											
Latitud	Mes	Orientación									
		N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR
0	1	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296
	2	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
	3	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
	4	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
	5	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
	6	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
	7	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
	8	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
	9	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
	10	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
	11	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
	12	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288
4	1	33	33	79	170	229	252	237	193	141	286
	2	35	35	123	199	242	248	215	152	88	301
	3	38	77	163	219	242	227	177	96	43	302
	4	55	125	189	223	223	190	126	43	38	287
	5	93	154	200	220	206	161	89	38	38	272
	6	110	164	202	215	196	147	73	38	38	263
	7	96	154	197	215	200	156	85	39	38	267
	8	59	124	184	215	214	181	120	42	40	279

	9	39	75	156	209	231	216	170	93	44	293
	10	36	36	120	193	234	239	207	148	86	294
	11	34	34	79	168	226	248	232	190	139	284
	12	33	33	62	157	221	250	242	206	160	277
	1	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275
	2	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
	3	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300
	4	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289
	5	74	46	198	220	209	167	97	39	38	277
	6	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269
	7	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
	8	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
	9	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
	10	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
	11	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
	12	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265
Latitud	Mes	Orientación									
		N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR
2	1	31	31	63	155	217	246	247	212	182	262
	2	34	34	105	186	235	248	226	177	183	286
	3	36	58	148	210	240	233	190	124	73	297
	4	40	108	178	219	227	200	142	64	40	290
	5	60	139	194	220	212	173	106	40	40	280
	6	75	149	198	217	204	161	90	40	40	274
	7	63	139	191	215	207	168	102	41	41	275
	8	42	109	174	212	218	191	135	62	142	282
	9	37	57	142	201	229	222	182	121	73	287
	10	34	34	103	180	227	238	219	172	130	280
	11	32	32	63	153	214	241	243	209	179	260
	12	30	30	47	141	207	242	251	223	197	250
16	1	30	30	55	147	210	244	251	223	199	248
	2	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
	3	35	53	140	205	239	235	197	132	93	291
	4	39	99	172	215	227	204	150	77	45	289
	5	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
	6	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
	7	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
	8	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
	9	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
	10	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
	11	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
	12	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

20	1	29	29	48	138	201	243	253	233	214	232
	2	31	31	88	173	226	244	238	201	174	263
	3	34	49	132	200	237	236	206	152	115	284
	4	38	92	166	213	228	208	158	91	58	287
	5	47	123	184	217	217	184	124	54	42	283
	6	59	135	189	216	210	173	108	45	42	279
	7	48	124	182	213	212	179	119	53	43	278
	8	40	91	162	206	220	200	152	88	57	280
	9	36	46	127	191	225	225	199	148	114	275
	10	32	32	87	167	217	236	231	196	170	258
	11	29	29	48	136	197	239	249	229	211	230
	12	27	27	35	122	187	238	254	241	226	217

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

Factores de Ganancia máxima de Calor del Sol SHGF											
Latitud	Mes	Orientación									
		N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR
24	1	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
	2	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
	3	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
	4	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
	5	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
	6	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
	7	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
	8	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
	9	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
	10	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
	11	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
	12	26	26	29	112	180	234	247	247	237	199
28	1	25	25	35	117	183	235	251	247	238	196
	2	29	29	72	157	213	244	246	224	207	234
	3	33	41	116	189	231	237	221	182	157	265
	4	36	84	151	205	228	216	178	124	94	278
	5	40	115	172	211	219	195	144	83	58	280
	6	51	125	178	211	213	184	128	68	49	278
	7	41	114	170	208	215	190	140	80	57	276
	8	38	83	149	199	220	207	172	120	91	272
	9	34	38	111	179	219	226	213	177	154	256
	10	30	30	71	151	204	236	238	217	202	229
	11	26	26	35	115	181	232	247	243	235	195
	12	24	24	24	99	172	227	248	251	246	179

32	1	24	24	29	105	175	229	249	250	246	176
	2	27	27	65	149	205	242	248	232	221	217
	3	32	37	107	183	227	237	227	195	176	252
	4	36	80	146	200	227	219	187	141	115	271
	5	38	111	170	208	220	199	155	99	74	277
	6	44	122	176	208	214	189	139	83	60	276
	7	40	111	167	204	215	194	150	96	72	273
	8	37	79	141	195	219	210	181	136	111	265
	9	33	35	103	173	215	227	218	189	171	244
	10	28	28	63	143	195	234	239	225	215	213
	11	24	24	29	103	173	225	245	246	243	175
	12	22	22	22	84	162	218	246	252	252	158

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

Factores de Ganancia máxima de Calor del Sol SHGF											
Latitud	Mes	Orientación									
		N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR
36	1	22	22	24	90	166	219	247	252	252	155
	2	26	26	57	139	195	239	248	239	232	199
	3	30	33	99	176	223	238	232	206	192	238
	4	35	76	144	196	225	221	196	156	135	262
	5	38	107	168	204	220	204	165	116	93	272
	6	47	118	175	205	215	194	150	99	77	273
	7	39	107	165	201	216	199	161	113	90	268
	8	36	75	138	190	218	212	189	151	131	257
	9	31	31	95	167	210	228	223	200	187	230
	10	27	27	56	133	187	230	239	231	225	195
	11	22	22	24	87	163	215	243	248	248	154
	12	20	20	20	69	151	204	241	253	254	136
40	1	20	20	20	74	154	205	241	252	254	133
	2	24	24	50	129	186	234	246	244	241	180
	3	29	29	93	169	218	238	236	216	206	223
	4	34	71	140	190	224	223	203	170	154	252
	5	37	102	165	202	220	208	175	133	113	265
	6	48	113	172	205	216	199	161	116	95	267
	7	38	102	163	198	216	203	1700	129	109	262
	8	35	71	135	185	216	214	196	165	149	247
	9	30	30	87	160	203	227	226	209	200	215
	10	25	25	49	123	180	225	238	236	234	177
	11	20	20	20	73	151	201	237	248	250	132
	12	18	18	18	60	135	188	232	249	253	113

44	1	17	17	17	61	138	189	232	248	252	109
	2	22	22	43	117	178	227	246	248	247	160
	3	27	27	87	162	211	236	238	224	218	206
	4	33	66	136	185	221	224	210	183	171	240
	5	36	96	162	201	219	211	183	148	132	257
	6	47	108	169	205	215	203	171	132	115	261
	7	37	96	159	198	215	206	179	144	128	254
	8	34	66	132	180	214	215	202	177	165	236
	9	28	28	80	152	198	226	227	216	211	199
	10	23	23	42	111	171	217	237	240	239	157
	11	18	18	18	64	135	186	227	244	248	109

Factores de Ganancia máxima de Calor del Sol SHGF											
Latitud	Mes	Orientación									
		N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR
48	1	15	15	15	53	118	175	216	239	245	85
	2	20	20	36	103	168	216	242	249	250	138
	3	26	26	80	154	204	234	239	232	228	188
	4	31	61	132	180	219	225	215	194	186	226
	5	35	97	158	200	218	214	192	163	150	247
	6	46	110	165	204	215	206	180	148	134	252
	7	37	96	156	196	214	209	187	158	146	244
	8	33	61	128	174	211	216	208	188	180	223
	9	27	27	72	144	191	223	228	223	220	182
	10	21	21	35	96	161	207	233	241	242	136
	11	15	15	15	52	115	172	212	234	240	85
	12	13	13	13	36	91	156	195	225	233	65
52	1	13	13	13	39	92	155	193	222	230	62
	2	18	18	29	85	156	202	235	247	250	115
	3	24	24	73	145	196	230	239	238	236	169
	4	30	56	128	177	215	224	220	204	199	211
	5	34	98	154	198	217	217	199	175	167	235
	6	45	11	161	202	214	210	188	162	152	242
	7	36	97	152	194	213	212	195	171	163	233
	8	32	56	124	169	208	216	212	197	193	208
	9	25	25	65	136	182	218	228	228	227	163
	10	19	19	28	80	148	192	225	238	240	114
	11	13	13	13	39	90	152	189	217	225	62
	12	10	10	10	19	73	127	172	199	209	42
56	1	10	10	10	21	74	126	169	194	205	40
	2	16	16	21	71	139	184	223	239	244	91

	3	22	22	65	163	185	224	238	241	241	149
	4	28	58	123	173	211	223	223	213	210	195
	5	36	99	149	195	215	218	206	187	181	222
	6	53	111	160	199	213	213	196	174	168	231
	7	37	98	147	192	211	214	201	183	177	221
	8	30	56	119	165	203	216	215	206	203	193
	9	23	23	58	126	171	211	227	230	231	144
	10	16	16	20	68	132	176	213	229	234	91
	11	10	10	10	21	72	122	165	190	200	40
Factores de Ganancia máxima de Calor del Sol SHGF											
Latitud	Mes	Orientación									
		N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SSE/SSW	S	HOR
60	1	7	7	7	7	46	88	130	152	164	21
	2	13	13	13	58	118	168	204	225	231	68
	3	20	20	56	125	179	215	234	241	242	128
	4	27	59	118	168	206	222	225	220	218	178
	5	43	98	149	192	212	220	211	198	194	208
	6	58	110	162	197	213	215	202	186	181	210
	7	44	97	147	189	208	215	206	193	190	207
	8	28	57	114	161	199	214	217	213	211	176
	9	21	21	50	115	160	202	222	229	231	123
	10	14	14	14	56	111	159	193	215	221	67
	11	7	7	7	7	45	86	127	148	160	22
	12	4	4	4	4	16	51	76	100	107	9
64	1	3	3	3	3	15	45	67	89	96	8
	2	11	11	11	43	89	144	177	202	210	45
	3	18	18	47	113	159	203	226	236	239	105
	4	25	59	113	163	201	219	225	225	224	160
	5	48	97	150	189	211	220	215	207	204	192
	6	62	114	162	193	213	216	208	196	193	203
	7	49	96	148	186	207	215	211	202	200	192
	8	27	58	109	157	193	211	217	217	217	159
	9	19	19	43	103	148	189	213	224	227	101
	10	11	11	11	40	83	135	167	191	199	46
	11	4	4	4	4	15	44	66	87	93	8
	12	0	0	0	0	1	5	11	14	15	1

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989).

(Copyright 1989 by the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. from 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals. Used by permission.)

Table 34 Maximum Solar Heat Gain Factor, Btu/h·ft² for Sunlit Glass, North Latitudes

	0° N Lat											20° N Lat										
	N	NNE/	NE/	ENE/	E/	ESE/	SE/	SSE/	S	HOR	N	NNE/	NE/	ENE/	E/	ESE/	SE/	SSE/	S	HOR		
Jan.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296	29	29	48	138	201	243	253	233	214	232		
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306	31	31	88	173	226	244	238	201	174	263		
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303	34	49	132	200	237	236	206	152	115	284		
Apr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284	38	92	166	213	228	208	158	91	58	287		
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265	47	123	184	217	217	184	124	54	42	283		
June	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255	59	135	189	216	210	173	108	45	42	279		
July	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260	48	124	182	213	212	179	119	53	43	278		
Aug.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276	40	91	162	206	220	200	152	88	57	280		
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293	36	46	127	191	225	225	199	148	114	275		
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299	32	32	87	167	217	236	231	196	170	258		
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293	29	29	48	136	197	239	249	229	211	230		
Dec.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288	27	27	35	122	187	238	254	241	226	217		

28° N. Lat

	NNE/ NNW		NE/ NW		ENE/ WNW		E/ W		ESE/ WSW		SSE/ SSW		S	HOR
	N	(Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SSE/ SSW	S	HOR				
Jan.	25	25	35	35	117	183	235	251	247	238	196			
Feb.	29	29	72	157	213	244	246	224	207	234				
Mar.	33	41	116	189	231	237	221	182	157	265				
Apr.	36	84	151	205	228	216	178	124	94	278				
May	40	115	172	211	219	195	144	83	58	280				
June	51	125	178	211	213	184	128	68	49	278				
July	41	114	170	208	215	190	140	80	57	276				
Aug.	38	83	149	199	220	207	172	120	91	272				
Sep.	34	38	111	179	219	226	213	177	154	256				
Oct.	30	30	71	151	204	236	238	217	202	229				
Nov.	26	26	35	115	181	232	247	243	235	195				
Dec.	24	24	24	99	172	227	248	251	246	179				

24° N. Lat

	NNE/ NNW		NE/ NW		ENE/ WNW		E/ W		ESE/ WSW		SSE/ SSW		S	HOR
	N	(Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SSE/ SSW	S	HOR				
Jan.	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				
Apr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283				
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282				
June	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279				
July	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278				
Aug.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277				
Sep.	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				
Dec.	26	26	29	112	180	234	247	247	237	199				

8° N Lat

	NNE/ NNW		NE/ NW		ENE/ WNW		E/ W		ESE/ WSW		SSE/ SSW		S	HOR
	N	(Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SSE/ SSW	S	HOR				
Jan.	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				
Apr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289				
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277				
June	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269				
July	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272				
Aug.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282				
Sep.	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				
Dec.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265				

4° N Lat

	NNE/ NNW		NE/ NW		ENE/ WNW		E/ W		ESE/ WSW		SSE/ SSW		S	HOR
	N	(Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SSE/ SSW	S	HOR				
Jan.	33	33	79	170	229	252	237	193	141	286				
Feb.	35	35	123	199	242	248	215	152	88	301				
Mar.	38	77	163	219	242	227	177	96	43	302				
Apr.	55	125	189	223	223	190	126	43	38	287				
May	93	154	200	220	206	161	89	38	38	272				
June	110	164	202	215	196	147	73	38	38	263				
July	96	154	197	215	200	156	85	39	38	267				
Aug.	59	124	184	215	214	181	120	42	40	279				
Sep.	39	75	156	209	231	216	170	93	44	293				
Oct.	36	36	120	193	234	239	207	148	86	294				
Nov.	34	34	79	168	226	248	232	190	139	284				
Dec.	33	33	62	157	221	250	242	206	160	277				

36° N. Lat											
N (Shade)	NNE/		NE/		ENE/		E/		ESE/		HOR
	NNW	NW	NW	NW	WNW	W	W	WSW	WSW	SSW	
Jan.	22	24	24	24	90	166	219	247	252	252	155
Feb.	26	26	57	57	139	195	239	248	239	232	199
Mar.	30	33	99	99	176	223	238	232	206	192	238
Apr.	35	76	144	144	196	225	221	196	156	135	262
May	38	107	168	204	204	220	204	165	116	93	272
June	47	118	175	205	215	194	150	99	77	273	
July	39	107	165	201	216	199	161	113	90	268	
Aug.	36	75	138	190	218	212	189	151	131	257	
Sep.	31	31	95	167	210	228	223	200	187	230	
Oct.	27	27	56	133	187	230	239	231	225	195	
Nov.	22	22	24	87	163	215	243	248	248	154	
Dec.	20	20	20	69	151	204	241	253	254	136	

32° N. Lat											
N (Shade)	NNE/		NE/		ENE/		E/		ESE/		HOR
	NNW	NW	NW	NW	WNW	W	W	WSW	WSW	SSW	
Jan.	24	24	29	29	105	175	229	249	250	246	176
Feb.	27	27	65	65	149	205	242	248	232	221	217
Mar.	32	37	107	107	183	227	237	227	195	176	252
Apr.	36	80	146	200	227	219	187	141	115	271	
May	38	111	170	208	220	199	155	99	74	277	
June	44	122	176	208	214	189	139	83	60	276	
July	40	111	167	204	215	194	150	96	72	273	
Aug.	37	79	141	195	219	210	181	136	111	265	
Sep.	33	35	103	173	215	227	218	189	171	244	
Oct.	28	28	63	143	195	234	239	225	215	213	
Nov.	24	24	29	103	173	225	245	246	243	175	
Dec.	22	22	22	84	162	218	246	252	252	158	

16° N Lat											
N	NNE/		NE/		ENE/		E/		ESE/		HOR
	NNW	NW	NW	NW	WNW	W	W	WSW	WSW	SSW	
Jan.	30	30	55	147	210	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	
Apr.	39	99	172	215	227	204	150	77	45	289	
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282	
June	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277	
July	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277	
Aug.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282	
Sep.	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	
Dec.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234	

12° N Lat											
N	NNE/		NE/		ENE/		E/		ESE/		HOR
	NNW	NW	NW	NW	WNW	W	W	WSW	WSW	SSW	
Jan.	31	31	63	155	217	246	247	212	182	262	
Feb.	34	34	105	186	235	248	226	177	133	286	
Mar.	36	58	148	210	240	233	190	124	73	297	
Apr.	40	108	178	219	227	200	142	64	40	290	
May	60	139	194	220	212	173	106	40	40	280	
June	75	149	198	217	204	161	90	40	40	274	
July	63	139	191	215	207	168	102	41	41	275	
Aug.	42	109	174	212	218	191	135	62	142	282	
Sep.	37	57	142	201	229	222	182	121	73	287	
Oct.	34	34	103	180	227	238	219	172	130	280	
Nov.	32	32	63	153	214	241	243	209	179	260	
Dec.	30	30	47	141	207	242	251	223	197	250	

Anexo D. 7. Factores de carga de Enfriamiento para superficies de Vidrio CLF_{vidrio}

Factores de carga de Enfriamiento para superficies de Vidrio CLF														
Orientación	Techo	Peso de la habitación	Hora del día											
			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
N	Yes	L	0,73	0,74	0,81	0,88	0,95	0,98	0,98	0,94	0,88	0,79	0,79	0,55
		M	0,69	0,69	0,77	0,84	0,91	0,94	0,95	0,91	0,86	0,79	0,79	0,56
		H	0,64	0,64	0,71	0,77	0,83	0,87	0,88	0,85	0,81	0,75	0,76	0,55
NE		L	0,83	0,88	0,72	0,47	0,33	0,27	0,24	0,23	0,2	0,18	0,14	0,09
		M	0,78	0,82	0,67	0,44	0,32	0,28	0,26	0,24	0,22	0,19	0,15	0,11
		H	0,71	0,72	0,59	0,4	0,3	0,27	0,26	0,25	0,23	0,2	0,17	0,13
E		L	0,76	0,91	0,9	0,75	0,51	0,3	0,22	0,18	0,16	0,13	0,11	0,07
		M	0,72	0,86	0,84	0,71	0,48	0,3	0,24	0,21	0,18	0,16	0,13	0,09
		H	0,66	0,76	0,74	0,63	0,43	0,29	0,24	0,22	0,2	0,18	0,15	0,12
SE		L	0,58	0,81	0,93	0,93	0,81	0,59	0,37	0,27	0,21	0,18	0,14	0,09
		M	0,55	0,77	0,88	0,87	0,76	0,56	0,37	0,29	0,24	0,2	0,16	0,11
		H	0,51	0,69	0,78	0,78	0,68	0,51	0,35	0,29	0,25	0,22	0,19	0,15
S		L	0,15	0,23	0,39	0,62	0,82	0,94	0,93	0,8	0,59	0,38	0,26	0,16
		M	0,14	0,22	0,38	0,59	0,78	0,88	0,88	0,76	0,57	0,38	0,28	0,18
		H	0,15	0,21	0,35	0,54	0,7	0,79	0,79	0,69	0,52	0,37	0,29	0,21
SW	L	0,09	0,13	0,16	0,19	0,23	0,39	0,62	0,82	0,94	0,94	0,81	0,54	
	M	0,09	0,13	0,16	0,19	0,22	0,38	0,6	0,78	0,89	0,89	0,77	0,52	
	H	0,11	0,14	0,16	0,18	0,21	0,35	0,55	0,71	0,8	0,79	0,69	0,48	
W	L	0,07	0,1	0,13	0,15	0,16	0,18	0,31	0,55	0,78	0,92	0,93	0,73	
	M	0,07	0,1	0,13	0,14	0,16	0,17	0,3	0,53	0,74	0,87	0,88	0,69	
	H	0,09	0,11	0,13	0,15	0,16	0,17	0,28	0,49	0,67	0,78	0,79	0,62	
NW	L	0,09	0,14	0,17	0,2	0,22	0,23	0,24	0,31	0,53	0,78	0,92	0,81	
	M	0,1	0,13	0,17	0,19	0,21	0,22	0,23	0,3	0,52	0,75	0,88	0,77	
	H	0,11	0,14	0,17	0,19	0,2	0,21	0,22	0,28	0,48	0,68	0,79	0,69	
HOR	L	0,25	0,45	0,64	0,8	0,91	0,97	0,97	0,91	0,8	0,64	0,44	0,23	
	M	0,24	0,43	0,6	0,75	0,86	0,92	0,92	0,87	0,77	0,63	0,45	0,26	
	H	0,25	0,41	0,56	0,68	0,77	0,83	0,83	0,8	0,71	0,59	0,44	0,28	

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989)

Factores de carga de Enfriamiento para superficies de Vidrio CLF														
Orientación	Techo	Peso de la habitación	Hora del día											
			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
N	No	L	0,73	0,74	0,81	0,88	0,95	0,98	0,98	0,94	0,88	0,79	0,79	0,55
		M	0,45	0,53	0,61	0,69	0,76	0,82	0,85	0,86	0,85	0,81	0,8	0,7
		H	0,48	0,51	0,56	0,61	0,66	0,71	0,73	0,74	0,73	0,71	0,71	0,62
NE		L	0,83	0,88	0,72	0,47	0,33	0,27	0,24	0,23	0,2	0,18	0,14	0,09
		M	0,45	0,57	0,58	0,49	0,41	0,36	0,32	0,29	0,27	0,24	0,21	0,17
		H	0,43	0,49	0,45	0,37	0,32	0,29	0,28	0,27	0,26	0,24	0,22	0,19
E		L	0,76	0,91	0,9	0,75	0,51	0,3	0,22	0,18	0,16	0,13	0,11	0,07
		M	0,41	0,57	0,65	0,64	0,55	0,44	0,36	0,31	0,26	0,23	0,19	0,16
		H	0,4	0,5	0,53	0,5	0,41	0,33	0,3	0,28	0,26	0,24	0,22	0,19
SE		L	0,58	0,81	0,93	0,93	0,81	0,59	0,37	0,27	0,21	0,18	0,14	0,09
		M	0,31	0,48	0,62	0,69	0,69	0,61	0,5	0,41	0,35	0,3	0,25	0,2
		H	0,32	0,45	0,53	0,56	0,54	0,47	0,39	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23
S		L	0,15	0,23	0,39	0,62	0,82	0,94	0,93	0,8	0,59	0,38	0,26	0,16
		M	0,09	0,14	0,24	0,38	0,53	0,65	0,72	0,71	0,63	0,52	0,42	0,33
		H	0,14	0,17	0,25	0,36	0,47	0,55	0,58	0,56	0,49	0,41	0,36	0,3
SW	L	0,09	0,13	0,16	0,19	0,23	0,39	0,62	0,82	0,94	0,94	0,81	0,54	
	M	0,07	0,09	0,12	0,15	0,17	0,26	0,4	0,54	0,66	0,73	0,72	0,61	
	H	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,26	0,37	0,48	0,56	0,59	0,57	0,47	
W	L	0,07	0,1	0,13	0,15	0,16	0,18	0,31	0,55	0,78	0,92	0,93	0,73	
	M	0,06	0,08	0,1	0,12	0,13	0,15	0,21	0,35	0,5	0,63	0,71	0,67	
	H	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,21	0,33	0,45	0,54	0,58	0,52	
NW	L	0,09	0,14	0,17	0,2	0,22	0,23	0,24	0,31	0,53	0,78	0,92	0,81	
	M	0,07	0,1	0,13	0,15	0,17	0,19	0,2	0,24	0,36	0,51	0,64	0,66	
	H	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,23	0,33	0,46	0,55	0,53	
HOR	L	0,25	0,45	0,64	0,8	0,91	0,97	0,97	0,91	0,8	0,64	0,44	0,23	
	M	0,14	0,26	0,4	0,53	0,64	0,73	0,78	0,8	0,77	0,7	0,59	0,45	
	H	0,2	0,29	0,39	0,48	0,56	0,61	0,65	0,65	0,63	0,57	0,49	0,4	

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989)

(Copyright 1989 by the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. from 1989 ASHRAE Handbook—Fundamentals. Used by permission.)

Table 36 Cooling Load Factors (CLF) for Glass Without Interior Shading, North Latitudes, General

Fenestration Facing	Room Construction	Solar Time, 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
N (Shaded)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10

ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06	
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	
SSE	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12
	H	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.55	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
WSW	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.17	0.26	0.40	0.52	0.62	0.66	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.15
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.17	0.24	0.35	0.46	0.54	0.58	0.55	0.42	0.34	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.19	0.26	0.36	0.46	0.53	0.56	0.51	0.38	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14
WNW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.26	0.40	0.53	0.63	0.62	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.24	0.35	0.47	0.55	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.25	0.36	0.46	0.53	0.52	0.38	0.30	0.24	0.20	0.18	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.42	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13
NNW	L	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.25	0.27	0.29	0.30	0.33	0.44	0.57	0.62	0.44	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.26	0.27	0.28	0.31	0.39	0.51	0.56	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.12	0.15	0.17	0.20	0.23	0.25	0.26	0.28	0.28	0.31	0.38	0.49	0.53	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16
HOR	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.28	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

L = Light construction: frame exterior wall, 2-in. concrete floor slab, approximately 30 lb of material/ft² of floor area.
M = Medium construction: 4-in. concrete exterior wall, 4-in. concrete floor slab, approximately 70 lb of building material/ft² of floor area.
H = Heavy construction: 6-in. concrete exterior wall, 6-in. concrete floor slab, approximately 130 lb of building materials/ft² of floor area.

**Table 39 Cooling Load Factors (CLF) for Glass with Interior Shading, North Latitudes
(All Room Constructions)**

Fenestration Facing	Solar Time, h																							
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400
N	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10
NNE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.64	0.77	0.62	0.42	0.37	0.37	0.37	0.36	0.35	0.32	0.28	0.23	0.17	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
NE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
ENE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.52	0.76	0.80	0.71	0.52	0.31	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18	0.15	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
E	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
ESE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.41	0.67	0.79	0.80	0.72	0.54	0.34	0.27	0.24	0.21	0.19	0.15	0.12	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
SE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
SSE	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.12	0.31	0.54	0.72	0.81	0.81	0.71	0.54	0.38	0.32	0.27	0.22	0.16	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04
S	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SSW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.09	0.14	0.18	0.22	0.27	0.43	0.63	0.78	0.84	0.80	0.66	0.46	0.25	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
SW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
WSW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.23	0.44	0.64	0.78	0.84	0.78	0.55	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
W	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
WNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.22	0.43	0.65	0.80	0.84	0.66	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NNW	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.11	0.17	0.22	0.26	0.30	0.32	0.33	0.34	0.34	0.39	0.61	0.82	0.76	0.17	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
HOR.	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

Anexo D. 8. Factores de Carga de Enfriamiento para luces CLF_{Luces} .

Horas de uso	Tiempo transcurrido después de que las luces se encienden (horas)											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
8	0,85	0,88	0,46	0,37	0,3	0,24	0,19	0,15	0,12	0,1	0,08	0,06
	0,74	0,77	0,34	0,31	0,28	0,25	0,22	0,2	0,18	0,16	0,15	0,13
	0,69	0,71	0,28	0,26	0,25	0,23	0,22	0,2	0,19	0,18	0,17	0,16
	0,65	0,66	0,22	0,22	0,21	0,2	0,2	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17
	0,88	0,9	0,37	0,3	0,24	0,19	0,16	0,13	0,1	0,08	0,07	0,05
	0,79	0,81	0,28	0,25	0,23	0,2	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11
	0,75	0,76	0,23	0,21	0,2	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13
	0,72	0,72	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14
	0,91	0,93	0,29	0,23	0,19	0,15	0,12	0,1	0,08	0,06	0,05	0,04
	0,84	0,85	0,22	0,19	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,1	0,09	0,05
	0,2	0,82	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,1
	0,78	0,79	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11
	0,93	0,95	0,21	0,17	0,13	0,11	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03
	0,88	0,89	0,15	0,14	0,13	0,11	0,1	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06
	0,86	0,87	0,13	0,12	0,11	0,1	0,1	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07
	0,84	0,85	0,1	0,1	0,1	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
10	0,86	0,88	0,91	0,93	0,49	0,39	0,32	0,26	0,21	0,17	0,13	0,11
	0,76	0,78	0,8	0,82	0,39	0,35	0,32	0,28	0,26	0,23	0,21	0,19
	0,72	0,73	0,75	0,76	0,33	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24	0,23	0,21
	0,69	0,69	0,7	0,71	0,27	0,26	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,22
	0,88	0,91	0,92	0,94	0,4	0,32	0,26	0,21	0,17	0,14	0,11	0,09
	0,8	0,82	0,84	0,85	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15
	0,77	0,78	0,79	0,81	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,2	0,19	0,17
	0,74	0,75	0,76	0,76	0,22	0,22	0,21	0,2	0,2	0,19	0,18	0,18
	0,91	0,93	0,94	0,95	0,31	0,25	0,2	0,16	0,13	0,11	0,08	0,07
	0,84	0,86	0,87	0,89	0,25	0,22	0,2	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12
	0,82	0,83	0,84	0,85	0,21	0,2	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14
	0,8	0,81	0,81	0,82	0,17	0,17	0,06	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14
	0,93	0,95	0,96	0,97	0,22	0,18	0,14	0,12	0,09	0,08	0,06	0,05
	0,89	0,9	0,91	0,92	0,1	0,16	0,14	0,13	0,12	0,1	0,09	0,08
	0,87	0,88	0,89	0,89	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,1	0,1
	0,86	0,86	0,87	0,87	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,1	0,1

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989)

Horas de uso	Tiempo transcurrido después de que las luces se encienden (horas)											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
12	0,86	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,51	0,41	0,33	0,27	0,22	0,17
	0,77	0,79	0,82	0,83	0,85	0,87	0,43	0,39	0,35	0,31	0,28	0,25
	0,74	0,76	0,77	0,79	0,8	0,81	0,37	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27
	0,72	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76	0,32	0,31	0,3	0,29	0,28	0,27
	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,42	0,34	0,27	0,22	0,18	0,14
	0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,35	0,32	0,28	0,26	0,23	0,21
	0,79	0,8	0,81	0,83	0,84	0,85	0,3	0,29	0,27	0,25	0,24	0,22
	0,77	0,78	0,78	0,79	0,8	0,8	0,26	0,25	0,24	0,24	0,23	0,22
	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,33	0,26	0,21	0,17	0,14	0,11
	0,85	0,87	0,88	0,89	0,9	0,91	0,27	0,25	0,22	0,2	0,18	0,16
	0,84	0,85	0,86	0,86	0,87	0,88	0,24	0,22	0,21	0,2	0,19	0,17
	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,85	0,2	0,2	0,19	0,18	0,18	0,17
	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,23	0,19	0,15	0,12	0,1	0,08
	0,9	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,19	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12
	0,88	0,89	0,9	0,9	0,91	0,91	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12
0,87	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	
14	0,87	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,53	0,42	0,34	0,27
	0,79	0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,9	0,46	0,41	0,37	0,34
	0,77	0,79	0,8	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,41	0,39	0,36	0,34
	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,8	0,8	0,8	0,36	0,35	0,34	0,33
	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,43	0,35	0,28	0,22
	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,9	0,91	0,92	0,38	0,34	0,31	0,27
	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86	0,86	0,87	0,88	0,34	0,32	0,3	0,28
	0,8	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,29	0,28	0,28	0,27
	0,92	0,93	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,34	0,27	0,22	0,17
	0,87	0,88	0,89	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,29	0,26	0,24	0,21
	0,86	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,9	0,91	0,26	0,25	0,23	0,22
	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	0,23	0,22	0,21	0,21
	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,24	0,19	0,16	0,12
	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,21	0,19	0,17	0,15
	0,9	0,91	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,19	0,18	0,17	0,16
0,89	0,89	0,9	0,9	0,9	0,9	0,91	0,91	0,16	0,16	0,15	0,15	

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989)

Horas de uso	Tiempo transcurrido después de que las luces se encienden (horas)											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
16	0,88	0,9	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,54	0,43
	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,9	0,91	0,92	0,93	0,49	0,44
	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,45	0,42
	0,79	0,8	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,4	0,39
	0,9	0,92	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,44	0,35
	0,85	0,87	0,88	0,89	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,4	0,36
	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,9	0,9	0,91	0,37	0,34
	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87	0,33	0,32
	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,34	0,27
	0,88	0,9	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,31	0,28
	0,88	0,89	0,89	0,9	0,9	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,28	0,27
	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,9	0,9	0,25	0,25
	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,24	0,2
	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97	0,22	0,2
	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,2	0,19
	0,91	0,91	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,18	0,18

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989)

Anexo D. 9. Factores de uso y factor de fluorescentes

Pot. Lámpara	Lamp/base	Fs
35	1	1,3
40		
35	2	1,2
40		
60	1	1,3
75		
60	2	1,2
75		
110	1	1,25
110	2	1,07
160	1	1,15
160	2	1,08
185	1	1,08
215		
185	2	1,06
215		

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989)

Anexo D. 10. Factores de carga de enfriamiento para equipos CLF- Equipos

Tiempo total en que se encuentra el equipo	Tiempo transcurrido (horas) después de encender el equipo											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2 hours	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
4 hours	0,14	0,12	0,1	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
6 hours	0,29	0,22	0,18	0,15	0,13	0,11	0,1	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
8 hours	0,85	0,87	0,33	0,26	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	0,1	0,09	0,08
10 hours	0,85	0,87	0,89	0,9	0,36	0,29	0,24	0,2	0,17	0,15	0,13	0,11
12 hours	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,93	0,38	0,31	0,25	0,21	0,18	0,16
14 hours	0,87	0,89	0,9	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,4	0,32	0,27	0,23
16 hours	0,89	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,42	0,34
18 hours	0,9	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989)

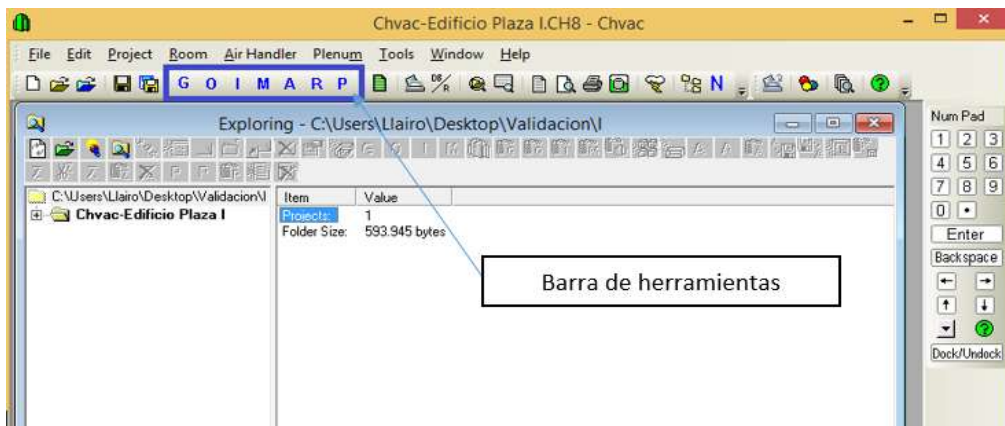
Anexo D. 11. Factores de carga de enfriamiento para ocupantes CLF-Ocupantes

Factores de carga de refrigeración para los ocupantes CLF-Ocupantes												
Tiempo total que la gente está en el espacio	Tiempo transcurrido (horas) después de que la gente ingrese al espacio											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2 hours	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
4 hours	0,16	0,14	0,11	0,1	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03
6 hours	0,34	0,26	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	0,1	0,08	0,07	0,06	0,06
8 hours	0,82	0,84	0,38	0,3	0,25	0,21	0,18	0,15	0,13	0,12	0,1	0,09
10 hours	0,83	0,85	0,87	0,89	0,42	0,34	0,28	0,23	0,2	0,17	0,15	0,13
12 hours	0,84	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,45	0,36	0,3	0,25	0,21	0,19
14 hours	0,85	0,87	0,89	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,47	0,38	0,31	0,26
16 hours	0,87	0,88	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,49	0,39
18 hours	0,89	0,9	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97

Heating and Cooling of Buildings presente en el libro de (Fuente: Wang, 2010) o a su vez en la edición de (Ashrae, 1989)

Anexo E. 1. Procedimiento para la validación mediante el Software Elite Chvac.8.0

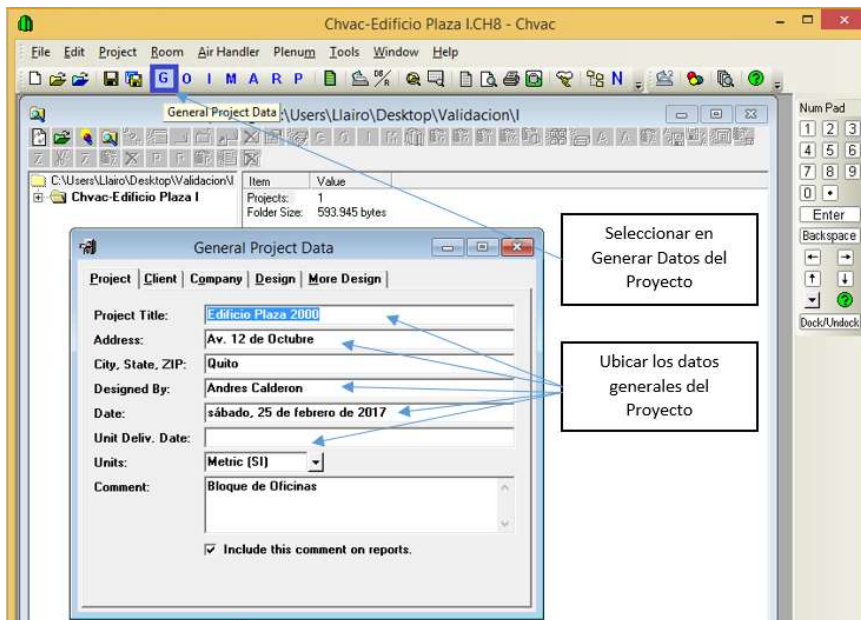
Esta barra de herramienta contiene el menú principal para la selección de los diferentes parámetros en la climatización.



Fuente: <http://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>

Anexo E. 2. Generar datos del proyecto

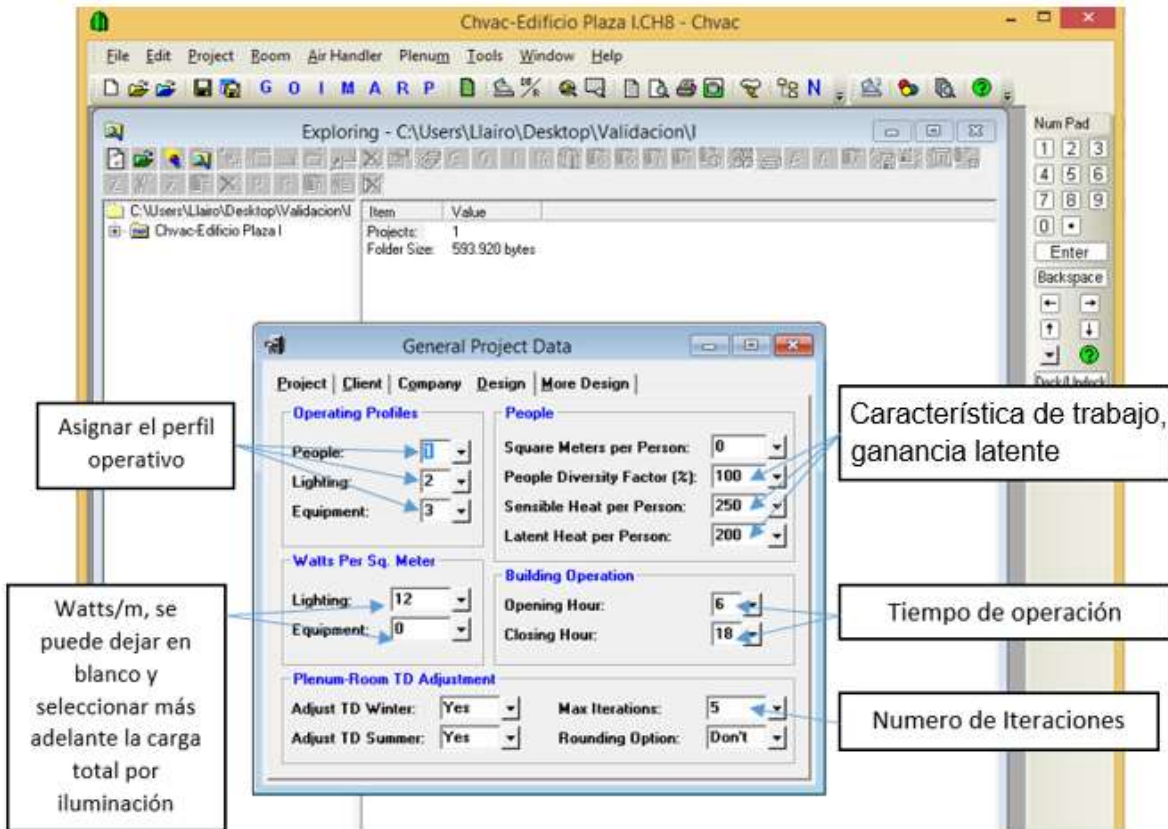
Esta opción permite establecer el registro de los datos más relevantes del proyecto.



Fuente: <http://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>

Anexo E. 3. Generar datos de diseño

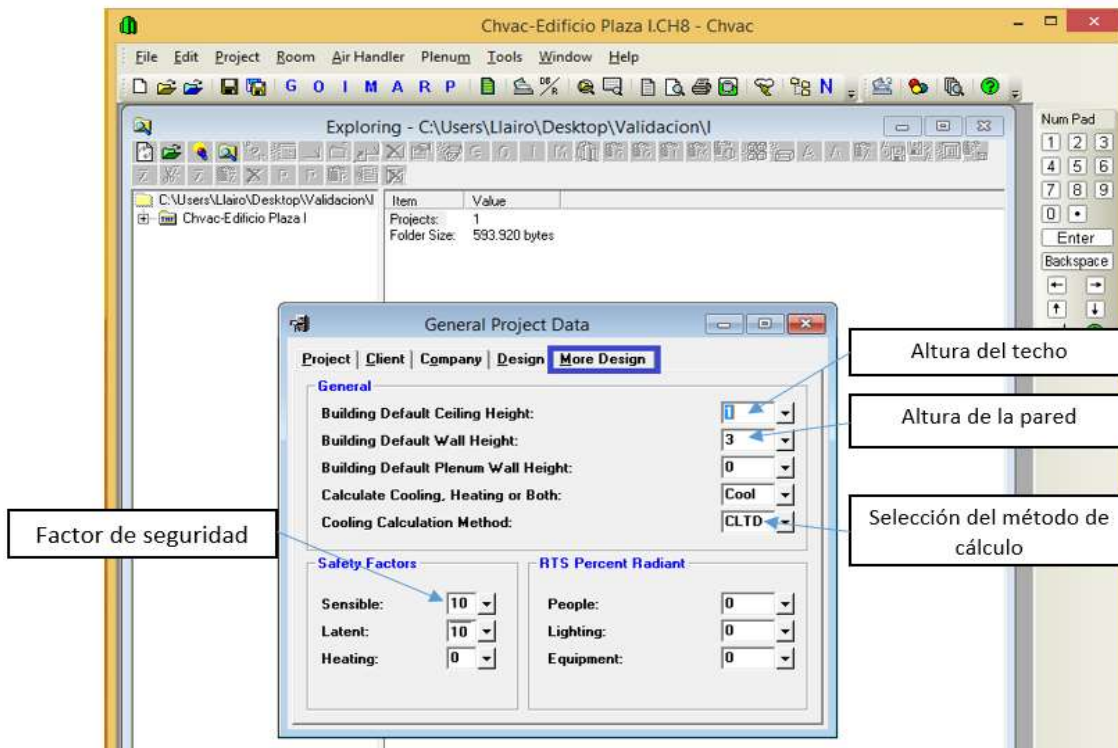
Permite seleccionar los datos de perfil operativo, cargas por iluminación así como las características de operación de los ocupantes.



Fuente: <http://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>

Anexo E. 4. Generar más datos de diseño

Esta opción permite determinar datos de altura entre techos, paredes, así como, seleccionar el método de cálculo entre el RTS y el CLTD. A demás presta la opción de la introducción de factores de seguridad para carga sensible y latente en la edificación.



Fuente: <http://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>

Anexo E. 5. Perfil operativo

En esta ventana, se determina el perfil operativo que posee la actividad de los ocupante, luce, equipos y accesorios, pudiendo seleccionar entre factores que van de 1-99%, donde uno significa un perfil operativo bajo, y noventa y nueve el perfil operativo más alto.

Seleccionar el perfil de operación para cada hora

Description	1am	2am	3am	4am	5am	6am	7am	8am	9am	10am	11am	12pm	1pm	2pm	3pm	4pm	5pm	6pm	7pm	8pm	9pm	10pm	11pm	12a
1 People	C	C	C	C	C	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	C	C	C	C	C	C
2 Lighting	C	C	C	C	C	70	70	70	40	30	30	30	03	30	30	30	60	80	C	C	C	C	C	C
3 Equipmet	C	C	C	C	C	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	C	C	C	C	C	C
4	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Factores de operación acorde a la ocupación

Fuente: <http://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>

Anexo E. 6. Condiciones internas y externas de diseño

En esta ventana, se ingresa las condiciones de localización geográfica del proyecto, características meteorológicas de la zona, así como, el rango de temperatura.

City: QUITO, EQUADOR

Degrees Latitude: 0 Clearness Factor: 1

Altitude: 2811.78 Daily Range: 10.2222

Longitude: -78 Local Std. Meridian: 75

Design Month	Outdoor Dry Bulb	Outdoor Wet Bulb	Indoor Dry Bulb	Indoor Relative Humidity
1 August	26.2	25	24	50
2 September	28	25	24	50
3 October	25.9	25	24	50
4 November	26	25	24	50
5 December	22.1	25	24	50
6 January	23.6	25	24	50
7 February	22.2	25	24	50
8 March	22.6	25	24	50
9 April	23.7	25	24	50
10 May	27.4	25	24	50
11 June	24.4	25	24	50
12 July	24.8	25	24	50
Winter:	7.778		23.885	

Características meteorológicas y de diseño

Selección de la localización

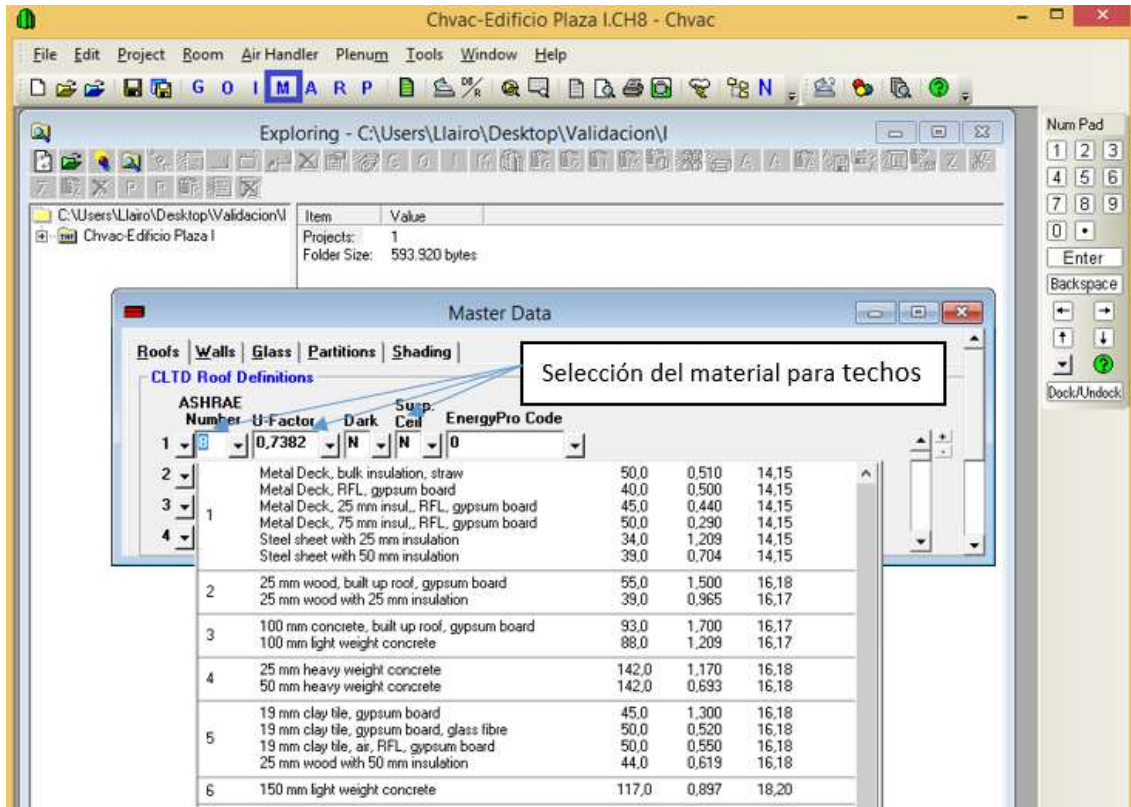
Factor de claridad

Rango de temperatura

Fuente: <http://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>

Anexo E. 7. Datos para materiales en techos

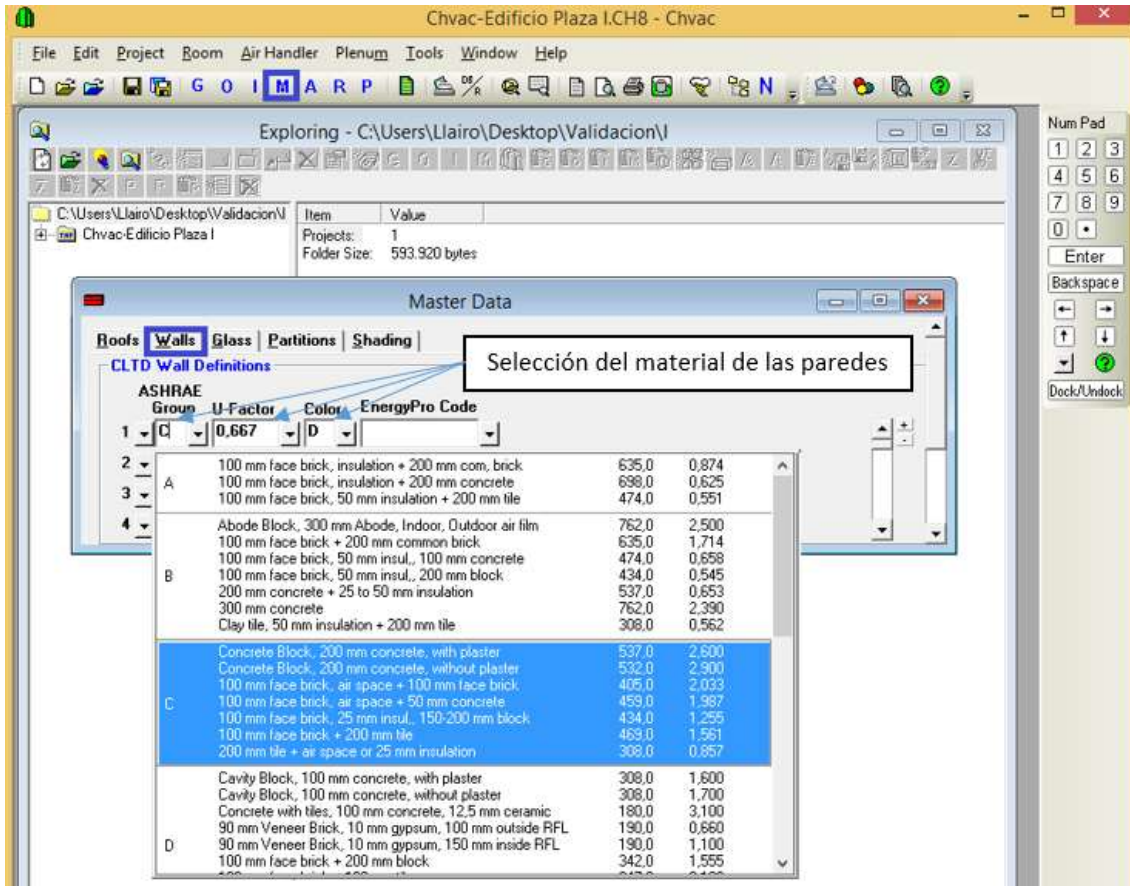
Esta ventana permite la selección del material más apropiado, acorde con la edificación.



Fuente: <http://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>

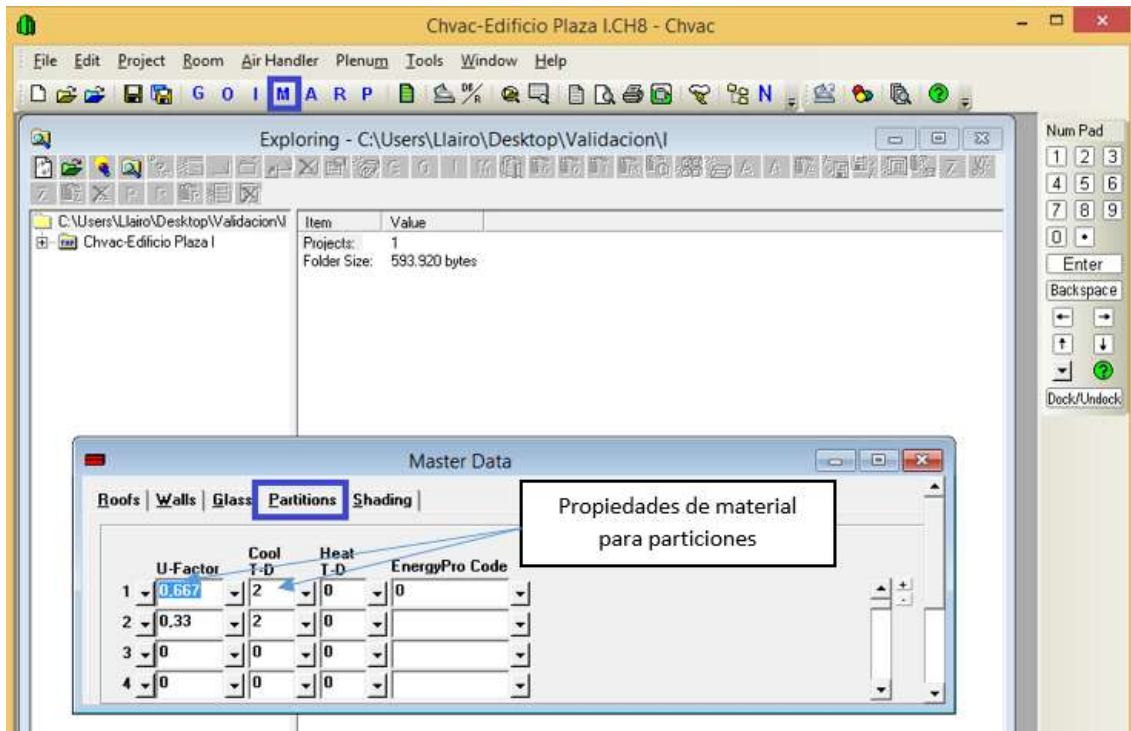
Anexo E. 8. Datos para materiales en paredes

Esta opción permite seleccionar el material más idóneo para las paredes



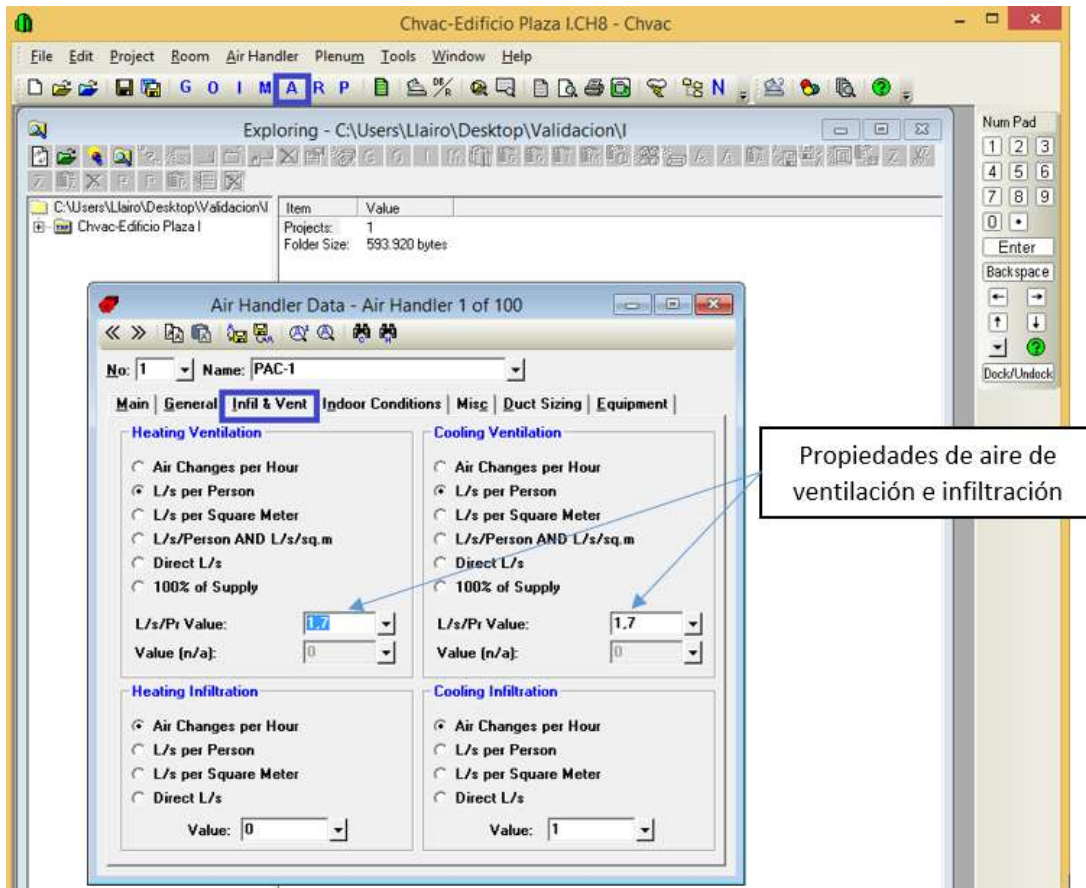
Fuente: <http://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>

Anexo E. 9. Material para particiones internas



Fuente: <http://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>

Anexo E. 10. Propiedades para el aire de ventilación e infiltración



Fuente: <http://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>

Anexo E. 11. Datos de áreas para techos, paredes y ventanas

The screenshot displays the 'Room Data - Room 1 of 8' window in the Chvac software. The main window title is 'Chvac-Edificio Plaza I.CH8 - Chvac'. The interface includes a menu bar (File, Edit, Project, Room, Air Handler, Plenum, Tools, Window, Help) and a toolbar with various icons. A file explorer window is open, showing the path 'C:\Users\Lairo\Desktop\Validation\'. The main data table is titled 'Room Data - Room 1 of 8' and contains the following data:

No.	Name	System	Zone	Length	Width	Ht.(0>1)	Type	Check Errors
1	Plaza -2000	1	0	810	0	10	No	

Below the main table, there are three sub-tables:

- Roof Type:**

Roof Type	Length	Width	G. Refl.	Slope	Direction
1	1	818	23	0	UP
2	0	0	0	0	UP
- Wall Type:**

Wall Type	Ht.(0>3)	Length	G. Refl.	Direction
1	1	142	20	S 180°
2	1	64	20	E 90°
3	1	106	20	N 0°
4	1	18	20	NW 315°
5	1	84	20	W 270°
6	1	18	20	SW 225°
7	2	141.93	0	P Part
- Glass Type:**

Glass Type	Shade	Atten.	Tilt	Width	Height	Ref.	Occ.
1	0	0	90	1	1	1	77
2	0	0	90	1	1	1	33
3	0	0	90	1	1	2	42
4	0	0	90	1	1	3	33
5	0	0	90	1	1	3	36
6	0	0	90	1	1	4	15
7	0	0	90	1	1	5	66
8	0	0	90	1	1	6	15

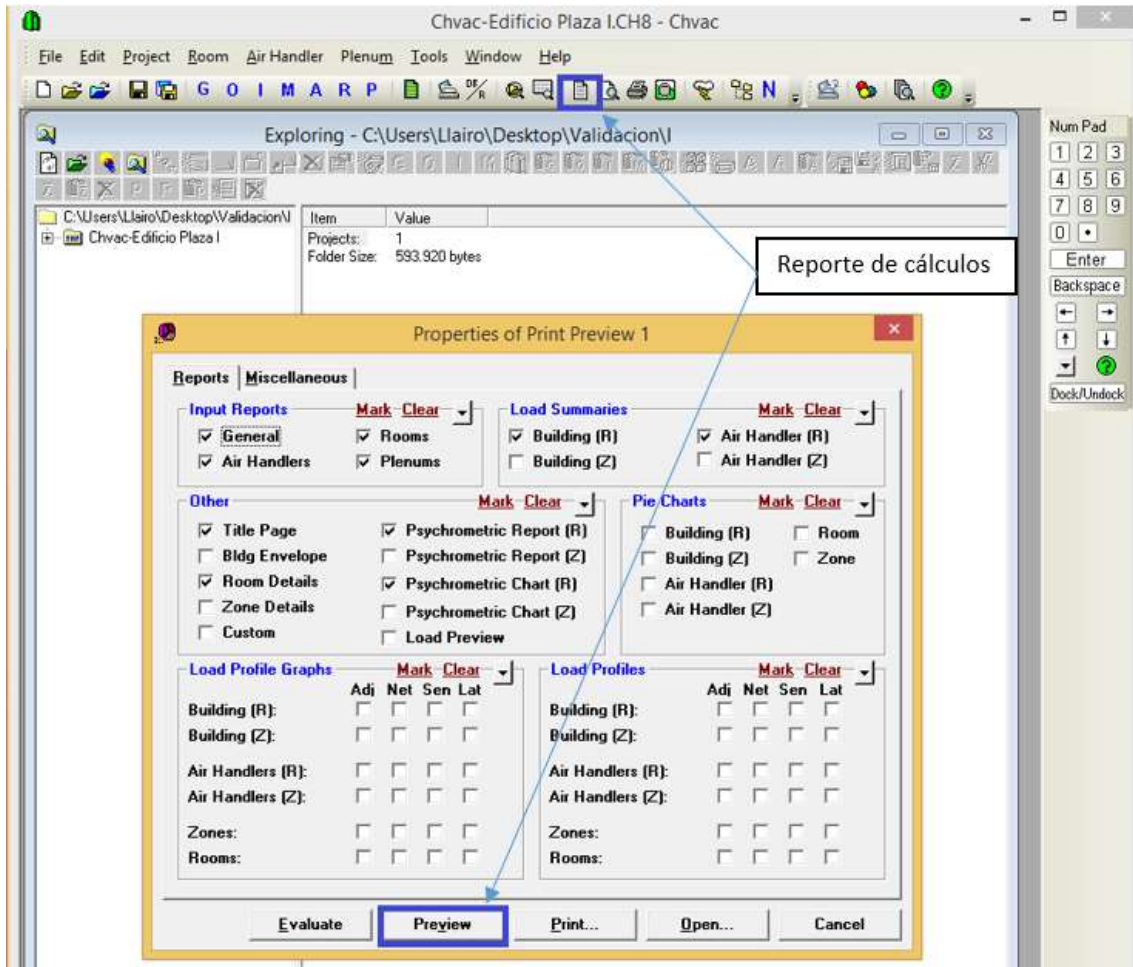
On the right side, there are control panels for 'Lighting & Equipment' and 'People':

- Lighting & Equipment:**
 - Lighting: 240 (0-9.720)
 - Pct. Rad.: 0 (0-0)
 - Sen. Equip.: 137 (0-0)
 - Pct. Rad.: 0 (0-0)
 - Lat. Equip.: 0
 - Lat. Pool: [0]
- People:**
 - Number: 120 (0-0)
 - Sensible: 70 (0-250)
 - Pct. Rad.: 60 (0-0)
 - Latent: 60 (0-200)
- Profiles:**
 - People: 1 (0-1)
 - Lighting: 2 (0-2)
 - Equipment: 3 (0-3)

Three callout boxes on the left side point to the 'Roof Type', 'Wall Type', and 'Glass Type' tables, labeled 'Área Techos', 'Área Paredes', and 'Área Vidrios' respectively. Two callout boxes on the right side point to the 'Lighting & Equipment' and 'People' panels, labeled 'Características Luces' and 'Características carga térmica personas' respectively.

Fuente: <http://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>

Anexo E. 12. Realizar reporte



Fuente: <http://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>

Anexo E. 13. Reporte de validación

*Edificio Plaza 2000
HVAC Load Analysis*

for





Building Summary Loads

Building peaks in May at 4pm.

Bldg Load Descriptions	Area Quan	Sen Loss	%Tot Loss	Lat Gain	Sen Gain	Net Gain	%Net Gain
Roof	2683.7	0	0,00	0	21.255	21.255	22,65
Wall	348.43	0	0,00	0	3.618	3.618	3,86
Glass	962.6	0	0,00	0	36.57	36.57	38,98
Floor Slab	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Skin Loads		0	0,00	0	61.443	61.443	52,71
Lighting	1.927	0	0,00	0	10.4	10.4	11,08
Equipment	952	0	0,00	0	14.5	14.5	15,45
Pool Latent	0	0	0,00	0	0	0	0,00
People	960	0	0,00	5.760	6.720	6.720	7,16
Partition	1.135	0	0,00	0	0.749	0.749	0,79
Cool. Pret.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Heat. Pret.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Cool. Vent.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Heat. Vent.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Cool. Infil.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Heat. Infil.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Draw-Thru Fan	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Blow-Thru Fan	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Reserve Cap.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Reheat Cap.	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Supply Duct	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Return Duct	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Misc. Supply	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Misc. Return	0	0	0,00	0	0	0	0,00
Building Totals		0	0,00	5.760	93.803	93.803	100,00

Building Summary	Sen Loss	%Tot Loss	Lat Gain	Sen Gain	Net Gain	%Net Gain
Ventilation	0	0,00	0	0	0	0,00
Infiltration	0	0,00	0	0	0	0,00
Pretreated Air	0	0,00	0	0	0	0,00
Room Loads	0	0,00	5.760	61.443	67.203	100,00
Plenum Loads	0	0,00	0	0	0	0,00
Fan/Duct/Misc Loads	0	0,00	0	0	0	0,00
Building Totals	0	0,00	5.760	61.443	67.203	100,00

Check Figures

Total Building Supply Air (based on a 15° TD):	34.068	L/s
Total Building Vent. Air (32,34% of Supply):	11.016	L/s
Total Conditioned Air Space:	6.480	Sq.m
Supply Air Per Unit Area:	5,2574	L/s/Sq.m
Area Per Cooling Capacity:	7,9531	Sq.m/kW
Cooling Capacity Per Area:	0,1257	kW/Sq.m
Heating Capacity Per Area:	0,00	Watts/Sq.m
Total Heating Required With Outside Air:	0,00	kW
Total Cooling With Outside Air:	814,78	kW
		231,68 Tons

Anexo F. 1. Formato de la Guía Metodológica

DATOS GENERALES						
SECCIÓN A	Nombre del Proyecto					
	Dirección					
	Responsable					
	Fecha	___/___/___	Hora de análisis			
	Piso		Horario de actividad	Inicio		
	Descripción del perfil ocupacional			Fin		
	Propiedades termodinámicas internas					
	T_{bs} (°C)		T_{bh} (°C)		RH (%)	
	Localización geográfica	Altitud (msnm)	Latitud		Longitud	
			___° ___' ___"		___° ___' ___"	

Esquema general

Observaciones generales:

- Hora de análisis: corresponde a la hora a la cual se efectuaron las mediciones
- Descripción del perfil ocupacional: esta referencia permite seleccionar el calor sensible y latente de una persona, que es contribuido por la gente a los espacios de la edificación, en las tablas de ASHRAE de 1989 y 1977, ofrece los perfiles sugeridos, así como los valores para un grupo mixto de ocupantes en diferentes actividades
- Piso: especificar el piso en el que se efectúa la toma de datos
- T_{bs} : Temperatura de bulbo seco, en el diseño del sistema de climatización, será la temperatura que se desea mantener para fines de enfriamiento durante el mes de diseño.
- T_{bh} : Temperatura de bulbo húmedo
- Rh (%): Humedad relativa

Propiedades termodinámicas externas

T_{bs} (°C)		T_{bh} (°C)		RH (%)	
---------------	--	---------------	--	--------	--

$T_{bsINAMHI}$ (°C)		RH_{INAMHI} (%)	
Anuario Meteorológico, temperaturas y humedades ambientales externas			
Mes	Temperatura del aire	Humedad Relativa (%)	
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			

- T_{bs} : Temperatura de bulbo seco externa registrada
- T_{bh} : temperatura de bulbo húmedo externa registra
- Rh (%): Humedad relativa
- $T_{bsINAMHI}$: Temperatura de bulbo seco exterior en verano, este valor representa la temperatura más alta en grados Celsius que usted espera que el sistema maneje. Así se podrá determinar la carga de refrigeración en el peor de los casos.
- RH_{INAMHI} (%): Humedad relativa exterior, este valor representa la humedad relativa más alta que espera tener de acuerdo al anuario meteorológico del INAMHI
- Los datos a tomarse del anuario meteorológico, son seleccionados en función provincia, altura, longitud, latitud, zona y estación meteorológica más cercana al área de diseño.

Ganancia de calor						
SECCIÓN B.1	Techos					
	Descripción	E	L	A	Área	Material

- Descripción: de acuerdo con los procedimientos de la ASHRAE, se debe seleccionar un número de techo (1-13). El número de techo se refiere a la capacidad del techo para almacenar y radiar calor, así el número 1 irradia su calor casi inmediatamente, mientras que el 13 almacena su calor durante varias horas antes de irradiarlo a la habitación.
- E: representa el espesor del techo en (m)
- L: representa la longitud del techo en (m)
- A: representa el ancho del techo en (m)
- Área: representa el área del techo en (m²)
- Material: Escribir las características del material dadas por el fabricante, si es posible describir el U (coeficiente de transferencia de calor), recuerde que el factor U se calcula tomado el recíproco de la suma de las resistencias térmicas de cada componente del techo, o puede ser seleccionado en base a su similitud de la construcción del techo en el manual de la ASHRAE (Anexo B.)

Ganancia de calor							
SECCIÓN B.2	Paredes						
	Descripción	O	E	Alto	Ancho	Área	Material
		S					
		SE					
		E					
		NE					
		N					
		NW					
		W					
		SW					

- Descripción: de acuerdo con la ASHRAE, se debe seleccionar un código de grupo de pared ASHRAE (A-G), que sea más parecido a la pared exterior real, que se está definiendo.
- O: representa la dirección de la pared, la cual debe estar acorde con la designación de las letras (S, SE, E, NE, N, NW, W, SW) que representan los puntos cardinales (sur, sur-este, este, nor-este, norte, nor-oeste, oeste, sur-oeste) respectivamente.
- E: representa el espesor de la pared en (m)
- Alto: representa la altura total de la pared en (m)
- Ancho: representa el ancho de la pared en (m)
- Área: es el área efectiva de la pared en (m²)
- Material: Escribir las características para el material dadas por el fabricante, si es posible describir el U (coeficiente de transferencia de calor), recuerde que el factor U se calcula tomando el recíproco de la suma de las resistencias térmicas de cada componente en la pared, o puede ser seleccionado en base a su similitud de la construcción de la pared en el manual de la ASHRAE (Anexo B)

Ganancia de calor									
SECCIÓN B.3	Ventanas								
	Descripción	O	E	Alto	Ancho	Área	#O	Material	
		S							
		SE							
		E							
		NE							
		N							
		NW							
		W							
		SW							

- Descripción: se debe describir las características del tipo de acristalamiento, estos datos se pueden obtener del fabricante del vidrio específico que se está usando en el edificio.
- O: representa la dirección de la ventana, la cual debe estar acorde con la designación de las letras (S, SE, E, NE, N, NW, W, SW) que representan los puntos cardinales (sur, sur-este, este, nor-este, norte, nor-oeste, oeste, sur-oeste) respectivamente.
- E: representa el espesor de la ventana en (m)
- Alto: representa la altura total de la ventana en (m)
- Ancho: representa el ancho de la ventana en (m)
- Área: es el área efectiva de la ventana en (m²)
- #O: representa la ocurrencia del acristalamiento en la envolvente del edificio.
- Material: Escribir las características para el material dadas por el fabricante, si es posible describir el U (coeficiente de transferencia de calor), recuerde que el factor U se calcula tomando en consideración el

bastidor que conforma la ventana, o puede ser seleccionado en base a su similitud de la construcción de la ventana en el manual de la ASHRAE (Anexo B)

Ganancia de calor

SECCIÓN B.4	Iluminación				
	Descripción	Potencia (w)	Ocurrencia	Perfil operativo	
				Inicio	Fin

- Descripción: se debe describir la característica de la lámpara, es decir si es fluorescente compacta, fluorescente de tubo cilíndrico, fluorescente circular, de vapor de mercurio, sodio de alta presión, etc.
- Potencia: representa la potencia consumida de la luminaria en (W)
- Ocurrencia: Es el factor de repetición de esa luminaria.
- Perfil Operativo: representa el tiempo de operación en el cual está encendida la luminaria, este valor se ingresa en horas.

Ganancia de calor

SECCIÓN B.5	Equipos y accesorios eléctricos				
	Descripción	Potencia (w)	Ocurrencia	Perfil operativo	
				Inicio	Fin

- Descripción: se debe describir la característica del equipo electrónico, es decir si es un monitor, impresora, copiadora, infocus, etc.
- Potencia: representa la potencia consumida del equipo o accesorio en (W).
- Ocurrencia: Es el factor de repetición de ese equipo o accesorio electrónico.
- Perfil Operativo: representa el tiempo de operación en el cual está encendido el equipo o accesorio electrónico, este valor se ingresa en horas.

Ganancia de calor

SECCIÓN B.6	Ocupantes					
	Descripción	#Oc.	Ganancia sensible	Ganancia latente	Perfil operativo	
					Inicio	Fin

- Descripción: esta referencia permite describir la actividad física que realiza la persona, pueden ser: trabajo ligero, trabajo normal, trabajo pesado, etc.

- Ganancia de calor sensible y latente: esta referencia permite seleccionar el calor sensible y latente de una persona, que es contribuido por la gente a los espacios de la edificación, en las tablas de ASHRAE de 1989 y 1977, ofrece los perfiles sugeridos, así como los valores para un grupo mixto de ocupantes en diferentes actividades, (este valor puede estar en (W o Btu/hr)

Datos de los equipos

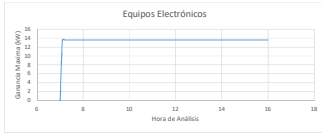
SECCIÓN C	Datos equipo de aire acondicionado				
	Tipo		Fabricante		Carga Refrigerante
	Número de equipos		Tipo de refrigerante		
	Datos del Transformador				
	Tipo		Número de Fases		Voltaje
	Amperaje		Frecuencia		Carga máxima

Rango de carga térmica y eléctrica

SECCIÓN C.1	Eléctrica	Min		Máx.	
	Térmica	Min		Máx.	

**Anexo G. 2. Capturas de pantalla de la hoja de cálculo
utilizada para el desarrollo de resultados.**

EQUIPOS Y ACCESORIOS ELECTRONICOS



P	#	P _h	7	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8	8.1	16
0.2	100	0.8	0	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6

OCCUPANTES



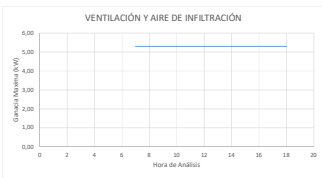
Gaina de calor sensible	Q _{sp}	# de personas	Q _{o-a} = # de personas * Q _{sp} * CLF _{p-a}												
	250	120	7	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8	8.1	16
			0.79	0.88	1.06	1.14	1.32	1.58	1.85	2.00	2.64	3.34	7.39	7.21	7.21
Gaina de calor latente	Q _{lp}	# de personas	Q _{o-a} = # de personas * Q _{lp}												
	200	120	7.034												
Σ			0.00	14.24	14.24	14.24	14.24	14.24	14.24	14.24	14.24	14.24	14.24	14.24	14.24

PARTICIONES INTERNAS, CIELOS RASOS



A				Tipo de construcción	U	ΔT _o la carga de las particiones		Q _i = U * A * ΔT
Alto	Ancho	m ²	#x2			T _i	T _e	
		818	2889.73	C7	0.27	77	28	82.4
		141.93	465.65		0.33	77	28	82.4
Σ								
					7	8	9	10
					0.00	1.39	1.39	1.39
						11	12	13
						1.39	1.39	1.39
						14	15	16
						1.39	1.39	1.39
						17	18	
						1.39	1.39	

VENTILACIÓN Y AIRE DE INFILTRACIÓN



Análisis con cartas Psicrométricas										
	Categoría	V(l*s/persona)	# Renovaciones/hora	# de personas	Q	h _o	h _i	h _o	h _i	
Q _i	1.2	Areas de oficina	1.7	0,0017	1	120	0,204	43,3	100,7158	34
Q _i = 1.2 * Q * (h _o - h _i)										
5,30										
42,364										
Análisis con la hora de calculo de Excel										
	Categoría	V(l*s/persona)	# Renovaciones/hora	# de personas	Q	h _o	h _i	h _o	h _i	
Q _i	1.2	Areas de oficina	1.7	0,0017	1	120	0,204	43,3	100,7158	34
Q _i = 1.2 * Q * (h _o - h _i)										
5,30										
42,364										
Σ										
					7	8	9	10	11	
					5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	
						12	13	14	15	
					5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	
						16	17	18		
					5,30	5,30				

PROYECTO: ESTUDIO DE CLIMATIZACIÓN

Tabla de datos de proyecto: LOCAL, ZONA, etc.

Fecha de Emisión:

Tabla de datos de fecha de emisión: Mes, Año.

Propiedades Termofísicas Internas y Externas: Tabla con columnas para temperatura, humedad, etc.

Análisis Meteorológico: temperatura, humedad, ambiente, etc.

Tabla de datos meteorológicos: Mes, Temperatura, Humedad, etc.

Tabla de datos climáticos: Enero, Febrero, Marzo, etc.

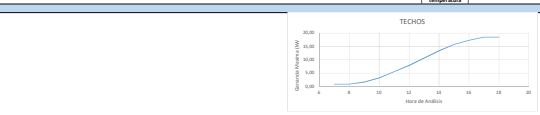
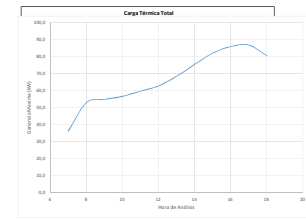
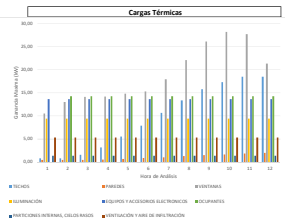


Tabla de datos para techos: Tipo de construcción, Orientación, etc.



Tabla de datos para paredes: Tipo de construcción, Orientación, etc.



Tabla de datos para ventanas (conducción): Tipo de construcción, Orientación, etc.



Tabla de datos para ventanas (radiación): Tipo de construcción, Orientación, etc.



Tabla de datos para iluminación: Tipo de luminaria, etc.

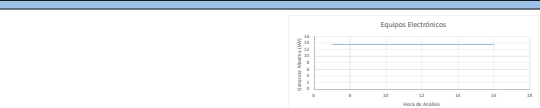


Tabla de datos para equipos electrónicos: Tipo de equipo, etc.

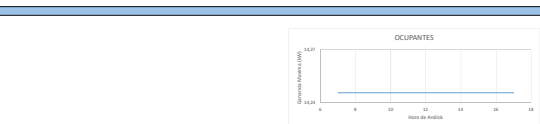


Tabla de datos para ocupantes: Ganancia de calor sensible, Ganancia de calor latente, etc.

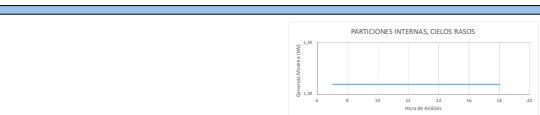


Tabla de datos para particiones y techos: Tipo de construcción, etc.



Tabla de datos para ventilación: Análisis con cartas psicrométricas, etc.

