UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
Universidad Nacional de Loja

TÍTULO:

"DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA EL CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS PARA AIRE ACONDICIONADO"

Tesis de grado previo a optar por el título de ingeniero electromecánico

Autor:

- Kliover Omar Toledo Granda.

Director:

- Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera

Loja – Ecuador

-2015-

CERTIFICACIÓN

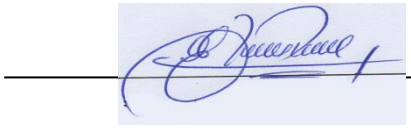
Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **"desarrollo de una aplicación para el cálculo de cargas térmicas para aire acondicionado"**, previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por los señor egresado: **Kliover Omar Toledo Granda**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja 13 de Julio del 2015



Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Kliover Omar Toledo Granda, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y examino a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma

Autorizamos al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables y por ende a la carrera de Ingeniería Electromecánica, hacer uso del presente documento en lo conveniente.

Autor: Kliover Omar Toledo Granda

Firma: ----------

Cedula: 110453439-9

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo Kliover Omar Toledo Granda **declaro ser autor de la tesis titulada:** ***"desarrollo de una aplicación para el cálculo de cargas térmicas para aire acondicionado"*** como requisito para optar el grado de **Ingeniero Electromecánico*;*** autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDL, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 10 días del mes de julio del dos mil quince.

Firma:.....

Autor: Kliover Omar Toledo Granda

Cedula: 110453439-9 Correo Electrónico: k-i-la@hotmail.es

Director de tesis: Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera

Tribunal de grado: Ing. Milton Amable León Tapia, Mg. Sc.

Ing. José Benavides Maldonado, Mg. Sc.

Ing. Jorge E. Carrión González, Mg. Sc.

PENSAMIENTO

"Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber"

Albert Einstein

"La cultura se adquiere leyendo libros; pero el conocimiento del mundo, que es mucho más necesario, sólo se alcanza leyendo a los hombres y estudiando las diversas ediciones que de ellos existen"

Lord Chesterfield

"Dime y lo olvido, enséñame y lo recuerdo, involúcrame y lo aprendo"

Benjamin Franklin

"El amor es eso que te ase despertar cada día te da aliento, esperanzas y fuerzas para afrontar todos los obstáculos que se te presenten en la vida...
Y al final agradecerás a dios por ese amor que te acompaño cuando más lo necesitaste"

Jhean Paull Andrés De la hoz Rodríguez

"Lo poco que he aprendido carece de valor, comparado con lo que ignoro y no desespero en aprender."

René Descartes

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios en primer lugar por haberme brindado la salud y las fuerzas necesarias para poder culminar otra etapa más de mis estudios.

A mis padres, Francisco Bolívar Toledo Ochoa y Elvia Narcisa Granda Granda, mis hermanos, que ha sido el pilar fundamental para seguir adelante en busca de nuevos logros y éxitos, a todos ellos les dedico este trabajo ya que continuamente me apoyaron tanto económicamente como también con sus consejos diarios.

A todos ellos les dedico este logro muy trascendental en mi vida.

Kliover Omar Toledo Granda

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme llegar hasta este punto, brindarme salud, sabiduría y amor para lograr las metas que me he propuesto.

A mis padres, hermanos, docentes y amigos, que me ayudaron en el transcurso de mis estudios a superar cada uno de los retos que se me presentan como estudiantes.

Mi infinito agradecimiento al Área de La Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables en la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de formarme a nivel personal y profesional en sus aulas

Así como también mi sincero agradecimiento al Ing. Edwin Bladimir Paccha Herrera por su valioso aporte como Director de mi Tesis.

Kliover Omar Toledo Granda

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN I

DECLARACIÓN DE AUTORÍA II

CARTA DE AUTORIZACIÓN III

PENSAMIENTO IV

DEDICATORIA V

AGRADECIMIENTO VI

TABLA DE CONTENIDOS VII

ÍNDICE DE TABLAS XI

ÍNDICE DE FIGURAS XII

SIMBOLOGÍA XV

FACTORES DE CONVERSIÓN XVI

a.- TITULO 1

b. 1.- RESUMEN 2

b. 1.1.-SUMARY 3

c. 2.- INTRODUCCIÓN 4

d. 3.- REVISIÓN DE LITERATURA 5

d. 3.1.-CAPITULI 1 5

d. 3.1.1.- CONCEPTOS FUNDAMENTALES 5

d. 3.1.1.1.-Características térmicas básicas de los materiales 5

d. 3.1.1.2.-Densidad 5

d. 3.1.1.3.-Conductividad y resistividad 5

d. 3.1.1.4.-Conductancia y resistencia 6

d. 3.1.1.5.-Calor específico 7

d. 3.1.1.6.-Calor específico volumétrico 7

d. 3.1.1.7.-Capacidad térmica 8

d. 3.1.2.-PROPIEDADES DEL AIRE 10

d. 3.1.2.1.-Temperatura de bulbo seco (BS) 10

d. 3.1.2.2.-Temperatura de bulbo húmedo (BH) 10

d. 3.1.2.3.-Temperatura de punto de rocío (PR) 10

d. 3.1.2.4.-Relación de humedad (W) 10

d. 3.1.2.5.-Humedad relativa (HR) 10

d. 3.1.2.6.-Volumen específico (v) 10
d. 3.1.2.7.-Entalpía específica (h) 10
d. 3.1.3.-CONCEPTO DE CARGA TÉRMICA 11
d. 3.1.4.-RADIACIÓN SOLAR 12
d. 3.1.5.-CONDICIONES DE BIENESTAR 12
d. 3.1.5.1.-Calor generado por el cuerpo humano 14
d. 3.1.5.2.-Temperatura efectiva 16
d. 3.1.6.-NECESIDAD DE VENTILAR UN LOCAL 17
d. 3.1.7.-CARGAS DE ENFRIAMIENTO 19
d. 3.1.8.-EL EFECTO DE ALMACENAMIENTO DE CALOR 19
d. 3.1.9.-ESTUDIO DEL LOCAL- CARACTERISTICAS DEL LOCAL Y FUENTES DE CARGA TÉRMICA .. 20
d. 3.1.10.-ESTIMACIÓN DE LA CARGA DE ACONDICIONAMIENTO DEL RECINTO 21
d. 3.1.11.-MEDICIÓN DEL CALOR: 23
d. 3.1.11.1.-Calor latente.- 23
d. 3.1.11.2.-Calor sensible.- 23
d. 3.1.12.-MÉTODOS DE TRANSMISIÓN DE CALOR 23
d. 3.1.12.1.-Conducción 24
3.1.12.2.-Convección 24
d. 3.1.12.3.-Radiación 24
d. 3.1.12.4.-Condensación.- 25
d. 3.1.12.5.-Evaporación.- 25
d. 3.2.- CAPÍTULO 2 26
d. 3.2.1.-MÉTODOS DE CÁLCULO: 26
d. 3.2.1.1.-Balance Térmico: 26
d. 3.2.1.2.-Funciones de Transferencia: 32
d. 3.2.1.3.-ASHRAE CLTD/CLF: 33
d. 3.2.1.4.-E20 CARRIER: Recoge casos típicos de las funciones de transferencia en tablas de: 34
d. 3.2.1.5.-Cargas Instantáneas: 34
d. 3.3.-CAPÍTULO 3 35
d. 3.3.1.- CONDICIONES DEL PROYECTO 35
d. 3.3.2.- TEMPERATURAS EXTERIORES DE DISEÑO. 35

d. 3.3.2.1.- Temperatura de cálculo exterior, para refrigeración. 35
d. 3.3.3.- CONDICIONES EXTERIORES 36
d. 3.3.3.1.- Condiciones interiores de proyecto para confort 36
d. 3.4.-CAPÍTULO 4 38
d. 3.4.1.- ESTIMACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA 38
d. 3.4.1.1.- Análisis del local y estimación de la carga 38
d. 3.4.2.- ESTUDIO DEL LOCAL CARACTERÍSTICAS DEL LOCAL Y FUENTES DE CARGAS TÉRMICAS 38
d. 3.4.2.1.- Orientación del edificio 38
d. 3.4.3.- ESTIMACIÓN DE LA CARGA DEL ACONDICIONAMIENTO DE AIRE 40
d. 3.4.3.1.- CARGAS EXTERIORES 41
d. 3.4.3.2.- CARGAS INTERNAS 44
e. 4.- MATERIALES Y MÉTODOS 47
e. 4.1 Materiales 47
e. 4.2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO 47
e. 4.2.1.- FORMULACIÓN 47
e. 4.2.1.1.- Parámetros a considerar en el cálculo de la carga de acondicionamiento de aire en un local 47
e. 4.2.1.2.-FACTORES DE CARGA EXTERNOS 48
e. 4.2.1.3.-CARGAS INTERNAS 52
e. 4.2.2.- PROCESO 57
e. 4.2.2.1.-RESISTENCIA TÉRMICA EN PARED 57
e. 4.2.2.2.-RESISTENCIA TERMICA EN TECHO 63
e. 4.2.2.3.-RESISTENCIA TÉRMICA EN VIDRIO 68
e. 4.2.2.4.-ALUMBRADO 70
e. 4.2.2.5.-PERSONAS 71
e. 4.2.2.6.-APARATOS ELÉCTRICOS 71
e. 4.2.2.7.-VENTILACIÓN 72
e. 4.2.2.8.-INFILTRACION DE AIRE 73
e. 4.2.3.- PROGRAMACIÓN 74
e. 4.2.3.1.-MACROS EXCEL 74
e. 4.2.3.2.-El Editor de Visual Basic 75
e. 4.2.3.3.-Variables en VBA 77

e. 4.2.3.4.-Ventana de Proyectos 78
e. 4.2.3.5.- CREAR FORMULARIO 80
f. 5.- RESULTADOS 89
f. 5.1.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA 89
f. 5.1.1.1.- INTRODUCCIÓN 89
f. 5.1.1.2.- GENERALIDADES 89
f. 5.1.2.- INGRESO AL PROGRAMA. 90
f. 5.1.3.- COMO PRINCIPIAR EL CÁLCULO 91
f. 5.1.4.- ELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DEL LOCAL Y CONDICIONES DE TEMPERATURA EXTERIOR Y TEMPERATURA INTERIOR DE DISEÑO. 92
f. 5.1.5.- CÁLCULO DE LA CARGA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE 94
f. 5.1.6.- CARGAS EXTERNAS EN PAREDES TECHOS Y VIDRIOS 95
f. 5.1.7.- GANANCIA CALORÍFICA POR CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE PAREDES 95
f. 5.1.8.- GANANCIA CALORÍFICA POR CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE TECHOS 95
f. 5.1.9.- GANANCIA CALORÍFICA POR CONDUCCIÓN Y RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VENTANAS. 96
f. 5.1.10.- GANANCIA CALORÍFICA POR SISTEMA DE ALUMBRADO 97
f. 5.1.11.- GANANCIA CALORÍFICA POR PERSONAS 97
f. 5.1.12.- GANANCIA CALORÍFICA POR APARATOS Y EQUIPOS 98
f. 5.1.13.- GANANCIA CALORÍFICA POR INFILTRACIÓN Y VENTILACIÓN 98
f. 5.1.14.- REPORTE 99
f. 5.2.- VALIDACIÓN DEL SISTEMA 99
f. 5.2.1.1.- EJEMPLO DE APLICACIÓN 99
g. 6.- DISCUSIÓN 117
h. 7.-CONCLUSIONES 118
i. 8.- RECOMENDACIONES 119
J. 9.- BIBLIOGRAFÍA 120
k. 10. ANEXOS 122
k. Anexo 01 Tablas 122
k. Anexo 02 Figuras 148
k. Anexo 03 Códigos de la programación 150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características térmicas básicas de algunos materiales constructivos 9
Tabla 2: Calor producido por el cuerpo humano 15
Tabla 3: Nivel de percentil (%) 36
Tabla 4: Condiciones de proyecto recomendadas para ambientes interiores 37
Tabla 5: Tasa máxima recomendada de infiltración para diseños a través de ventanas y puertas exteriores 57
Tabla 6: Coeficientes de transmisión de calor de diseño para paredes de ladrillo. 58
Tabla 7: Coeficientes de transmisión de calor de diseño para paredes de bloque. 59
Tabla 8: Coeficientes de transmisión de calor de diseño para paredes de adobe. 61
Tabla 9: Descripción de grupos de construcción de pared 62
Tabla 10: Corrección del CLTD por latitud y mes, para aplicación a pared y techos. 62
Tabla 11: Coeficientes de transmisión de calor de diseño losas sin techo suspendido. 63
Tabla 12: Coeficientes de transmisión de calor de diseño con techo suspendido. 65
Tabla 13: Coeficientes de transmisión de calor de diseño techumbres. 66
Tabla 14: Coeficientes de transmisión de calor de diseño para vidrio. 68
Tabla 15: Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento CLTD para el cálculo en vidrio 69
Tabla 16: Coeficiente de sombreado para vidrio con o sin sombra interior por persianas 69
Tabla 17: Radiación solar a través de vidrios factor de ganancia máxima de calor solar para vidrio 69
Tabla 18: Factor de cargas de enfriamiento para vidrio sin sombreado interior (incluye vidrio reflector y absorbentes de calor) 70
Tabla 19: Factor especial de fluorescencia apropiada 70
Tabla 20: Tasas de ganancia de calor debido a los ocupantes del recinto acondicionado. 71
Tabla 21: Factor de calor sensible para cargas de enfriamiento debido a personas 71
Tabla 22: Ganancia de calor debido a aparatos domésticos 71
Tabla 23: Factor de calor sensible para cargas de enfriamiento debido a aparatos eléctricos. 72
Tabla 24: Factor de carga de enfriamiento por persona 72
Tabla 25: Coeficiente de fuga perímetro 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Temperatura Uniforme 11
Figura 2: Equipo de aire acondicionado 11
Figura 3: Zona de Confort de Temperatura y Humedad de Aire en Interiores. 14
Figura 4: Ábaco para obtener la temperatura efectiva. 16
Figura 5: Efecto del Almacenamiento de Calor 20
Figura 6: Componentes de la Ganancia de Calor del Recinto. 22
Figura 7: Carga de Calor Solar de Una Residencia. 25
Figura 8: Métodos de Cálculo. 26
Figura 9: Temperatura Máxima Externa del Lugar. 36
Figura 10: Entradas de Calor. 41
Figura 11: Radiación solar a través del cristal 41
Figura 12: Incidencia solar en techos y paredes. 42
Figura 13: Pared compuesta. 57
Figura 14: Componentes de la pared de ladrillo. 58
Figura 15: Componentes de la pared de bloque. 60
Figura 16: Componentes de la pared de adobe. 61
Figura 17: Corte de una losa. 63
Figura 18: Techos de teja, zinc sin cielorraso. 66
Figura 19: Teja ordinario con techo suspendido 67
Figura 20: Carga de velocidad vs velocidad del viento. 73
Figura 21: Tipo de características de infiltración en puertas y ventana residenciales. 74
Figura 22: Editor de macros 75
Figura 23: Pantalla del visual basic 75
Figura 24: Ingreso al explorador de proyectos 76
Figura 25: Ventana de VBA 78
Figura 26: UserFrom 79
Figura 27: Cuadro de herramientas 79
Figura 28: propiedades de los UserFrom 80
Figura 29: Formulario de VBA 80
Figura 30: programación de los controles CommadButton 81

Figura 31: ComboBox y TextBox 82
Figura 32: Búsqueda del listado 82
Figura 33: Programación del ComboBox 83
Figura 34: Programación para evitar ComboBox vacíos 83
Figura 35: Programación para limpia las casillas del UserFrom 84
Figura 36: Programación que impide cerrar el UserFrom 84
Figura 37: Programación que evita los ComboBox, TextBox vacíos 85
Figura 38: Programación de ingreso de nueva información 86
Figura 39: Programación para modificar la información 86
Figura 40: Programación de verificación de los datos 87
Figura 41: Ingreso al sistema 90
Figura 42: Comandos habilitados 90
Figura 43: Ingreso de nuevo usuario y eliminar usuario 91
Figura 44: Comandos deshabilitados 91
Figura 45: Ingreso de un nuevo calculo 91
Figura 46: Selección de provincia 92
Figura 47: Ingreso de nuevo datos de localización 92
Figura 48: Modificación de datos de las condiciones exteriores 93
Figura 49: Ingreso de la temperatura interior 93
Figura 50: Ingreso de nuevos datos de temperatura interior 93
Figura 51: Modificación de los datos de la temperatura interior 94
Figura 52: Comandos de cargas exteriores 95
Figura 53: Comandos de tipos de pared 95
Figura 54: Comando para los tipos de techo 96
Figura 55: Comandos para los tipos de ventanas 96
Figura 56: Comandos de las cargas internas 97
Figura 57: Comandos de cálculo para la iluminación 97
Figura 58: Comandos de cálculo para las personas 98
Figura 59: Visualización de los datos obtenidos por las personas 98
Figura 60: Comandos de cálculo de ventilación e infiltración 99
Figura 61: Comandos de los reportes de las cargas térmicas 99

Figura 62: Valores de la ganancia calorífica pared con orientación norte 103
Figura 63: Valores de la ganancia calorífica pared con orientación sur 104
Figura 64: Valores obtenidos ganancia calorífica de la losa 105
Figura 65: Valores obtenidos de la ganancia calorífica de la ventana por conducción 107
Figura 66: Valores obtenidos de la ganancia calorífica de la ventana por radiación 108
Figura 67: Valores obtenidos de la ganancia calorífica de las personas 109
Figura 68: Valores obtenidos de la ganancia calorífica de las computadoras 110
Figura 69: Valores obtenidos de la ganancia calorífica de la cafetera 111
Figura 70: Valores obtenidos de la ganancia por infiltración 112
Figura 71: Valores obtenidos de la ganancia calorífica de infiltración en ventanas 113
Figura 72: Valores obtenidos de la ganancia calorífica de infiltración en puertas 114
Figura 73: Resumen de la carga térmica de la oficina en BTU/hr 115
Figura 74: Resumen de la carga térmica de la oficina en Watt 116
Figura 2A: Carta psicrométrica 149

SIMBOLOGÍA

m^3= metro cubico

hr= horas

kg= kilogramo

lb= libra

gr= gramos

BTU= british termal united

kcal= kilocalorías

W= watts

°C= grados Celsius

°F = grados farenghit

R= Resistencia térmica

ft= pies

J= Joule

BS= temperatura de bulbo seco

BH= temperatura de bulbo húmedo

PR= temperatura de punto de rocío

ΔW= diferencia de humedad relativa en lb de vapor de agua por lb de aire seco.

HR= humedad relativa

V= volumen específico

h= Entalpía específica

ASHRAE= (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers)

CLTD = la diferencia de temperatura de la carga de refrigeración

SCFM= calor Q de ventilación e infiltración en CFM

CFM=factor de carga de enfriamiento

TMF= Función de Transferencia

Q= tasa de transferencia de calor,

R_T= suma de resistencias térmicas individual

U= coeficiente de transmisión,

A= área de la pared de la sección transversal

LM= corrección de latitud y mes

T_R=temperatura interior de diseño

T_o= temperatura exterior de diseño

K= factor de ajuste de calor

f= factor para ventiladores de áticos o ductos arriba de cielos rasos.

SC= coeficientes de sombreado para combinación de tipo de vidrio y el tipo de sombreado

SHGF= máximo ganancia de calor por especificaciones de orientación de superficie.

F_s= factor especial de fluorescencia apropiada

C_S = Coeficiente calor sensible

$\boldsymbol{N_{persona}}$= número de personas

FACTORES DE CONVERSIÓN

Longitud

1m= 3.281ft

1m=39.370in

Área

$1m^2=1.550\times10^3\ in^2$

$1m^2=10{,}763\times10^3 ft^2$

Volumen

$1m^3=6.102\times 10^4\ in^3$

$1m^3=35.32\ ft^3$

$1m^3=2.642\times 10^2$ U.S·gal

Masa

1kg=2.205lbm

Fuerza

1N=2.205lbf

Energía

$1J=9.478\times 10^{-4}$ BTU

$1J=7.376\times 10^{-1}$ ft·lbf

$1kW\cdot hr=3.4132\times 10^3$ BTU

$1kW\cdot hr=2.655\times 10^6$ ft·lbf

Poder

1W=3.412 BTU/hr

$1W=1.341\times 10^{-3}$hp

$1W=2.844\times 10^{-4}$ ton de refrigeración

Conductiva térmica

$1\frac{W}{m\cdot C}=5.778\times 10^{-1}\frac{BTU}{hr\cdot ft\cdot F}$

$1\frac{W}{m\cdot C}=6.934\frac{BTU\cdot in}{hr\cdot ft^2\cdot F}$

Coeficiente de transferencia de calor

$1\frac{W}{m^2\cdot C}=1.761\times 10^{-1}\frac{BTU}{hr\cdot ft^2\cdot F}$

a.- TITULO

"Desarrollo de una aplicación para el cálculo de cargas térmicas para aire acondicionado"

b. 1.- RESUMEN

Este proyecto permite el cálculo de cargas térmicas mediante un programa que se lo realizó en macros VBA (Visual Basic for Applications), el cual es un lenguaje de programación que se utiliza para la creación de las macros Excel. Este programa VBA permite el cálculo de la carga térmica de un espacio, siguiendo el Método ASHRAE CLTD/CLF (Cálculo de Cargas por Temperatura Diferencial y Factores de Carga de Enfriamiento). Con las condiciones climatológicas de las provincia de Loja, Guayas, Imbabura, Pichincha, Esmeraldas, Manabí, Napo, El Oro, Cañar, Tungurahua.

La herramienta realizada permite un alto grado de exactitud y cuenta con todos los datos necesarios para el cálculo de las cargas térmicas exteriores de paredes, techos, vidrios y las cargas térmicas internas alumbrado, personas, equipos, infiltración y ventilación. Las partes de las que consta este trabajo son las suficientes parar poder realizar cálculos de cargas térmicas para edificios, pudiendo modelar desde la ubicación y orientación del edificio, y todas las variables existentes en uno de estos cálculos. Con el presente programa se logró agilizar los cálculos para sistemas de aire acondicionado y por ende seleccionar equipo a instalar.

b. 1.1.-SUMARY

This project allows the calculation of thermic loads during a program that took place in macros VBA, (visual Basic for Application), which is the language of programming that is used for the creation of the macros Excel. This program VBA allows the calculation of thermic loads of a space, following the ASHRAE method CLTD/CLF (Cooling Load Temperature Difference and Cooling Load Factor). With the climate conditions of Loja province, Guayas, Imbabura, Pichincha, Esmeraldas, Manabí, Napo, El Oro, Cañar, Tungurahua.

The tool used allows a high grade of precision and features with all necessary data for calculating thermic loads of exterior walls, roofs, glass and thermic loads of internal lighting, people, equipment infiltration and ventilation. The parts of which this work consists are sufficient. To be able to perform calculations of thermic loads for buildings and all existing variables in one of these calculations. With the present program was achieved to expedite the calculation for system of air conditioned and hence select equipment to be installed.

c. 2.- INTRODUCCIÓN

La función principal del acondicionamiento de aire es mantener, dentro de un espacio determinado, condiciones de confort y sanitarias (conservación de la salud y prevención de enfermedades), o bien las necesarias para la conservación de un producto o para un proceso de fabricación. Para conseguirlo debe instalarse un equipo acondicionador de capacidad adecuada y mantener su control durante todo el año. La potencia del equipo se determina de acuerdo con las exigencias instantáneas de la máxima carga real o efectiva; el tipo de control a utilizar dependerá de las condiciones que deben mantenerse durante las cargas máxima y parcial. Generalmente, es imposible medir las cargas reales máxima o parcial en un espacio dado, por lo que es preciso hacer un cálculo estimativo de dichas cargas.

La aplicación de un sistema de aire acondicionado se ha hecho indispensable en todo edificio moderno, porque el aire acondicionado no es un lujo como muchas veces se considera, sino una necesidad, ya que está destinado no solo para el confort de los ocupantes sino básicamente para preservar la salud humana y como un requisito para procesos además del óptimo funcionamiento de dispositivos.

Una de las primeras etapas en el diseño de una instalación de aire acondicionado es el cálculo de cargas térmicas del edificio, lo que permite el dimensionado de las máquinas generadoras de calor y frío, las unidades de tratamiento de aire y las unidades terminales.

Dada la importancia que presenta esta etapa en la calidad energética del edificio, es necesario elegir un buen método de cálculo. En este trabajo se exponen las características fundamentales de la herramienta computacional con el objetivo de agilizar los cálculos de acondicionamiento de aire. Este sistema permite el cálculo de la carga térmica de un espacio para las opciones de climatización siguiendo el Método ASHRAE CLTD/CLF (Cálculo de Cargas por Temperatura Diferencial y Factores de Carga de Enfriamiento), en las condiciones climatológicas de las provincia de Loja, Guayas, Imbabura, Pichincha, Esmeraldas, Manabí, Napo, El Oro, Cañar, Tungurahua, del Ecuador.

d. 3.- REVISIÓN DE LITERATURA

d. 3.1.-CAPITULI 1

d. 3.1.1.- CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Para la aplicación del acondicionamiento de aire, el ingeniero aplica una técnica para satisfacer las necesidades de un espacio determinado, proporcionando con ellos condiciones de temperatura y humedad que produzcan una sensación de confort, así mismo para el proceso del cálculo y proyecto se emplean con mucha frecuencia, conceptos y términos que se analizaran a continuación.

Antes de estudiar el acondicionamiento, es necesario conocer sus características y propiedades.

d. 3.1.1.1.-Características térmicas básicas de los materiales

En este tópico se describen las principales características térmicas de los materiales, haciendo énfasis en aquellos que se emplean de manera regular en la construcción. Al final podrás encontrar una tabla con algunos valores relacionados con estos parámetros.

d. 3.1.1.2.-Densidad

Si bien la **densidad** no es una propiedad térmica en sí misma, se trata de una característica que afecta de manera significativa el desempeño térmico de los materiales. La densidad, o **masa específica** de un material, es el cociente que resulta de dividir la cantidad de **masa** (kg) de dicho material por su **volumen unitario** (m^3). Así, la densidad que caracteriza al material se mide en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3).

Los materiales empleados en la edificación presentan un amplio rango de densidades. Algunos productos aislantes apenas alcanzan una densidad de 10 kg/m^3, mientras que los más pesados, como el cobre, alcanzan densidades cercanas a los 8,900 kg/m^3.

d. 3.1.1.3.-Conductividad y resistividad

La **conductividad** (k) y la **resistividad** son propiedades simples de los materiales. La conductividad se refiere a la capacidad de un material para conducir calor a través de su estructura interna y se expresa en Watts por metro grado Celsius (W/m·°C). Otra unidad, aunque de uso cada vez menos frecuente, es la kilocaloría por hora metro grado Celsius (kcal/m·hr·°C). La equivalencia entre ambas unidades es:

1 kcal/m·hr·°C = 1.163 W/m·°C

En algunos estudios la conductividad térmica se describe como el flujo de calor que, en **régimen estacionario**, atraviesa un material de caras plano-paralelas y de espesor unitario, durante una unidad de tiempo, cuando la diferencia de temperatura entre sus caras es de una unidad.

La resistividad, por otro lado, es el inverso de la conductividad (1/k) y por lo tanto representa la capacidad del material para resistir el flujo de calor. Se expresa en metro grado Celsius por Watt (m·°C/W).

Por ejemplo, el acero es un material de elevada conductividad (50 W/m·°C) y baja resistividad (0.02 m·°C/W), mientras que el poliestireno expandido tiene una conductividad muy baja (0.03 W/m·°C) y una resistividad alta (33.33 m·°C/W).

d. 3.1.1.4.-Conductancia y resistencia

La **conductancia** y la **resistencia** (R) son propiedades de una capa de material, por lo que dependen del **espesor** específico de dicha capa.

La conductancia representa la capacidad de la capa de material para conducir el calor y es igual a la conductividad dividida por el espesor, expresándose en Watts por metro cuadrado grado Celsius (W/m²·°C).

La resistencia, por otro lado, representa la capacidad de una capa de material para resistir el flujo de calor y es igual a la resistividad multiplicada por el espesor, expresándose en metro cuadrado grado Celsius por Watt (m²·°C/W). También, aunque casi en desuso, se encuentra la unidad metro cuadrado hora grado Celsius por kilocaloría (m²·hr·°C/kcal):

1 m²·°C/W = 1.163 m²·hr·°C/kcal

Dado que la resistividad es el inverso de la conductividad, y que los valores de conductividad de los materiales constructivos suelen ser más accesibles, la resistencia de un material generalmente se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = e / k \qquad \textbf{Ecuación.01}$$

Donde:

R = Resistencia térmica por unidad de área de la capa de material (m²·°C/W),

e = Espesor de la capa de material (m).

k = Conductividad del material (W/m·°C).

Siguiendo el ejemplo anterior, una capa de acero de 5mm tendría una resistencia térmica de 0.0001 $m^2 \cdot °C/W$, mientras que una capa de poliestireno expandido de 50mm tendría una resistencia térmica de 1.67 $m^2 \cdot °C/W$.

En algunos estudios el valor de la resistencia térmica de una capa de material se explica como la diferencia de temperatura que se requiere para producir una unidad de flujo de calor por unidad de superficie.

d. 3.1.1.5.-Calor específico

El **calor específico** es una propiedad simple de los materiales que se refiere, en términos generales, a la capacidad que tienen para acumular calor en su propia masa. También se puede definir como la cantidad de calor que es necesario suministrar a una unidad de peso del material para incrementar su temperatura en un grado Celsius. Mientras mayor sea el calor específico, más energía tendrá que suministrarse para calentar el material.

Para designar al calor específico se utiliza el símbolo Ce. En el Sistema Internacional se utiliza como unidad del calor específico el Joule por kilogramo grado Celsius ($J/kg \cdot °C$). En ocasiones también se utiliza la kilocaloría por kilogramo grado Celsius ($kcal/kg \cdot °C$), de acuerdo a la siguiente equivalencia: $1\ J/kg \cdot °C = 0.239\ kcal/kg \cdot °C$

El agua, curiosamente, tiene uno de los valores de calor específico más elevados, con cerca de 4200 $J/kg \cdot °C$. Sin embargo los valores de la gran mayoría de los materiales empleados en la edificación oscilan entre 700 y 1500 $J/kg \cdot °C$. En otras palabras, se trata de un parámetro que sólo representa diferencias importantes en el comportamiento térmico de los materiales cuando se le considera en relación con otras propiedades, como la densidad.

d. 3.1.1.6.-Calor específico volumétrico

El **calor específico volumétrico** representa la capacidad de almacenamiento de calor de un material, de acuerdo a su densidad. Se calcula multiplicando su densidad por su calor específico, lo que da como unidad de medida el Kilo joule por metro cúbico grado Celsius ($kj/m^3 \cdot °C$). Otra unidad de medida, aunque de uso menos común, es la Kilocaloría por metro cúbico grado Celsius ($kcal/m^3 \cdot °C$). La equivalencia entre ambas medidas es como sigue:

$1\ kj/m^3 \cdot °C = 0.239\ kcal/m^3 \cdot °C$

Dado que en realidad el calor específico varía relativamente poco entre los principales materiales constructivos, su capacidad de almacenamiento de calor se relaciona estrechamente con la densidad: los materiales pesados, como el concreto, el ladrillo y la piedra, suelen presentar una elevada capacidad de almacenamiento de calor, mientras que con los materiales ligeros, como los aislantes, sucede lo contrario.

d. 3.1.1.7.-Capacidad térmica

La **capacidad térmica** representa una medida del calor que pueden almacenar las capas de material. Para cálculos simples, la capacidad térmica se puede determinar multiplicando la densidad del material por el espesor de la capa, y luego por su calor específico, de lo cual resulta la unidad Joule por metro cuadrado grado Celsius ($J/m^2 \cdot °C$). Por ejemplo, la capacidad térmica de una capa de adobe de 30cm sería la siguiente:

$1600\ kg/m^3 \times 0.3\ m \times 1480\ J/kg \cdot °C = 710400\ J/m^2 \cdot °C = 710.40\ Kj/m^2 \cdot °C$

Cuando se utiliza la capacidad térmica en cálculos en **régimen dinámico** (con temperaturas variables), por ejemplo para estimar el desempeño de un cerramiento, es necesario emplear cálculos complejos por lo que se suele recurrir a herramientas informáticas. (sol.arq.)

Tabla 1: Características térmicas básicas de algunos materiales constructivos

	Densidad	K = Conductividad		Resistividad	Ce = Calor específico	Cv = Calor específico volumétrico	
	Kg/m^3	W/m°C	*Kcal/mhr°C*	m°C/W	J/Kg°C	Kj/m^3°C	*Kcal/m^3 °C*
Acero	7,760.00	50.00	*42.99*	0.02	450	3,492.00	*834.0*
Adobe	1,600.00	0.60	*0.52*	1.67	1,480	2,368.00	*565.5*
Aglomerado	800.00	0.15	*0.13*	6.67	1,400	1,120.00	*267.4*
Agua	1,000.00	0.58	*0.50*	1.72	4,190	4,190.00	*1,000.7*
Aire (sin convección)	1.20	0.03	*0.02*	38.46	1,180	1.42	*0.3*
Alfombra	1,000.00	0.05	*0.04*	20.00	1,350	1,350.00	*322.4*
Aluminio	2,700.00	200.00	*171.97*	0.01	910	2,457.00	*586.8*
Arcilla seca	1,600.00	0.45	*0.39*	2.22	800	1,280.00	*305.7*
Arena seca	1,520.00	0.50	*0.43*	2.00	810	1,231.20	*294.0*
Asfalto	1,700.00	0.58	*0.50*	1.72	1,140	1,938.00	*462.8*
Concreto ligero	1,800.00	0.72	*0.62*	1.39	1,000	1,800.00	*429.9*
Concreto normal	2,400.00	1.60	*1.38*	0.63	1,050	2,520.00	*601.8*
Concreto vibrado	2,400.00	1.63	*1.40*	0.61	805	1,932.00	*461.4*
Corcho (placa)	140.00	0.05	*0.04*	20.00	1,800	252.00	*60.1*
Fibra de madera	250.00	0.05	*0.04*	20.00	1,080	270.00	*64.4*
Fibra de vidrio	100.00	0.42	*0.36*	2.38	650	65.00	*15.5*
Grava	1,700.00	1.21	*1.04*	0.83	920	1,564.00	*373.5*
Ladrillo ligero	1,600.00	0.56	*0.48*	1.79	900	1,440.00	*343.9*
Ladrillo normal	1,800.00	0.73	*0.63*	1.37	920	1,656.00	*395.5*
Ladrillo cerámico	1,800.00	0.87	*0.75*	1.15	878	1,580.40	*377.4*
Ladrillo denso	2,000.00	0.95	*0.82*	1.05	1,070	2,140.00	*511.1*
Lámina asbesto - cem	1,500.00	0.36	*0.31*	2.78	900	1,350.00	*322.4*
Lana mineral (fieltro)	140.00	0.04	*0.03*	25.00	750	105.00	*25.0*
Madera ligera (Abeto)	510.00	0.10	*0.09*	10.00	1,386	706.86	*168.8*
Madera normal (Pino)	600.00	0.14	*0.12*	7.14	1,210	726.00	*173.3*
Madera pesada (Roble)	800.00	0.21	*0.18*	4.76	1,255	1,004.00	*239.7*
Marmol	2,500.00	2.10	*1.81*	0.48	795	1,987.50	*474.6*
Mortero cemento - arena	2,130.00	1.40	*1.20*	0.71	890	1,895.70	*452.7*
Poliestireno expandido	30.00	0.03	*0.03*	33.33	1,700	51.00	*12.1*
Poliuretano expandido	40.00	0.02	*0.02*	50.00	1,590	63.60	*15.1*
Roca ligera (arenisca)	2,000.00	1.29	*1.11*	0.78	730	1,460.00	*348.7*
Roca media (caliza)	2,500.00	1.53	*1.32*	0.65	910	2,275.00	*543.3*
Roca pesada (granito)	2,700.00	1.92	*1.65*	0.52	1,030	2,781.00	*664.2*
Tablarroca	900.00	0.18	*0.15*	5.56	920	828.00	*197.7*
Tierra vegetal	1,800.00	1.80	*1.55*	0.56	920	1,656.00	*395.5*
Contrachapado	560.00	0.14	*0.12*	7.14	1,400	784.00	*187.2*
Vermiculita	700.00	0.19	*0.16*	5.26	880	616.00	*147.1*
Vidrio	2,500.00	0.95	*0.82*	1.05	836	2,090.00	*499.1*
Yeso (aplanado)	700.00	0.28	*0.24*	3.57	840	588.00	*140.4*
Zinc	7,130.00	111.00	*95.44*	0.01	380	2,709.40	*647.1*

FUENTE: sol.arq.

d. 3.1.2.-PROPIEDADES DEL AIRE

Las propiedades físicas del aire atmosférico se definen como sigue:

d. 3.1.2.1.-Temperatura de bulbo seco (BS)

Es la temperatura del aire, tal como la indica un termómetro. Las palabras temperatura y temperatura de bulbo se cose emplean para designar lo mismo tratándose del aire.

d. 3.1.2.2.-Temperatura de bulbo húmedo (BH)

Es la temperatura que indica un termómetro cuyo bulbo está envuelto en una mecha empapada en agua, en el seno de aire en rápido movimiento.

d. 3.1.2.3.-Temperatura de punto de rocío (PR)

Es la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire se comienza a condensar si se enfría el aire a presión constante.

d. 3.1.2.4.-Relación de humedad (W)

A la cual se la llama también humedad específica. Es el peso de vapor de agua por libra de aire seco, expresado en lb/lb de aire seco.

d. 3.1.2.5.-Humedad relativa (HR)

Es la relación de presión real de vapor de agua en el aire con la presión de vapor de agua si el aire estuviera saturado a la misma temperatura de bulbo seco. Se expresa en porcentaje.

d. 3.1.2.6.-Volumen específico (v)

Es el volumen de aire por unidad de peso de aire seco. Se expresa generalmente en ft^3/lb de aire seco.

d. 3.1.2.7.-Entalpía específica (h)

Es el contenido de calor del aire, por unidad de peso. Generalmente se expresa en BTU/lb de aire seco.

Esta entalpía es la entalpía del aire seco más la de su contenido de vapor de agua, calculadas una temperatura arbitraria de referencia en la cual la entalpía tiene un valor de cero. (PITA, 1994)

d. 3.1.3.-CONCEPTO DE CARGA TÉRMICA

Si un local no dispone de climatización, su temperatura se adaptará a la del ambiente, si hace frío estará helado, y cuando haga calor será caluroso.

En la mayoría de los casos estará más caliente que el ambiente, debido la radiación solar sobre techo, paredes y ventanas, o por el calor desprendido por sus ocupantes e instalaciones interiores.

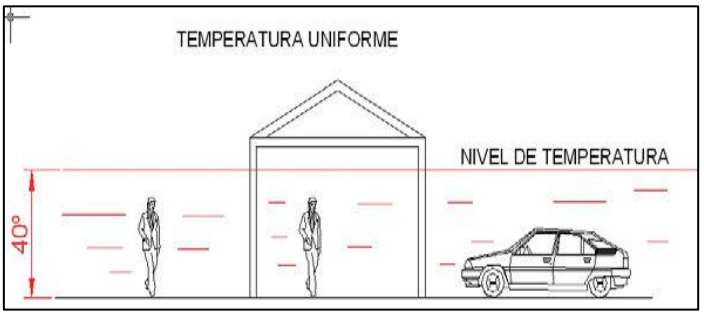


Figura 1: *Temperatura Uniforme*
FUENTE: César González Valiente

En el momento que queremos que su temperatura se mantenga en un valor distinto al del exterior, y a voluntad de sus ocupantes, hay que sacar o meter calorías del local al exterior.

Recordemos que el calor fluye del cuerpo más caliente al más frío, y por ello, al crear una diferencia de temperatura entre el local y el exterior, se inicia una transferencia de calor por las paredes, suelos, ventanas, y aire de ventilación, que tiende de nuevo a igualar su temperatura con el exterior.

En verano para enfriar el local con un climatizador, hay que extraer calorías, y la transmisión de calor por las paredes es hacia el interior. (Valiente)

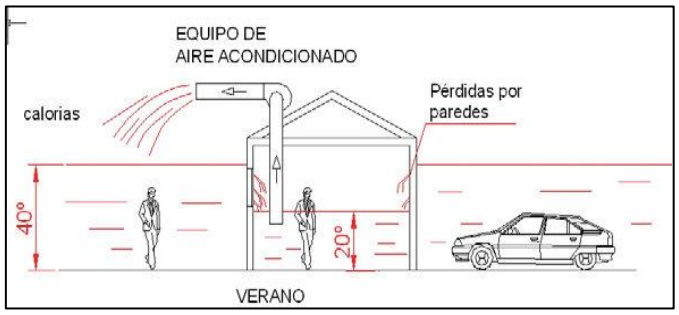


Figura 2: *Equipo de aire acondicionado*
FUENTE: César González Valiente

d. 3.1.4.-RADIACIÓN SOLAR

El sol emite radiación como si se tratase de un cuerpo negro a 5762 K, debido a que se produce una reacción termonuclear de fusión; la energía emitida se propaga en todas las direcciones del espacio a la velocidad de 300000 km/s y está constituida por radiación electromagnética de diversa longitud de onda.

Supongamos que, a la distancia media entre el Sol y la Tierra, colocamos una superficie de 1 m^2, de forma que intercepte perpendicularmente los rayos solares.

La energía recibida por esta superficie se llama constante solar y su valor es de 1352

W / m^2. Es evidentemente que a la Tierra llega menos cantidad de energía que la citada, debido a la atenuación y absorción que se produce en la atmósfera.

El importante matizar algunos términos relacionados con la radiación solar.

- **Radiación Directa:** Es la que llega procedente directamente del Sol.
- **Radiación Difusa:** La que llega desde el cielo en todas las direcciones, excepto la directa del Sol.
- **Radiación Global:** La suma de las dos anteriores.
- **Irradiación:** Es la energía radiante recibida por unidad de tiempo sobre una unidad de área. Se expresa en W/m^2. Es un valor que varía a lo largo del tiempo. Suele darse en media horaria. El instrumento para medirla se llama piranómetro.
- **Irradiación:** Es la energía radiante recibida durante un cierto intervalo de tiempo sobre una unidad de área. Se expresa en J / m^2

Es el intervalo de tiempo durante el cual el Sol está despejado. Se expresa en horas. El instrumento de medida se llama heliógrafo.

Para saber la energía que realmente llega sobre una determinada superficie o placa, es necesario conocer la situación del Sol; para ello debe conocerse la latitud del lugar, el día y la hora solar. La hora solar es el tiempo en horas, antes o después del mediodía, siendo el mediodía el instante en el que el Sol ocupa la posición más alta en el cielo. (MIRANDA, 2008)

d. 3.1.5.-CONDICIONES DE BIENESTAR

Está demostrado que ciertas condiciones ambientales (aproximadamente 21°C y 50% de humedad relativa) proporcionan una sensación placentera. Es evidente que la

temperatura será uno de los principales parámetros a tener en cuenta. Un ambiente seco produce una sensación más agradable, en general, que uno húmedo; sin embargo, si la sequedad del aire es maceada, pronto se manifiestan ciertos inconvenientes, como sequedad en las mucosas, exceso de electricidad estática, etc.

Si el ambiente es muy húmedo se tiene una sensación de ahogo, con el agravante de que no puede eliminarse fácilmente el sudor corporal. Así pues, la humedad del aire será otro parámetro a tener en cuenta.

El ruido produce molestias en las que no creemos necesarios en las que no creemos necesario insistir mucho, sobre todo si el lector vive en un lugar con mucho tránsito.

El aire puede llevar agentes patógenos o simplemente polvo o ciertos componentes que es necesario eliminar. No son éstos los únicos factores que han de tenerse en cuenta, pero sí los más importantes. Vamos a resumirlos.

- Temperatura.
- Humedad del aire.
- Ruido.
- Ventilación y purificación del aire.

Aunque los cuatro factores a los que antes hemos aludido son importantes, los dos primeros, debida a la dificultad que presenta su control riguroso, son los prioritarios.

La sensación de frío se produce cuando los nervios sensores de nuestra piel detectan una disminución de temperatura. Desde un punto de vista termodinámico el cuerpo humano es un convertidor que produce trabajo mecánico (movimiento más esfuerzo muscular) a cambio de calor: este calor es producido en el metabolismo de ciertas sustancias.

Como se sabe, es necesario que el cuerpo pueda eliminar convenientemente cierta cantidad de calor. En general, esta refrigeración es natural, se produce mediante la eliminación de calor por convección y radiación, por evaporación del sudor sobre la piel y por la respiración del aire empleado en la respiración. Un factor importante es la temperatura interna corporal y la cantidad de calor generado por el cuerpo humano. El ISO-7730-1194 que define y determine las condiciones de bienestar.

El bienestar se determina experimentalmente sometiendo a una serie de sujetos a diferentes condiciones. El resultado se recoge en unos gráficos. Estos gráficos se llaman diagramas de confort. No existe un modelo único, sino varios que recogen experiencias realizadas por diversos laboratorios o países. Uno de los más utilizados es el confeccionado por ASHRAE (AMERICAN SOCIETY OF HEADTING AND VAIR-CONDITIONING ENGINEERS) que se reproduce en la siguiente figura. (MIRANDA, 2008)

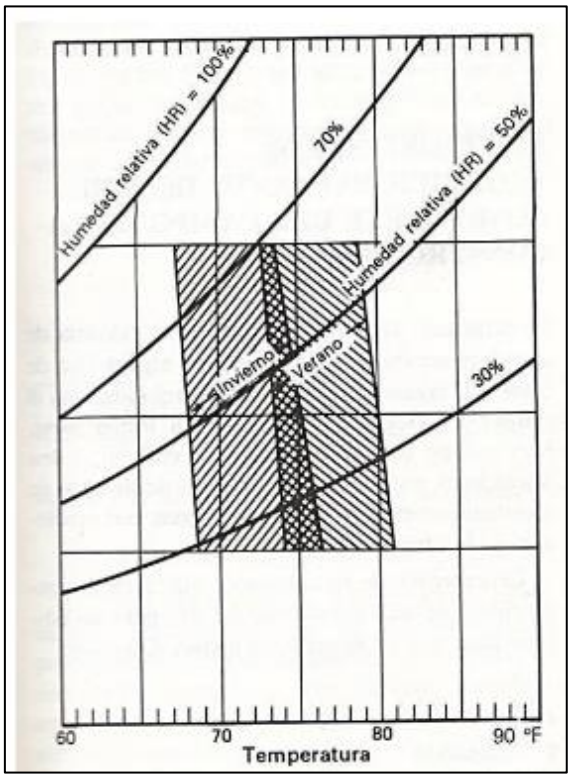


Figura 3: *Zona de Confort de Temperatura y Humedad de Aire en Interiores.*
FUENTE: Ángel Luis Miranda

d. 3.1.5.1.-Calor generado por el cuerpo humano

La energía necesaria para que el cuerpo humano funcione se extrae mediante ciertas reacciones químicas que, generalmente, consisten en quemar grasas y otras sustancias de reserva. Ahora bien, la cantidad de calor es proporcional a la cantidad de trabajo realizado y si hay más producción de calor, también será mayor la cantidad de calor residual que deberá eliminarse. También influye el tamaño del cuerpo; en general se considera que el calor depende del peso del individuo, estableciéndose una relación lineal para comparar unos con otros. Para estudiar el calor corporal o metabólico suelen

emplearse métodos directos o indirectos. Los primeros consisten en situar al individuo en una cámara calorimétrica herméticamente cerrada y medir el aumento de temperatura que se produce. Si lo hacemos así veremos que el calor corporal producido depende de los siguientes factores:

- Sexo (Hombre o Mujer)
- Actividad desarrollada (sentado, andando, corriendo)
- Tamaño

Es evidente que el calor generado debe emplearse en la producción de trabajo y el resto debe ser eliminado; si no ocurre así el efecto sería desastroso: aumentaría la temperatura interna. Ahora bien, si se tiene presente que la eficiencia del cuerpo humano como máquina es pequeña, se deduce que casi todo el calor producido debe ser eliminado.

Esta cantidad de calor es un dato que es preciso conocer y utilizar en los cálculos de las instalaciones de climatización. Normalmente se emplean valores medios y aproximados por que el conocimiento exacto sería demasiado arduo de conseguir. En la siguiente tabla se han indicado algunos valores usuales.

Tabla 2: Calor producido por el cuerpo humano

CLASE DE TRABAJO	ACTIVIDAD	CALOR POR UNIDAD DE TIEMPO (W)
Ligero	Durmiendo	73
	Sentado	116
	Sentado con movimiento	161
Moderado	Sentado con movimiento	176
	Trabajo ligero	176
Pesado	Trabajo de pico y pala	513

FUENTE: Ángel Luis miranda

Obsérvese la diferencia acusada entre los valores que corresponden a un trabajo ligero con los de un trabajo pesado. Cuando en un local hay un número importante de personas, el calor producido no es nada desdeñable. (MIRANDA, 2008)

d. 3.1.5.2.-Temperatura efectiva

Para conseguir un estado de confort y bienestar es necesario regular, por lo menos, dos variables: la temperatura y la humedad. La determinación experimental de este estado de bienestar se lleva a cabo utilizando métodos estadísticos, porque es evidente que la sensación de bienestar puede diferir de unas personas a otras.

La idea es mantener en una cámara amplia, perfectamente acondicionada, a una persona que realiza una determinada actividad. La cámara se mantiene a una temperatura y humedad constantes. Si la reacción de la persona es positiva, se consideran aquellas condiciones como de confort. Si es negativa, será preciso variar la temperatura y la humedad.

Ahora bien, se trata de dos factores, la temperatura y la humedad; si intentamos condensarlos en uno solo se puede emplear el concepto de temperatura efectiva, TE, que definiremos como un índice que expresa el efecto compuesto de la temperatura del aire y la humedad relativa sobre el cuerpo.

Pueden emplearse ábacos o gráficos para determinar la temperatura efectiva. Véase la figura 4. La temperatura seca es la que leemos en un termómetro normal, la temperatura húmeda es la que leemos en un termómetro que tiene el bulbo cubierto con gasa o algodón humedecidos con agua. Si el aire está saturado de vapor de agua la indicación de los dos termómetros es la misma. A medida que el aire tenga menos vapor de agua, la lectura del termómetro húmedo irá disminuyendo. Así pues, la temperatura húmeda es un índice de la humedad.

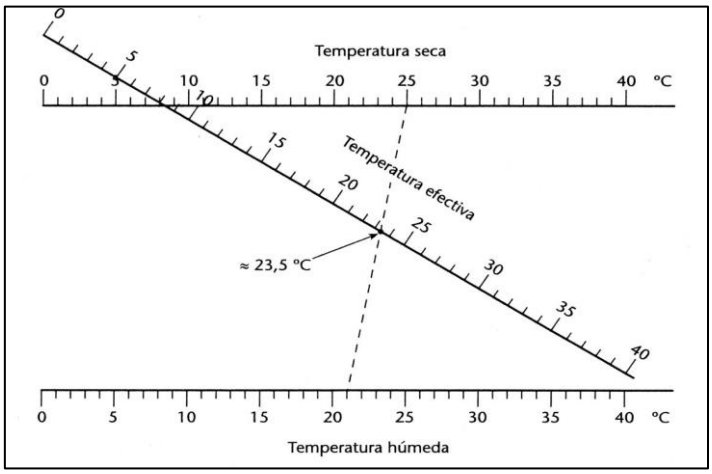


Figura 4: *Ábaco para obtener la temperatura efectiva.*
FUENTE: Ángel Luis Miranda

Veamos un ejemplo. Supongamos una habitación en la que tengamos instalado un psicrómetro (es el doble termómetro) y leemos los siguientes valores:

- termómetro seco: 25 ºC.
- termómetro húmedo: 21 ºC.

En el ábaco de la figura 4 señalamos 25 ºC en la línea de temperatura seca, 21 ºC en la línea de temperatura húmeda; unimos con una recta y la intersección de esta recta con la recta inclinada indica el valor de la temperatura efectiva, que en este caso es aproximadamente de 23,5 ºC. (MIRANDA, 2008)

d. 3.1.6.-NECESIDAD DE VENTILAR UN LOCAL

En un local cerrado siempre se producen gases o humos que pueden ocasionar molestias, e incluso, pueden ser perjudiciales para la salud. En el humo de los cigarrillos hay una sustancia que se llama acroleína que es responsable de la irritación que se producen en los ojos. A veces, en los locales acondicionados se puede producir un fenómeno que todos alguna vez habremos notado. Entramos en una habitación que la temperatura es correcta, pero al cabo de unos minutos nos lloran los ojos. Ello es debido a que no existe ventilación.

No basta con enfriar o calentar el aire de una habitación, es necesario ventilarla. Entendemos por ventilación, la introducción de aire fresco, no contaminado. Este aire deberá someterse a un tratamiento previo antes de introducirlo en el recinto: filtrado, secado, etc.; dependerá de las condiciones y el proceso que estemos realizando. La calidad de aire interior y de ventilación viene determinada por el ITE 02.2.2. A este respecto hay que advertir que el RITE (El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios) recomienda, y en determinadas circunstancias obliga, a recuperar la entalpía del aire de ventilación e incluso a utilizar el aire exterior para un enfriamiento gratuito del local. La ITE 02.4.6 establece las condiciones para proceder obligatoriamente a un enfriamiento gratuito: un caudal superior a $3m^3$ / s con un régimen de funcionamiento de más de 1000 horas por año siempre que la demanda de energía pudiera satisfacerse con el aire exterior. La ITE 02.4.7 establece las condiciones para recuperar obligatoriamente la entalpía del aire de ventilación un caudal superior a $3m^3$ / s con un régimen de funcionamiento superior de 1000 horas por año. La eficiencia mínima del recuperador será del 45%

La degradación del aire interior se debe a más de una causa. Las principales son:

- Disminución de oxígeno y aumento de dióxido de carbono. Esto es debido a la recuperación de los seres vivos y al quemado de cigarrillos.
- Emisión de sustancias tóxicas o molestas, debido a los cigarrillos.
- Vapor y gases debido al sudor y a la descomposición metabólica de los alimentos.
- Emisión de disolventes de pinturas o barnices en salas expositoras, etc.

Para contrarrestar esta degradación del aire, es necesario ventilar el local. Esta ventilación puede ser:

- Natural, cuando se produce una renovación del aire a través de rendijas, ventanas, puertas.
- Artificial, cuando la ventilación se fuerza mediante ventiladores u otros elementos mecánicos, con introducción de aire exterior y la extracción de aire interior.

La cantidad de aire de ventilación que debe introducirse en un local depende de muchos factores, pero la más importante son el número de personas, si son o no fumadoras y de la actividad que realicen.

Con relación al sudor, cuya evaporación es una de las causas que produce mayor degradación del aire interior, es evidente que cada persona se verá afectada por este fenómeno de forma muy particular, de acuerdo al sexo, peso, edad, etc. Se han hecho estudios estadísticos que indican, de forma muy general, la relación temperatura, humedad, sudor.

Para concluir, el aire de ventilación es aire exterior, tratado o no, que se introduce en el local, con la finalidad de renovar el aire de recirculación que se utiliza en el sistema de aire acondicionado.

El método más habitual para ventilar un local es el que se utiliza aire procedente del local mezclado con aire exterior, este aire exterior es precisamente el aire de ventilación. En este caso, una cantidad igual de aire exterior de ventilación, llamado expulsión, debe devolverse al exterior también procedente del local, para que la cantidad total de aire tratado sea siempre la misma. En la figura la máquina que trata el

aire lleva las iniciales UAA, que significa “unidad de aire acondicionado”. Evidentemente también puede utilizarse sólo aire exterior. (MIRANDA, 2008)

d. 3.1.7.-CARGAS DE ENFRIAMIENTO

El interior de un edificio gana calor debido a varias fuentes. Si la temperatura y humedad del aire en los recintos se deben mantener a un nivel confortable, se debe extraer calor para compensar las ganancias mencionadas. A la cantidad neta de calor que se retira se llama CARGA DE ENFRIAMIENTO.

Los métodos de cálculo de las cargas de enfriamiento que se emplearán aquí son los que recomienda el ASHRAE.

Los procedimientos de cálculo son mucho más exactos que los que se emplearon en el pasado. La mayor exactitud conduce con frecuencia a la selección del equipo de menor tamaño y más eficiente en cuanto al uso de energía. (PITA, 1994)

d. 3.1.8.-EL EFECTO DE ALMACENAMIENTO DE CALOR

La ganancia de calor bruta del recinto es la velocidad a la que se recibe calor en cualquier momento del recinto. Esta ganancia de calor está constituida por partes procedentes de muchas fuentes: radiación solar, alumbrado, conducción y convección, personas, equipos, infiltración. Todo el calor que se recibe de esas fuentes en general no se emplea de forma inmediata para calentar el aire del recinto.

Algo del calor, en especial de la energía radiante del sol, las luces y la gente, se absorbe en los materiales dentro del recinto, tanto de su estructura como de sus muebles. A esto se le llama el efecto de ALMACENAMIENTO DE CALOR: calor que se absorbe y se almacena en los materiales de construcción.

Como resultado de ello, con frecuencia la ganancia neta de calor al aire del recinto, que procede de las fuentes de calor, es menor que las ganancias brutas de calor. La carga de enfriamiento del recinto, que es la velocidad a la cual se debe eliminar el calor del recinto para mantener las condiciones de diseño, es la suma de las ganancias neta de calor.

Es muy importante tomar en cuenta el efecto del almacenamiento de calor, porque puede ocasionar cargas reales apreciablemente menores. El efecto de almacenamiento se puede considerar también como un período de retraso de calor.

Esto es, algo del calor que se recibe en el recinto se retrasa en tiempo para alcanzar el aire del mismo. Al final, la temperatura de los materiales de construcción se elevará lo suficiente como para ceder calor al aire de la estancia. Sin embargo, en general el almacenamiento continúa hasta más allá de la hora de la carga máxima en el día, y el efecto neto es una reducción de cargas picos o máximas. (PITA, 1994)

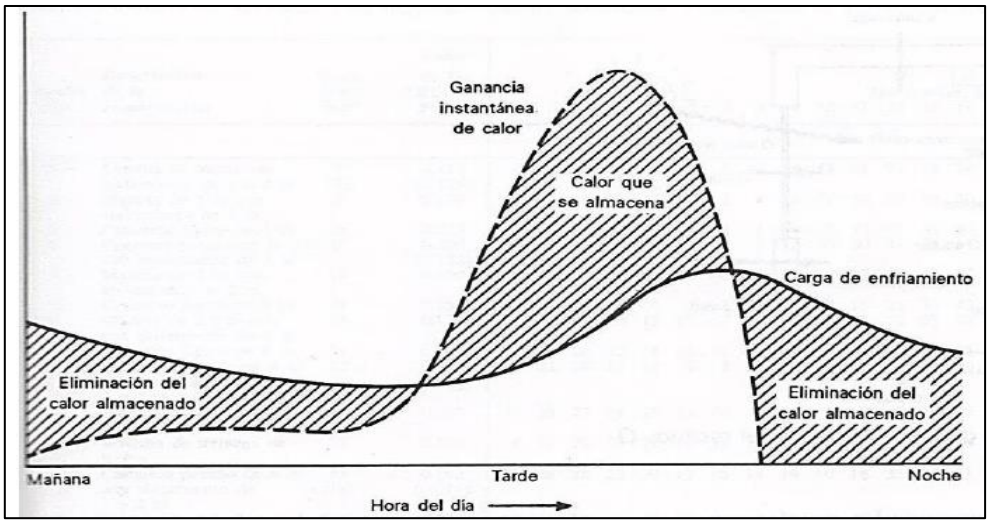


Figura 5: *Efecto del Almacenamiento de Calor*
FUENTE: Edwar G. Pita

d. 3.1.9.-ESTUDIO DEL LOCAL- CARACTERISTICAS DEL LOCAL Y FUENTES DE CARGA TÉRMICA

Para una estimación realista de las cargas de refrigeración es requisito fundamental el estudio riguroso de las componentes de carga en el espacio que va a ser acondicionado. Es indispensable en la estimación que estudio sea preciso y completo, no debiendo subestimarse su importancia. Forman parte de este estudio los planos de detalle mecánicos y arquitectónicos, croquis sobre el terreno y en algunos casos fotografías de detalles importantes del local. En todo caso deben considerarse los siguientes aspectos físicos:

Orientación del edificio y situación del local a acondicionar con respecto a: Puntos cardinales, estructuras permanentes próximas, superficies refractantes.

Destino del local: oficina, hospital, local de ventas, etc.

Dimensiones del local: largo, ancho y alto.

Altura de techo: de suelo a suelo, de suelo a techo, etc.

Columnas o vigas: tamaño, profundidad, etc.

Condiciones del entorno: edificios o estructuras vecinas, condiciones térmicas de los espacios o recintos colindantes, etc.

Ventanas: dimensiones y situación, orientación hacia el exterior, etc.

Puertas: Situación, tipo, dimensiones y frecuencia de empleo. Escaleras y huecos verticales.

Ocupantes: número, tiempo de ocupación, naturaleza de la actividad, alguna concentración especial.

Alumbrado: Potencia en la hora punta. Tipo: incandescente, fluorescente, directo o indirecto.

Motores: situación, potencia nominal y régimen de trabajo. Equipos y utensilios diversos que funcionan dentro del recinto (ordenadores, cafeteras, cocinas, etc.) Debe conocerse, con la mayor precisión posible sus características de funcionamiento.

Ventilación necesaria en función de recinto y del nivel de bienestar deseado, respecto a las condiciones mínimas exigida por la norma vigente.

Almacenamiento térmico: comprende el horario de funcionamiento del sistema con la especificación de las condiciones punta exterior, variación admisible de temperatura en el recinto durante el día, alfombras en el suelo, naturaleza de los materiales que rodean el espacio acondicionado.

Funcionamiento continuo o intermitente: si el sistema debe funcionar cada día laborable durante la temporada de refrigeración o solamente en ocasiones, como ocurre en las iglesias y salas de baile. Si el funcionamiento es intermitente hay que determinar el tiempo disponible para la refrigeración o calefacción previa. (CARRIER, 2012)

d. 3.1.10.-ESTIMACIÓN DE LA CARGA DE ACONDICIONAMIENTO DEL RECINTO

Debe estimarse la carga de refrigeración de un recinto para poder dimensionar correctamente la instalación: potencia del equipo, conductos de aire, sistemas de control, etc.

Para ello debe escogerse unas condiciones interiores y exteriores de cálculo, que vienen determinadas en el reglamento de calefacción y refrigeración del país, que es de obligado cumplimiento. Deberá ponerse extremo cuidado en tener en cuenta todas las cargas, tanto interiores como exteriores, régimen de funcionamiento de las instalaciones y utilización del recinto que debe climatizarse.

Si en algún aspecto, como por ejemplo radiación solar incidente, el reglamento no especifica nada, el proyectista deberá tener en cuenta las condiciones más desfavorables que puedan presentarse a lo largo de la temporada de calefacción o refrigeración. El sistema de climatización debe diseñarse de forma tal que, para un día y hora máxima de carga, sea capaz de mantener las condiciones de bienestar deseadas.

Los componentes que contribuyen a la ganancia de calor en el recinto son los siguientes:

- Conducción a través de divisiones internas, cielos rasos y pisos.
- Radiación solar a través de los vidrios.
- Alumbrado.
- Personas.
- Equipos.
- Infiltración del aire exterior a través de aberturas.

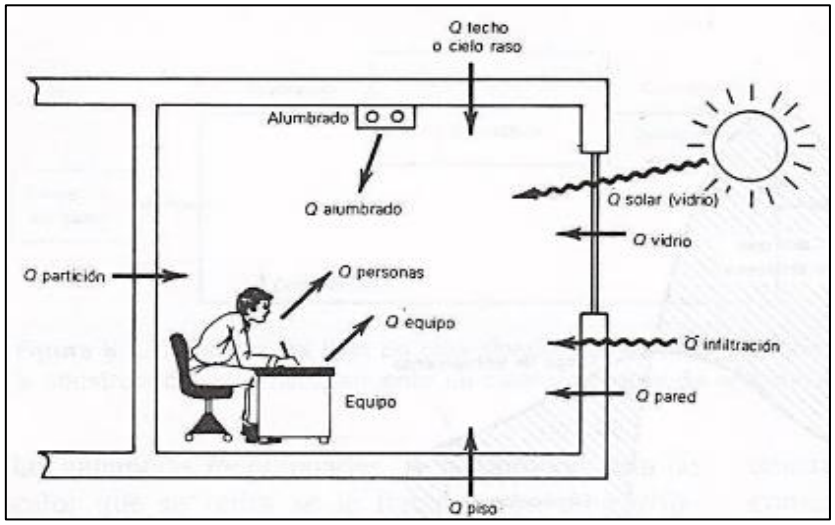


Figura 6: *Componentes de la Ganancia de Calor del Recinto.*
FUENTE: Edwar G. Pita

Es conveniente agrupar a las ganancias de calor en dos grupos distintos: ganancias de calor sensible y ganancias de calor latente. Las ganancias sensibles se deben al aumento de temperatura de aire mientras que las ganancias de calor latente se deben a la ganancia de vapor de agua del aire.

La conducción a través de paredes, techos, vidrios exteriores y alumbrado son ganancias de calor sensible; mientras que la ganancia de calor por las personas y las infiltraciones puede considerarse como calor sensible y parte de calor latente. (PITA, 1994)

d. 3.1.11.-MEDICIÓN DEL CALOR:

La unidad del calor es la caloría o la kilocaloría, que es la cantidad de calor necesario para elevar un grado centígrado la temperatura de un kilogramo de agua, y los países que utilizan el sistema ingles emplean el british termal united, ósea, el BTU. Que es la cantidad de calor necesario para elevar un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de masa de agua.

d. 3.1.11.1.-Calor latente

El término de calor latente se refiere la cantidad de calor necesaria para cambiar el estado físico de una sustancia sin variar su temperatura, de solido a liquido o de líquido a vapor. La palabra latente significa „oculto", no es percibido por los sentidos. Para hacer que una sustancia sufra un cambio físico, y pase del estado líquido al sólido, o del estado líquido al de vapor, hay que añadirle una cantidad considerable de calor.

Este calor latente es almacenado en la sustancia y lo devuelve de nuevo cuan do la sustancia retorna a su estado inicial cuando se enfría.

d. 3.1.11.2.-Calor sensible

Es el calor que se puede sentir o medir con un algún instrumento. Este es el calor que causa un cambio en la temperatura de una sustancia, pero no un cambio en el estado.

Por ejemplo, si se calienta agua sobre una llama, se puede sentir la elevación de la temperatura sumergiendo un dedo en el agua. Cuando la temperatura de un líquido o de una sustancia se eleva, está absorbiendo calor sensible y, por el contrario, cuando baja la temperatura de una sustancia, está desprendiendo calor sensible. (PSICROMETRA)

d. 3.1.12.-MÉTODOS DE TRANSMISIÓN DE CALOR

Existen tres métodos para la transmisión del calor:

1. Radiación: cuando el calor pasa del cuerpo más caliente al más frío sin calentamiento de las moléculas que se encuentran entre ellos.

2. Convección: cuando el calor se transmite por medio de fluidos, aire o agua, y las moléculas se mueven libremente.

3. Conducción: cuando el calor se transmite a través de sólidos, de una molécula a la siguiente.

Los tres métodos de transmisión de calor se usan en el acondicionamiento de aire. Veamos cada uno.

d. 3.1.12.1.-Conducción

La conducción es el mecanismo de transferencia de calor en escala atómica a través de la materia por actividad molecular, por el choque de unas moléculas con otras, donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas, produciéndose un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas. Los mejores conductores de calor son los metales. El aire es un mal conductor del calor. Los objetos malos conductores como el aire o plásticos se llaman aislantes. (MACANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR)

3.1.12.2.-Convección

La convección es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia. Puede ser natural producida solo por las diferencias de densidades de la materia; o forzada, cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro, por ejemplo el aire con un ventilador o el agua con una bomba. Sólo se produce en líquidos y gases donde los átomos y moléculas son libres de moverse en el medio.

En la naturaleza, la mayor parte del calor ganado por la atmósfera por conducción y radiación cerca de la superficie, es transportado a otras capas o niveles de la atmósfera por convección. (MACANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR)

d. 3.1.12.3.-Radiación

La radiación térmica es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada, se produce directamente desde la fuente hacia afuera en todas las direcciones. Esta energía es producida por los cambios en las configuraciones

electrónicas de los átomos o moléculas constitutivos y transportada por ondas electromagnéticas o fotones, por lo recibe el nombre de ***radiación electromagnética***. La masa en reposo de un fotón (que significa luz) es idénticamente nula. Por lo tanto, atendiendo a relatividad especial, un fotón viaja a la velocidad de la luz y no se puede mantener en reposo. (La trayectoria descrita por un fotón se llama rayo). La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes y perpendiculares entre sí, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro. (MACANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR)

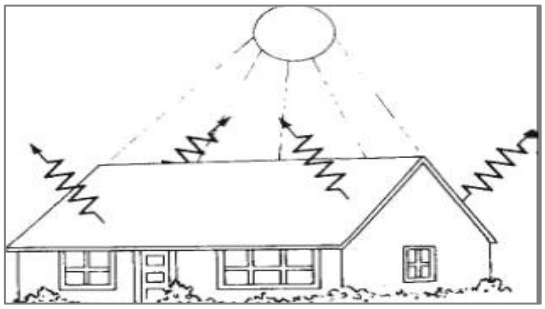


Figura 7: *Carga de Calor Solar de Una Residencia.*

La figura ilustra la carga de calor solar en una residencia. El sol no depende de las moléculas del aire para calentar el techo de la casa, pues responde al principio de que el calor radiante viaja directamente de un objeto caliente a un objeto más frío. Las moléculas entre los dos objetos no se calientan. En la ilustración, la temperatura del aire exterior podría ser 40°F (4.4°C) y las tejas del techo podrían estar a 100°F (37.7°C).

Más aún, si se instalaran paneles solares en el techo, los rayos infrarrojos del sol podrían calentarlos hasta que sus fluidos llegaran arriba de 200°F (93.3°C) en determinados días por medio de la transmisión de calor radiante. (ALTAMIRANO, 1983)

d. 3.1.12.4.-Condensación

Es el cambio de estado de vapor a liquido en la atmosfera, esto significa el roció, la lluvia y el granizo.

d. 3.1.12.5.-Evaporación

Es el fenómeno inverso a la condensación mediante el cual una sustancia cambia su estado líquido a vapor y ocurre en dos formas, evaporación en sí y la ebullición. La evaporación se desarrolla en la superficie del líquido y la ebullición se logra hasta el seno del fluido. (MACANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR)

d. 3.2.- CAPÍTULO 2

d. 3.2.1.-MÉTODOS DE CÁLCULO:

La ASHRAE reconoce la vigencia de cuatro métodos de cálculo de cargas térmicas para seleccionar la capacidad de los equipos de aire acondicionado. Los cuales se nombran a continuación:

- Balance térmico
- Función de transferencia
- ASHRAE CLTD/CLF (Cálculo de Cargas por Temperatura Diferencial y Factores de Carga de Enfriamiento)
- E20 Carrier
- Cargas instantáneas

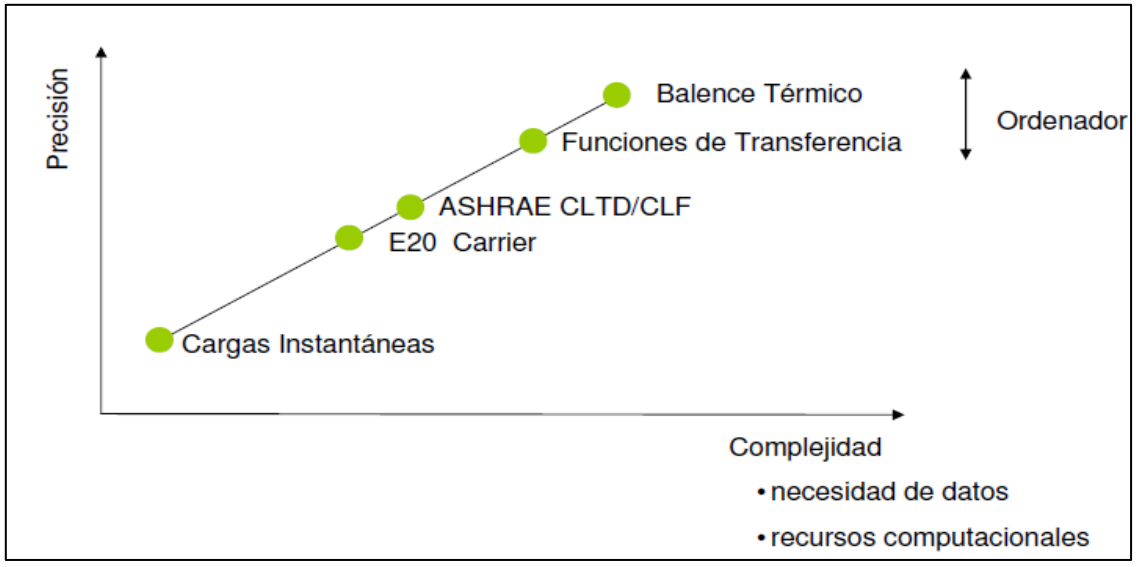


Figura 8: *Métodos de Cálculo.*

d. 3.2.1.1.-Balance Térmico:

Realiza un balance térmico considerando hasta 12 superficies por local (4 paredes, 1 ventana por pared, techo, tejado, suelo, claraboya, masa térmica). Proporciona T de cada superficie y por tanto efectos radiantes asimétricos. (RENEDO)

En términos generales, las condiciones térmicas de un edificio dependen de la magnitud de las pérdidas y ganancias de calor que está teniendo en un momento dado. El edificio tenderá a calentarse cuando las ganancias de calor sean mayores que las pérdidas, y a

enfriarse en la situación contraria. En cualquiera de los dos casos se puede llegar fácilmente a condiciones interiores de disconfort, las cuales, en situaciones extremas, exigirán sistemas de climatización artificial (refrigeración y/o calefacción) para ser contrarrestadas.

De acuerdo al método de la ecuación del balance térmico el equilibrio térmico de un edificio ocurre cuando la suma de las pérdidas y ganancias de calor es igual a cero, llegando a un punto neutral que se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Qi + Qs \pm Qc \pm Qv - Qe \pm Qm = 0 \qquad \textbf{Ecuación.02}$$

Los seis valores en el lado izquierdo de la ecuación se refieren a las principales fuentes de ganancias y/o pérdidas de calor de un edificio: internas, solares, conducción, ventilación, evaporación y sistemas mecánicos de climatización. En los siguientes párrafos trataremos de establecer los procedimientos generales para calcular esos valores. (sol.arq.)

- **Ganancias internas (Qi)**

Las ganancias internas representan fuentes de calor al interior del edificio e incluyen personas, estufas, focos y prácticamente todos los aparatos que consumen energía. Una persona desarrollando actividades ligeras puede añadir unos 180W de energía calorífica al espacio, mientras que una televisión puede añadir más de 300W, dependiendo de su tamaño.

Para estimar las ganancias internas de calor es recomendable calcular los aportes que se pueden dar en un momento dado. Esto significa que no deben considerarse encendidos todos los aparatos al mismo tiempo, sino que es necesario establecer un promedio razonable. Algunos manuales proporcionan tasas estándar de ganancias internas de calor en watts por metro cuadrado de superficie de piso (W/m^2), de acuerdo al tipo de actividades que se desarrollan al interior del edificio. En ese caso será necesario multiplicar dicha tasa por la superficie total de piso para estimar las ganancias totales. (sol.arq.)

- **Ganancias solares (Qs)**

La radiación solar que incide sobre el edificio puede generar importantes ganancias de calor. Cuando éstas se dan a través de superficies opacas (muros y cubiertas, por

ejemplo) se denominan indirectas, y cuando ocurren a través de superficies transparentes, como el vidrio, se llaman directas. En el método del balance térmico se recomienda calcular las ganancias indirectas por medio del parámetro temperatura sol-aire (ver Ganancias por conducción). Sin embargo en ocasiones puede resultar útil conocer las ganancias solares indirectas independientemente de la temperatura del aire exterior. (sol.arq.)

- **Ganancias solares directas**

Las ganancias solares directas (a través de los elementos transparentes) se dan como sigue:

$$\mathbf{Qs = G \times A \times fgs} \qquad \textbf{Ecuación.03}$$

Donde:

Qs = Ganancia directa total en Watts (W).

G = Radiación solar total incidente sobre la superficie transparente (W/m^2).

A = Área de la superficie transparente en m^2.

fgs = Factor de ganancia solar del vidrio.

Nota: El factor de ganancia solar (fgs) se relaciona con el tipo de superficie transparente y representa la radiación directa que puede atravesarla. Se trata de una fracción entre 0 y 1, donde 0 representaría una superficie totalmente opaca y 1 indicaría una superficie totalmente transparente. Generalmente un vidrio claro de 3mm tiene un fgs de 0.88, mientras que uno de 6mm tiene un fgs de 0.84. Algunos cristales de color pueden reducir su fgs a 0.40, en tanto algunos cristales reflejantes pueden llegar a reducirlo hasta 0.20. Sin embargo es importante tomar en cuenta que los cristales de color y los reflejantes también reducen las ganancias de calor cuando estas serían deseables (en invierno) y que pueden llegar a obstruir de manera significativa las vistas al exterior. (sol.arq.)

- **Ganancias solares indirectas**

Las ganancias solares indirectas implican un proceso en el que la radiación solar incidente primero aumenta la temperatura de la superficie exterior de los cerramientos, para después generar un flujo de calor por conducción a través de éstos. Para calcular

las ganancias solares indirectas, independientemente de la temperatura del aire exterior, se puede recurrir a la siguiente fórmula:

$$\textbf{Qs Indirectas} = \mathbf{U} \times \mathbf{A} \times (\mathbf{G} \times \mathbf{a} \times \mathbf{Rso}) \qquad \textbf{Ecuación.04}$$

Donde:

Qs = Ganancia solar directa total en Watts (W).

U= Coeficientes de transmisión de calor.

G = Radiación solar total incidente sobre el elemento opaco (W/m^2).

A = Área del componente opaco en (m^2).

a = Absortancia de la superficie (0-1).

Rso = Resistencia de la película exterior de aire.

- **Pérdidas o ganancias por conducción (Qc)**

Cuando existen flujos de calor a través de la envolvente del edificio (muros, cubiertas y suelos, por ejemplo) se tiene, dependiendo del sentido de dichos flujos, pérdidas o ganancias por conducción. Si los cerramientos tienen cámaras de aire en su interior también se dan procesos de transferencia de calor por convección, aunque estos suelen ser menos intensos. La cantidad de calor ganado o perdido dependerá de las características térmicas de los materiales empleados, de la diferencia de temperatura interior-exterior y de la superficie total expuesta.

Mediante la siguiente ecuación se puede calcular las pérdidas o ganancias de calor en un momento dado:

$$\mathbf{Qc} = \mathbf{U} \times \mathbf{A} \times \Delta\mathbf{T} \qquad \textbf{Ecuación.05}$$

Donde:

Qc = Flujo instantáneo de calor (W).

ΔT = Diferencia instantánea entre la temperatura del aire interior y el exterior (°C).

A = Área de la superficie del componente (m^2).

U = Coeficientes de transmisión de calor

Para un edificio cuyos cerramientos exteriores se ven sometidos a diferentes condiciones exteriores, o presentan distintas diferencias de temperatura interior-exterior, la ecuación anterior se aplica para cada cerramiento y se suman los resultados.

Si se considera la pérdida de calor de un edificio: $\Delta T = Ti - To$

Si se considera la ganancia de calor en un edificio con aire acondicionado: $\Delta T = To - Ti$

Si un elemento también está expuesto a la radiación solar, y se desea incluir las ganancias solares indirectas: $\Delta T = Ts - Ti$

ΔT = Diferencia instantánea entre la temperatura del aire interior y el exterior (°C).

Ti = Temperatura interior (°C).

To = Temperatura exterior (°C).

Ts = Temperatura sol-aire (°C). (sol.arq.)

Temperatura sol-aire

Con el objeto de establecer las ganancias extras de calor en un edificio se suele combinar el efecto calorífico de la radiación incidente con el efecto de la temperatura del aire, lo cual se puede conseguir mediante un parámetro conocido como temperatura sol-aire. Para determinar la temperatura sol-aire se establece un valor de temperatura del aire que produciría el mismo efecto térmico que la radiación incidente, y dicho valor se añade a la temperatura real del aire. En otras palabras, la temperatura sol-aire es la temperatura equivalente del aire exterior que daría la misma cantidad de calor transmitido que los efectos combinados de la radiación solar y la temperatura real del aire. La temperatura sol-aire se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Ts = To + (G \times a x \times Rso)} \qquad \textbf{Ecuación.06}$$

Donde:

Ts = Temperatura sol-aire (°C).

To = Temperatura del aire exterior (°C).

G = Radiación solar incidente total (W/m^2).

a = Absortancia de la superficie (0-1).

Rso = Resistencia de la película exterior del aire ($m^2 \cdot °C/W$).

Nota: Si se emplea la temperatura sol-aire en el cálculo de las ganancias por conducción entonces no se debe incluir el cálculo de las ganancias solares indirectas. (sol.arq.)

- **Pérdidas o ganancias por ventilación - convección (Qv)**

Las pérdidas y ganancias por ventilación ocurren cuando el aire exterior ingresa y circula a través del edificio, lo cual implica también que el aire interior sea expulsado hacia afuera. La ventilación se puede dar de manera intencional, a través de ventanas y puertas, o bien en forma involuntaria, mediante la infiltración a través de los componentes constructivos. Cuando la temperatura del aire exterior es mayor que la del aire interior se tienen ganancias, y viceversa.

$$\mathbf{Qv = 1{,}300 \times V \times \Delta T} \qquad \textbf{Ecuación.07}$$

Donde:

Qv = Pérdida o ganancia total por ventilación (W).

1,300 = Calor específico volumétrico del aire ($J/m^3 \cdot °C$).

V = Tasa de ventilación (m^3/s).

ΔT = Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior (°C).

Si se conoce el número de renovaciones de aire por hora, la tasa de ventilación se obtiene de la siguiente manera:

$V = (N \times Vol) / 3{,}600$

Donde:

V = Tasa de ventilación (m^3/s).

N = Número de renovaciones de aire por hora.

Vol = Volumen total del espacio interior (m^3).

3,600 = Segundos en una hora (s).

- **Pérdidas por evaporación (Qe)**

Las pérdidas de calor por evaporación ocurren cuando el agua se evapora y se incorpora al aire del espacio interior. Si se conoce la tasa de evaporación (ev), en kilogramos por hora (kg/h), la pérdida total de calor por evaporación se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$Qe = 666.66 \times ev$

Donde:

Qe = Pérdida total por evaporación en Watts (W).

ev = Tasa de evaporación en kg/h.

Nota: El factor 666.66 se obtiene del calor latente del vapor de agua (2400000 J/kg) , considerando que la tasa de evaporación se da por hora (3600 segundos), de tal manera que 2400000 / 3600 = 666.66. (sol.arq.)

- **Pérdidas y ganancias por sistemas mecánicos de climatización (Qm)**

El flujo calorífico debido a los sistemas mecánicos de climatización está sujeto a la voluntad del proyectista y pueden controlarse deliberadamente. Debido a ello generalmente se considera como una variable independiente, es decir, que se puede ajustar de acuerdo al balance de los demás factores. Recordemos la ecuación del balance térmico:

$Qi + Qs \pm Qc \pm Qv - Qe \pm Qm = 0$

Si la suma de los primeros cinco valores es mayor a cero, entonces el valor Qm tendría que ser igual a la suma, pero con valor negativo, para lograr el equilibrio. Estaríamos ante la necesidad de un sistema mecánico de refrigeración. Por el contrario, si la suma de los primeros cinco valores es menor a cero el valor Qm tendría que ser igual a la suma pero con valor positivo, lo que indicaría la necesidad de un sistema mecánico de calefacción.

Los sistemas mecánicos de climatización, además de costosos, suponen un gasto energético extra en los edificios, el cual puede llegar a alcanzar niveles excesivos. En ese sentido el diseñador siempre debería tratar de reducir los requerimientos de climatización mecánica al mínimo aplicando estrategias de diseño pasivas, empleando los materiales y sistemas constructivos más adecuados, y aprovechando al máximo los recursos naturales disponibles. (sol.arq.)

d. 3.2.1.2.-Funciones de Transferencia:

Realiza balances térmicos considerando cargas individuales (divide el problema)

Aplica el principio de superposición sumándolas. (RENEDO)

Uno del procedimiento mayor utilizado es el método de **Función de Transferencia (tmf).** Una versión simplificada de este método con aplicaciones para diferentes tipos de construcción fue publicada en el manual de fundamentos ASHRAE de 1977.

- Este método tiene como fundamento el estimar las cargas de enfriamiento hora por hora, predecir las condiciones del espacio para varios sistemas, establecer programas de control y programas de operación.
- El método de función de transferencia (tfm) es aplicado para el cálculo de flujo unidimensional de transferencia de calor en paredes y techos soleados. Los resultados debido a las variaciones de construcción se consideran insignificantes, se si toman en cuenta la carga de los componentes normalmente dominantes. La ASHRAE (1988) generó factores de decremento efectivos de calor y períodos de retraso de tiempo para 41 diferentes tipos de pared y 42 tipos de techo, que son presentados para utilizarse como coeficientes de función de transferencia. (TUDARE GUSTAVO)

d. 3.2.1.3.-ASHRAE CLTD/CLF:

Recoge casos típicos de las funciones de transferencia en tablas de:

• Diferencia de ΔT para Carga de Refrigeración (CLTD)

• Factores de Carga de Refrigeración (CLF)

• Adicionalmente Factor de Carga Solar (SCL). (RENEDO)

Cálculo de Cargas por Temperatura Diferencial y Factores de Carga de Enfriamiento" (cltd/clf).

El método de **"Cálculo de Cargas por Temperatura Diferencial y Factores de Carga de Enfriamiento" (cltd/clf).** Es el método que debe ser aplicado al considerarse como la primera alternativa de procedimiento de cálculo manual.

- El método de Temperatura Diferencial para Carga de Enfriamiento es simplificado, por utilizar un factor "U" para calcular la carga de enfriamiento para techos y paredes, presentando resultados equivalentes. Así, la ecuación básica para carga de enfriamiento en superficies exteriores es: $q = U \times A \times (cltd)$.
- El método de cálculo de carga por temperatura diferencial se basa en la suposición de que el flujo de calor a través de un techo o pared puede ser

obtenido por multiplicar la temperatura diferencial (exterior - interior) por los valores tabulados "U" de techos y paredes, respectivamente. (TUDARE GUSTAVO)

d. 3.2.1.4.-E20 CARRIER: Recoge casos típicos de las funciones de transferencia en tablas de:

• Diferencia Equivalente de (ETD)

• Factores de Acumulación de Carga en muros y techos (SLF). (RENEDO)

Valores de Temperatura Diferencial Total Equivalente y Tiempo Promedio" (tetd/ta).

Otro procedimiento usado para el cálculo de cargas térmicas es el de **"Valores de Temperatura Diferencial Total Equivalente y Tiempo Promedio" (tetd/ta).** La primera presentación de este método se hizo en el manual de fundamentos ASHRAE de 1967, este procedimiento es recomendado para usuarios experimentados.

Para calcular la carga de enfriamiento de un espacio usando la convención del tetd/ta, aplican los mismos procedimientos generales empleados para el tfm. (TUDARE GUSTAVO)

El aplicar el procedimiento TETD/TA en forma manual, especialmente el cálculo de promedio de tiempo, resulta tedioso en la práctica. Este hecho más el interés creciente en el TFM condujo a la ASHRAE a desarrollar el proyecto de investigación RP-158, con el objetivo original de comparar las diferencias y similitudes entre estos métodos (TEDT y TFM), para establecer un procedimiento común para ambos. Se obtuvieron técnicas automatizadas, que al utilizar el TETD/TA provee resultados aproximados a la precisión del TFM con menor esfuerzo en cuanto a cómputos se refiere.

La técnica del CLTD evoluciona como una operación manual que involucra menos cálculos matemáticos y reemplaza el procedimiento de TETD/TA, para cálculos manuales; pero requiere el uso de tablas de factores pre calculado. Proyectos de investigación subsiguientes (ASHRAE 1984, 1988) aclaran el alcance de aplicación efectiva de los factores utilizados para el método de CLTD. (TUDARE GUSTAVO)

d. 3.2.1.5.-Cargas Instantáneas:

No considera el almacenamiento térmico en los cerramientos (inercia térmica). (RENEDO)

d. 3.3.-CAPÍTULO 3

d. 3.3.1.- CONDICIONES DEL PROYECTO

En este capítulo se expone los datos a base de los cuales se establece Las condiciones de proyecto exterior para distintas localidades, y las interiores, o sea, las previstas en el proyecto las condiciones de proyecto establecidas determinan el calor del aire, tanto del interior como del exterior, y afectan directamente a la capacidad del equipo de acondicionamiento, ejerciendo su influencia sobre la transmisión de calor a través de la estructura externa del edificio y la diferencia entre el contenido de calor del aire del interior y del exterior. (INIFED, 2011)

d. 3.3.2.- TEMPERATURAS EXTERIORES DE DISEÑO.

La temperatura de diseño exterior, para verano, es aquella que solo ha de ser superada el 1% de las horas de los 4 meses más calurosos del año. La temperatura de diseño exterior, para invierno, es aquella que solo ha de ser superada el 1% de las horas de los 4 meses más fríos del año. (INIFED, 2011)

d. 3.3.2.1.- Temperatura de cálculo exterior, para refrigeración.

La temperatura está en función de la temperatura máxima extrema del lugar. En caso de contar con la temperatura máxima extrema del lugar se puede determinar la temperatura de diseño exterior, para verano, mediante la figura 9 o aplicando la ecuación. (INIFED, 2011)

$$tc = 4.5 + 0.8\ t\ máx.$$ **Ecuación.08**

Donde:

tc = temperatura de calculo

t máx = temperatura máxima

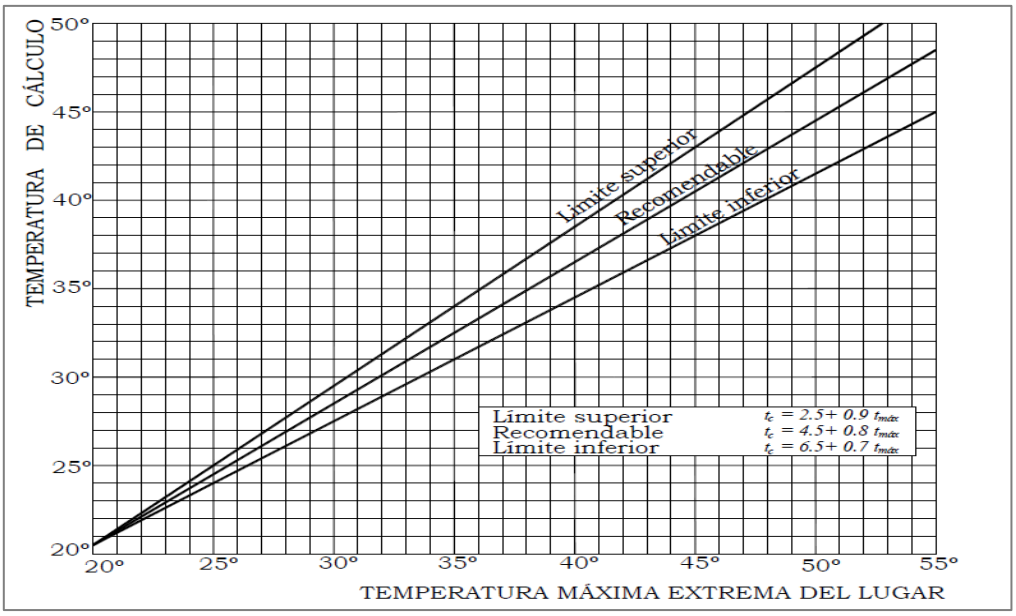


Figura 9: *Temperatura Máxima Externa del Lugar.*

FUENTE: INIFED

d. 3.3.3.- CONDICIONES EXTERIORES

Los criterios para la selección de las condiciones de diseño dependen del uso del edificio, es decir, de la fiabilidad que requiere sus instalaciones.

Los niveles percentiles a considerar para la temperatura seca y húmeda coincidentes en verano y la temperatura seca en invierno puede tomarse ateniendo a los siguientes criterios.

Tabla 3: Nivel de percentil (%)

Tipo de edificio	**Nivel de percentil (%)**	
	verano	**invierno**
De máxima cobertura	1	99
De cobertura normal	2.5	97.5
De mínima cobertura	5	97.5 o 95

FUENTE: Inifed

Entre los edificios con usos que requieren la máxima cobertura deben considerarse los hospitales y edificios similares, centros de cálculo, laboratorios etc. (INIFED, 2011)

d. 3.3.3.1.- Condiciones interiores de proyecto para confort

Las condiciones interiores de proyecto que se reseña en la tabla 4 se recomiendan para las aplicaciones indicadas en la misma. Estas condiciones se han deducido en la misma.

Estas condiciones se han deducido de la experiencia y han sido ratificados por los ensayos de la ASHRAE.

Las condiciones óptimas para instalaciones de lujo se han establecido considerando que el costa de la instalación no es de primordial importancia y para ser aplicadas en las localidades cuya temperatura seca exterior es de 32 °C o inferior. Como todas las cargas (sol, iluminación, personas, aire exterior, etc.) no alcanzan el máximo simultáneamente durante periodos de tiempo prolongados, el cálculo de una instalación que cumpla estas condiciones óptimas puede resultar antieconómico.

Las condiciones de ambiente interior para un local de tipo comercial son las recomendadas en los casos generales de acondicionamiento de aire. Como la mayoría de las personas se encuentra plácidamente a los 24°C de temperatura con una humedad comprendida entre el 45 y el 50%, se gradúa el termostato regulador a esta temperatura y se mantiene estas condiciones cuando la carga es parcial. Cuando se alcanza la carga máxima (máxima temperatura seca y húmeda, 100% de sol, todo el personal ocupando el local y todas las luces encendidas, etc.) la temperatura en el espacio acondicionado llega al valor establecido en el proyecto, que normalmente será de 25 °C.

Si por cualquier motivo se eleva la temperatura dentro del espacio acondicionado, se producirá un almacenamiento de calor en la masa del edificio. Durante los periodos de refrigeración en verano, la variación de temperatura que se utiliza para calcular el almacenamiento es la diferencia entre la temperatura de proyecto y el ajuste normal del termostato. (CARRIER, 2012)

Tabla 4: Condiciones de proyecto recomendadas para ambientes interiores

TIPO DE APLICACIÓN	verano				
	De lujo		Práctica comercial		
	Temperatura Seca °C	Hum. Rel. %	Temperatura Seca °C	Hum. Rel. %	Variación de temperatura
CONFORT GENERAL Apartamentos, hotel, oficinas, colegios.	23-24	50-45	25-26	50-45	1 a 2
TIENDAS COMERCIALES (ocupantes de corta duración) Bancos, peluquerías, almacenes, supermercados.	24-26	50-45	26-27	50-45	1 a 2
APLICACIÓN DE BAJO FACTOR (carga latente elevada) Auditorio, iglesias, bar, restaurant, cocinas etc.	24-26	55-50	26-27	60-50	0.5 a 1

FUENTE: CARRIER

d. 3.4.-CAPÍTULO 4

d. 3.4.1.- ESTIMACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA

d. 3.4.1.1.- Análisis del local y estimación de la carga

La función principal del funcionamiento de aire es mantener, dentro de un espacio determinado, condiciones de confort, o bien las necesarias para la conservación de un producto o para un proceso de fabricación. Para conseguirlo debe instalarse un equipo acondicionador de capacidad adecuada y mantener su control durante todo el año. La capacidad del equipo se determina de acuerdo con la exigencia instantánea de la máxima carga real efectiva, el tipo de control a utilizar dependerá de las condiciones que debe mantener durante las cargas máximas y parciales. Generalmente, es imposible medir las cargas reales máximas o parciales en un espacio dado, por lo que es preciso hacer un cálculo a la estima de dichas cargas. (CARRIER, 2012)

d. 3.4.2.- ESTUDIO DEL LOCAL CARACTERÍSTICAS DEL LOCAL Y FUENTES DE CARGAS TÉRMICAS

Para una estimación realista de las cargas de refrigeración es requisito fundamental el estudio riguroso de las componentes de cargas en el espacio que va hacer acondicionado.

Es indispensable en la estimación que el estudio que sea preciso y completo, no debiendo subestimarse su importancia. Formando parte de este estudio los planos de detalles mecánicos y arquitectónicos, croquis sobre el terreno y en algunos casos fotografías de aspectos importantes del local. En todo caso debe considerarse los siguientes aspectos físicos. (CARRIER, 2012)

d. 3.4.2.1.- Orientación del edificio

Situación del local a condicionar con respecto a:

a. Puntos cardinales: efectos del sol y vientos
b. Estructuras permanentes próximas: efectos de sombra
c. Superficies reflectantes: agua, arena, lugares de estacionamiento, etc.

Destino del local.- Oficina, hospital, local de ventas, fabricas, talleres de montaje, etc.

Dimensiones del local.-Largo, ancho, alto.

Altura de techo.-De suelo a techo, espacio entre el cielo raso y las vigas.

Columnas y vigas.-Tamaño, profundidad y carteles o riostras angulares.

Materiales de construcción.-Materiales y espesor de paredes, techo, suelo y tabiques y su posición relativa en la estructura.

Condiciones de circunambiente.-Calor exterior de las paredes y techumbre, sombras proyectadas por edificios adyacentes y luz solar. Áticos: ventilados y sin ventilar, por gravedad o ventilación forzada.

Ventanas.-Dimensiones y situación, macos de madera o metal, cristal simple o múltiple, tipo de persiana, medición de la salientes de las ventanas y distancias del marco de la ventana a la cara exterior de la pared.

Puertas.- Situación, tipo, dimensiones y frecuencia de empleo.

Ocupantes.- Número, tipo de ocupante, naturaleza de su actividad, alguna concentración especial. Algunas veces es preciso estimar los ocupantes a base de metros cuadrados por persona o promedio de circulación.

Alumbrado.-Potencia en le hora punto. Tipos: incandescentes, fluorescentes, directo o indirecto. Si el alumbrado es directo debe ser previsto el tipo de ventilación que tiene en el sistema de salida y alimentación del aire. si se carece de información exacta se recurre hacer un cálculo de la iluminación en vatios por metro cuadrado.

Motores.-Situación, potencia nominal y empleo. Este último dato es muy importante y debe valorarse cuidadosamente.

La potencia de entrada de los motores eléctricos no es necesaria igual a la potencia útil dividida por el rendimiento. Frecuentemente, los motores trabajan con una permanente sobrecarga o bien por debajo de su capacidad domina. Es siempre conveniente medir la potencia consumida, cuando sea posible. Esto es muy importante en los proyectos de instalaciones industriales en las que la mayor parte de la carga térmica se debe a la maquinaria.

Utensilios, maquinaria comercial, equipos electrónicos.-Situación, potencia indicada, consumo de vapor o gas, cantidad de aire extraído o necesario en su empleo.Puede obtenerse más precisión el consumo de energía eléctrica o de gas durante las horas punta. Los contadores normales sirven frecuentemente para este objeto con tal de que una parte del consumo de gas o energía no esté incluida en la aportación de calor de

local. Este precisa evitar la comulación de ganancia de calor por distintos conceptos. Por ejemplo, un tostador o una parrilla eléctrica pude que no se utiliza por la noche, así como una sartén no se utilice por la mañana. Tampoco todas las maquinas comerciales que haya en un mismo local funcionan simultáneamente. Un equipo eléctrico exige frecuentemente su propio acondicionamiento de aire. En estos casos deben seguirse las instrucciones del fabricante en cuanto a variación de humedad y temperatura, las culés son con frecuencia muy restrictivas.

Ventilación.-Metros cúbicos por persona o por metro cuadrado (de acuerdo con el cliente).

Almacenamiento térmico.-Comprende el horario de funcionamiento del sistema (12, 16 o 24 horas al día) con especificaciones de las condiciones punta exteriores, variación admisible de temperatura en el espacio durante el espacio, alfombras en el suelo, naturaleza de los materiales superficie que rodea el espacio acondicionado.

Funcionamiento continuo o intermitente.-Si el sistema debe funcionar cada día laborable durante la temporada de refrigeración o solamente en ocasiones, como ocurre en las iglesias y salas de baile. Si el funcionamiento es intermitente hay que determinar el tiempo disponible Para la refrigeración previa o pre enfriamiento.

(CARRIER, 2012)

d. 3.4.3.- ESTIMACIÓN DE LA CARGA DEL ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

La estimación de la carga sirve de base para seleccionar el equipo de acondicionamiento. Debe tener en cuenta el calor procedente del exterior en un ¨día de proyecto¨, lo mismo que el calor que se genera en el interior del local. Por definición ¨día de proyecto¨ es aquel en que:

1. Las temperaturas de los termómetros seco y húmedo alcanzan el máximo simultáneamente.
2. Apenas exista niebla en el aire que reduzca la radiación solar.
3. Todas las cargas internas son normales.

La hora de carga máxima puede establecerse generalmente por simple examen de las condiciones del local, no obstante, en algunos casos debe hacerse estimaciones a diversas horas del día.

En realidad, rara vez ocurre que todas las cargas alcance su máximo a la misma hora. Para obtener resultados reales deben aplicarse varios factores de diversidad a algunas de los componentes de la carga. (CARRIER, 2012)

d. 3.4.3.1.- CARGAS EXTERIORES

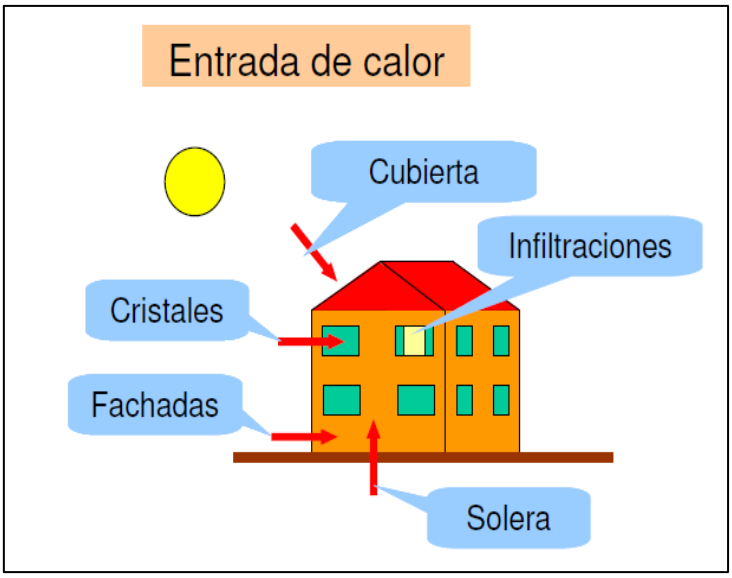


Figura 10: *Entradas de Calor.*
FUENTE: Carlos J. Renedo.

Rayos del sol que entran por las ventanas.- la ganancia de calor suele reducirse por medio de pantallas en el interior o exterior de las ventanas. Debe tenerse en cuenta que toda o parte de la ventana puede estar sombreado por las salientes o edificios próximos. Una gran parte de la ganancia de calor solar es energía radiante y será almacenada parcialmente. (CARRIER, 2012)

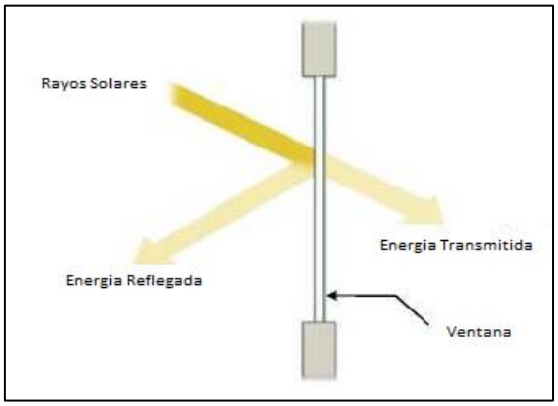


Figura 11: *Radiación solar a través del cristal*
FUENTE: Carlos J. Renedo.

Rayos del sol que inciden en las paredes y techo.- estos, junto con la elevada temperatura del aire exterior, hace que fluya el calor en el espacio acondicionado.

La Mayoría de las superficies exteriores de un edificio, están expuestas a la luz solar directa durante o parte del día, la energía térmica solar es generada por el sol, irradiado a la tierra. El calor radiante es similar a la luz, ya que viaja en línea recta y puede ser reflejada por una superficie brillante. Tanto la luz y el calor radiante puede pasar a través de una superficie transparente (como el vidrio).

Cuando los rayos del sol inciden de una superficie opaca, sin embargo, una cierta cantidad de calor radiante la energía se transfiera a la superficie, resultando en un aumento de la temperatura de la superficie. La cantidad de calor transferido depende en primer lugar el color y la suavidad de la superficie, y el ángulo en que los rayos del sol inciden en la superficie.

Cuando los rayos del sol chocan con la superficie en un ángulo de 90º, la cantidad máxima de energía de calor radiante se transfiere a la superficie. Cuando la misma rayos chocan en la superficie en un ángulo menor, energía radiante se transfiere a la superficie el calor es menos. El ángulo en el que los rayos del sol inciden en la superficie depende de la latitud, la hora del día y el mes del año.

Debido a la rotación de la tierra durante todo el día, y la tierra en órbita alrededor del sol durante todo el año, el ángulo de los rayos del sol que inciden con una superficie de un edificio está en constante cambiando. Esto varía la intensidad de la radiación solar sobre una superficie exterior de un edificio, dando como resultado una cantidad variable de energía solar térmica transferida a la superficie durante el día y durante todo el año. (CARRIER, 2012)

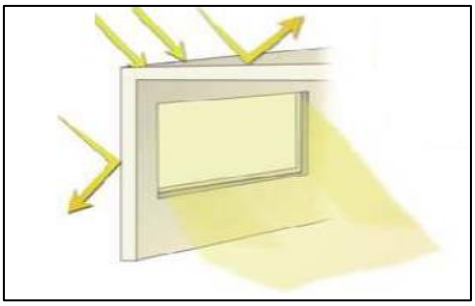


Figura 12: *Incidencia solar en techos y paredes.*
FUENTE: Carlos J. Renedo**.**

Temperatura del aire exterior.- una temperatura del exterior más alta que la del interior hace que el calor fluya a través de las ventanas, tabiques y suelos.

Presión del vapor de agua.- una elevada presión de vapor de agua alrededor del espacio a condicionar, hace que el vapor fluya a través de los materiales que constituya el edificio. Esta carga solo es apreciable en los casos de bajo punto de roció interior.

Vientos que soplan contra una pared del edificio.- el viento hace que el aire exterior, con mayor temperatura y contenido de humedad, se infiltren a través de las rendijas de puertas y ventanas, con lo que resulta una ganancia de calor latente y sensible. Toda o parte de esta infiltración puede anularse por el aire que se introduce a través del aparato de acondicionamiento a efectos de ventilación.

Aire exterior necesario para la ventilación.- generalmente, se necesita aire exterior para renovar el interior y suprimir olores. Este aire de ventilación impone al equipo de acondicionamiento una carga de enfriamiento y de des humectación, ya que hay que sustraer calor o humedad, o ambos. La mayoría de equipos de acondicionamiento permiten desviar al aire exterior de la superficie de enfriamiento. Este aire exterior desviado constituye una carga en el espacio acondicionado, análogo a la infiltración; en vez de introducirse por las rendijas de las ventanas, entra en local por el conducto de aire. La cantidad de aire exterior desviado depende del tipo de aparato. (CARRIER, 2012)

Infiltraciones.-Las infiltraciones y en particular la entrada en el local acondicionado del vapor de agua que resulta de ellas, constituyen con frecuencias un origen de importantes ganancias o pérdidas de calor. El caudal de aire de infiltración varía según la estanqueidad de las puertas y ventanas, la porosidad de las paredes del edificio, su altura, escaleras, dirección, velocidad del viento, caudales relativos del aire de ventilación y de extracción.

En general, las infiltraciones se deben sobre todo a la velocidad del viento, efecto chimenea o a la combinación de ambos efectos. (CARRIER, 2012)

1. Velocidad del viento.-La acción del viento se traduce en una sobrepresión en la fachada expuesta él, y en una ligera depresión en el lado contrario del edificio. Esta sobrepresión hace que el aire exterior se infiltre en el local por las rendijas de la

construcción y los intersticios de puertas y ventanas, penetrando por la facha expuesta y saliendo por el lado contrario.

2. Diferencia de densidad o efecto de chimenea.-Las diferencias de temperatura y humedad producen diferencias de densidad entre el aire exterior y el interior. En los edificios altos estas diferencias de densidad producen los efectos de infiltración y exfiltración o de evacuación siguientes:

•**En verano:** Infiltraciones por la parte superior y evacuación por la parte inferior.

•**En invierno:** Infiltraciones por la parte inferior y evacuación por la parte superior. (CARRIER, 2012)

d. 3.4.3.2.- CARGAS INTERNAS

La carga interna o calor generado en el local depende de la aplicación. En cada caso habrá que aplicar a todas las cargas internas el correspondiente factor de diversidad y empleo. Lo mismo que la ganancia de calor solar, algunas ganancias internas consisten en calor radiado que es prácticamente almacenado y, por tanto, reducen la carga impuesta al equipo acondicionador.

Generalmente, las ganancias internas provienen de alunas (o todas) de las siguientes fuentes:

Personas.- el cuerpo humano, en razón de su metabolismo, genera calor en su interior y lo cede por radiación, convección y evaporación desde su superficie, y por convección y evaporación a través del sistema respiratorio. La cantidad de calor generado y disipado depende de la temperatura ambiente y del grado de actividad de la persona.

Alumbrado.- los elementos de iluminación convierten la energía eléctrica en calor y en luz. Una parte de este calor es radiante y se almacena también parcialmente.

El alumbrado constituye una fuente de calor sensible. Este calor se emite por radiación, convección y conducción. Un porcentaje de calor emitido por radiación es absorbido por los materiales que rodean el local, pudiendo también producirse estratificación de calor emitido por convección. Las lámparas de incandescencia transforman en luz el 10% de la energía absorbida mientras que el resto se transforma en calor. (CARRIER, 2012)

Los tubos fluorescentes transforman un 25% de la energía absorbida en luz mientras que otro 25% se disipa por radiación hacia las paredes que rodean el local y el resto por convección y conducción. Debe tenerse en cuenta, además del calor emitido por la reactancia o resistencia limitadora que representa un 25% de la energía absorbida por la lámpara. (CARRIER, 2012)

Utensilios.- los restaurantes, hospitales, laboratorios y determinados establecimientos (salones de belleza) tienen aparatos eléctricos, de gas o de vapor que desprenden vapor.

La mayor parte de los aparatos son, a la vez, fuente de calor sensible y latente, los aparatos eléctricos solo emiten calor latente en función de su utilización cocción, secado, etc., mientras que, por causa de la combustión, los aparatos de gas producen calor latente suplementario. En la mayoría de los casos se produce una disminución importante de ganancias, tanto sensibles como latentes, por medio de campanas de extracción ventiladas mecánicamente y vienen concebidas. (CARRIER, 2012)

Máquinas eléctricas de calcular.- consultar los datos de fábrica para valorar la ganancia de calor procedente de las maquinas eléctricas de calcular. Como normalmente todas las maquinas no se usara simultáneamente, habrá que aplicar un factor de empleo o diversidad a la ganancia de calor a plena carga. Estas máquinas pueden estar también cubiertas o tener refrigeración interna parcial, lo cual reduce la carga impuesta al equipo de acondicionamiento.

Motores eléctricos.- los motores eléctricos constituye una carga muy importante en las instalaciones industriales, por lo que debe hacer un cuidadoso análisis respecto a las horas de trabajo y su capacidad antes de hacer una estimación de la carga. Frecuentemente no constituye problema la medida de esta carga en las instalaciones existentes, y debe hacerse siempre que sea posible.

Tuberías y depósitos de agua caliente.- las tuberías de agua caliente o de vapor que pasan por el espacio acondicionado, lo mismo que los depósitos de agua caliente, aportan calor. En muchas aplicaciones industriales estos depósitos son abiertos, por lo que se produce evaporación de agua dentro del local.

Diversas fuentes de calor.- pueden existir otras fuentes de calor y de humedad dentro del espacio acondicionado, como, por ejemplo escases de vapor (máquinas de lavar y

planchar), o absorción de agua por medio de materiales higroscópicos) papel, tejidos, etc.).

Además de la ganancia de calor que tiene su origen en el exterior o en el interior del espacio acondicionado, el propio equipo de acondicionamiento y el sistema de conductos producen una ganancia o pérdidas de calor. Los ventiladores y bombas que se utilizan para distribuir el aire o el agua en el sistema generan calor, también se añade calor cuando los conductores de impulsión de aire o de retorno atraviesan espacios más calientes. En los conductos de impulsión pueden producirse fugas de aire frio y en los retornos fugas de aire caliente. El método para evaluar las ganancias de calor debidas a esas fuentes valoradas en tanto por ciento de la carga de calor sensible, de calor latente y de calor total. (CARRIER, 2012)

e. 4.- MATERIALES Y MÉTODOS

e. 4.1 Materiales

Para llevar a efecto el presente trabajo se utilizó varios materiales tales como: equipo de computación y suministros de oficina, copias, anillados, empastado e internet mismos que permitieron tener una mayor eficiencia en la culminación del trabajo.

Instrumentos de diseño

- Word
- Excel

e. 4.2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

e. 4.2.1.- FORMULACIÓN

e. 4.2.1.1.- Parámetros a considerar en el cálculo de la carga de acondicionamiento de aire en un local

Para llevar a cabo el cálculo de la carga de acondicionamiento de aire de un espacio (oficinas, teatros, locales comerciales, etc.), se requiere la más detallada información que conlleve a la obtención de un cálculo más real y preciso. Generalmente se llevan a cabo los siguientes pasos:

- Obtener características de la construcción, tales como: Materiales, tamaño de los componentes, colores, formas de las superficies externas y configuración general dada por los planos.
- Obtener condiciones exteriores de diseño: Información necesaria y apropiada sobre el clima y condiciones externas de diseño.
- Seleccionar condiciones interiores de diseño, tales como: Temperatura interior de bulbo seco y bulbo húmedo, tipo de ventilación, incluyendo variaciones y límites permitidos.
- Inventario de condiciones de funcionamiento: Una detallada lista de iluminación, ocupantes, equipos al interior del espacio y procesos que contribuyan a la carga térmica interna.
- Fecha y momento: Seleccionar hora del día y el mes para llevar a cabo el cálculo de la carga de acondicionamiento. Frecuentemente, se hace

necesario seleccionar varias horas distintas en el día, con el fin de obtener la carga máxima de diseño.

e. 4.2.1.2.-FACTORES DE CARGA EXTERNOS

Factores de carga externos son los que participan en el cálculo de los componentes de la carga de refrigeración que surgen de las influencias externas al espacio que está siendo enfriado. Estos componentes de la carga de refrigeración provienen de:

1. La conducción de calor a través de paredes y techos.
2. La conducción de calor a través de particiones interiores, techos y pisos.
3. La conducción de calor a través de la fenestración.
4. Efectos de las radiaciones solares que pueden ser:
    a. Convertido a la conducción y la convección afecta a través de paredes y techos o vidrio.
    b. Transmite directamente a través del vidrio forman el exterior en el espacio.

- **EFECTOS CONDUCCIÓN Y VALORES DE *U***

El estado de equilibrio de flujo de calor por conducción a través de un techo o una pared o vidrio está dada por:

$$\mathbf{Q = (U \times A) \times \Delta t \quad o \quad Q = \left(\frac{A}{R_t}\right) \times \Delta t} \qquad \textbf{Ecuación.09}$$

Donde:

Q= tasa de transferencia de calor, Btu/hr

Δt= diferencia de temperatura total del aire, °F

R_T= suma de resistencias térmicas individual, (hr·ft²·°F)/Btu; $R_T = {}^{1}/_{U}$

U= coeficiente de transmisión, Btu/(hr·ft²·°F)=1/R_T

A= área de la pared de la sección transversal, ft².

La ecuación de estado inestable de la carga de refrigeración está escrito en formato similar a:

$$\mathbf{Q = U \times A \times CLTD} \qquad \textbf{Ecuación.10}$$

Donde:

Q =la carga de refrigeración, Btu/hr

U= coeficiente de transmisión, Btu/(hr·ft²·F)

A= área de la pared de la sección transversal, ft².

CLTD = la diferencia de temperatura de la carga de refrigeración, °F. Será utilizado para todos los componentes de la carga de refrigeración externa mencionados anteriormente, a excepción de la radiación solar a través del vidrio. (ASHRAE, 2009)

CÁLCULO DE LOS VALORES *U*

Este coeficiente expresado en Btu/(hr·ft²·°F), indican la cantidad de calor intercambiada en una hora a través de una pared, por ft² de superficie y por °F de diferencia entre la temperatura del aire que baña su cara interior y exterior. La cantidad de calor intercambiada, *q*, atreves de una pared de superficie A, para una diferencia de temperatura CLTD será $Q=U\times A\times CLTD$. La diferencia de temperatura de *U*(hr·ft²·°F)/Btu) expresa la resistencia global ofrecida al paso del calor y es igual a la suma de las resistencias parciales ofrecidas por las distintos materiales que componen la pared, aumenta en la resistencia superficial. Los anexos tablas 1A-1C dan unos coeficientes de transmisión para un cierto número de tipos de construcción. (ASHRAE, 2009)

- **CARGA TÉRMICA EN PAREDES**

Las ganancias de conducción de calor por conducción a través de paredes que se dan al exterior se calculan con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Q = U \times A \times CLTD} \qquad \textbf{Ecuación.11}$$

Donde:

Q**=** ganancia neta del recinto por conducción. BTU/hr

U= coeficientes de transmisión de calor de diseño. BTU/hr·ft²·°F

A= área de la pared. ft²

CLTD = la diferencia de temperatura de la carga de refrigeración. °F

Ajuste del CLTD para paredes

La CLTD es una diferencia de temperatura que toma en cuenta el efecto de almacenamiento de calor. Los valores de CLTD que se encuentra en las tablas se deben corregir como sigue la siguiente expresión:

$$\mathbf{CLTD_{corr} = (CLTD + LM) \times K + (78 - T_R) + (T_o - 85)} \qquad \textbf{Ecuación.12}$$

Donde:

LM= corrección de latitud y mes

T_R=temperatura interior de diseño

T_o= temperatura exterior de diseño

K= factor de ajuste de color

K= 1 es el factor de color oscuro y en un área industrial

K= 0.83 color medio permanente

K= 0.65 color claro permanente

- **CARGA TÉRMICA EN TECHO**

Las ganancias de conducción de calor por conducción a través de techo que se dan al exterior se calculan con la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Q = U \times A \times CLTD} \qquad \textbf{Ecuación.13}$$

Donde:

Q=ganancia neta del recinto por conducción. BTU/hr

U= coeficientes de transmisión de calor de diseño. BTU/hr·ft²·°F

A= área de la techo. ft²

CLTD = la diferencia de temperatura de la carga de refrigeración. °F

Ajuste del CLTD para techos

$$\boldsymbol{CLTD_{corr} = (CLTD + LM) \times K + (78 - T_R) + (T_o - 85) \times f} \qquad \textbf{Ecuación.14}$$

Donde:

LM= corrección de latitud y mes

T_R=temperatura interior de diseño

T_o= temperatura exterior de diseño

K= factor de ajuste de calor.

K= 1.0 es de color oscuro o claro en una zona industrial.

K= 0.5 color claro permanente

f= factor para ventiladores de áticos o ductos arriba de cielos rasos.

f=1 si no hay áticos o ductos

f=0.75 para ventilación de entre piso (techo falso) en los demás casos.

- **CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA DEBIDO A LA CONDUCTIVIDAD EN LOS VIDRIOS**

Para el cálculo de la carga de enfriamiento por conducción a través de vidrios de las ventanas exteriores se emplea la ecuación.

$$\mathbf{Q = U \times A \times CLTD} \qquad \textbf{Ecuación.15}$$

Donde:

Q=ganancia neta del recinto por conducción. BTU/hr

U= coeficientes de transmisión de calor de diseño. BTU/hr·ft²·°F

A= área de la vidrio. ft²

CLTD = la diferencia de temperatura de la carga de la conducción a través del cristal. °F

CÁLCULO DE CARGA SOLAR DE VIDRIO

El concepto CLTD, tal como se aplica al vidrio, se ocupa sólo la parte de la conducción de la carga de refrigeración. la ganancia de calor solar (SHG) (solar heat gain), Btu/(hr·ft²) a través de la fenestración se obtiene como el producto del coeficiente de sombreado (SC) (Shading coefficient) del acristalamiento particular, y el factor de ganancia de calor solar (SHGf) (solar heat gain facto) Btu/(hr·ft²), del material de acristalamiento de referencia que es el doble de fuerza 1 / 8 in. Vidrio plano.

$$\mathbf{SHG = SC \times (SHGF)} \qquad \textbf{Ecuación.16}$$

La carga de refrigeración solar, q, que está quedando la ganancia de calor solar, se obtiene por la de la SHGF, SHGFmax, para el mes, la latitud y la orientación y un factor de conversión, el factor de carga de refrigeración, CLF, por lo tanto:

$$\mathbf{Q = A \times (SC) \times (SHGF_{max}) \times (CLF)} \qquad \textbf{Ecuación.17}$$

Donde:

Q= refrigeración de carga debido a la radiación solar a través del vidrio, Btu/hr

A= área de cristal, ft².

SC= coeficientes de sombreado para combinación de tipo de vidrio y el tipo de sombreado

(SHGF)max= SHGF máximo para el mes, la latitud y la orientación, factor de ganancia máxima de calor solar, Btu/(hr·ft².)

CLF= el factor de carga de enfriamiento

e. 4.2.1.3.-CARGAS INTERNAS

Cargas internas involucran componentes de las cargas de enfriamiento que surgen a partir de fuentes internas al espacio de estado. Los componentes son:

- **ALUMBRADO**

El alumbrado constituye una fuente de calor sensible. Este calor se emite por radiación, convección y conducción. Un porcentaje del calor emitido por radiación es absorbido por los materiales que rodean el local, pudiendo también producirse estratificación del calor emitido por convección.

$$\mathbf{Q_s = 3.41 \times W \times F_s \times CLF} \qquad \textbf{Ecuación.18}$$

Donde:

Q= carga de enfriamiento sensible en Btu / hr

3.41=factor de conversión de BTU / hr por vatio

w=potencia total de la lámpara

F_s= factor especial de fluorescencia apropiada

CLF=factor de carga de enfriamiento

El termino W es la capacidad nominal de las luces en uso, expresada en watts. En muchas aplicaciones el alumbrado esta encendido siempre, pero si no lo está, se debe emplear la cantidad real. El volar de 3.41 es para convertir watts a BTU/hr.

El factor de F_s= toma en cuento las pérdidas de calor en la balastro de las unidades fluorescentes, un valor típico de F_s es 1.25 para el alumbrado fluorescente, pero se debe verificar, para el alumbrado incandescente no hay perdidas adicionales y el F_s=1.0.

El factor *CLF* tomado en cuenta el almacenamiento de parte de la ganancia de calor por alumbrado. El efecto de almacenamiento depende de cuánto tiempo este encendido el alumbrado y trabaja el sistema de enfriamiento, así como de la construcción del edificio, el tipo de unidad de alumbrado, la cantidad de ventilación.

Para cualquier de las siguientes condiciones no se puede permitir efectos de almacenamiento:

1.- si el sistema de enfriamiento solo trabaja durante las horas de ocupación

2.- si el sistema de enfriamiento trabaja más de 16 horas

3.1si se permite aumentar la temperatura del recinto durante las horas cuando no se ocupa.

Esas condiciones cubren tantos casos posibles que el autor crea que los efectos de almacenamiento de calor para el alumbrado se debe usar como extrema precaución. Los patrones de uso de la construcción cambian con frecuencia y pueden ser impredecibles. En los demás casos, use un valor CLF=1.0.

- **PERSONAS**

La ganancia de color debido a las personas se componen de dos partes: el calor sensible y el calor latente que resulta de la transpiración. Algo del calor sensible se puede observar por el efecto de almacenamiento de calor, pero no el calor latente.

Las ecuaciones para las ganancias de calor sensible y latente originado en las personas son:

$$\mathbf{Q_s = \frac{q_s}{persona} \times \left(N_{persona}\right) \times CLF} \qquad \textbf{Ecuación.19}$$

$$\mathbf{Q_l = \frac{q_l}{persona} \times \left(N_{persona}\right)} \qquad \textbf{Ecuación.20}$$

Donde:

$\frac{q_s}{persona}$ =la ganancia de calor sensible por persona (anexo tabla 11A)

$\frac{q_l}{persona}$ = la ganancia de calor latente por persona (anexo tabla 11A)

$N_{persona}$= número de personas

CLF= factor de carga de enfriamiento por horas de ocupación

La velocidad de ganancia de color debido a la gente depende de su actividad física en la tabla 4.5 de una lista de valores para algunas actividades típicas.

El CLF, del efecto de almacenamiento de calor, se aplica a la ganancia de calor debido a las personas. Si el sistema de acondicionamiento de aire se apaga durante la noche, no se bebe incluir el almacenamiento de calor y el CLF=1.0 la anexo tabla 12A da una lista de valores de este factor.

- **APARATOS ELÉCTRICOS**

La ganancia de calor debido a los equipos se puede calcular en ocasiones en forma directa consultando al fabricante o a los datos de placa, tomando en cuenta si su uso es intermitente, algunos equipos producen tanto calor sensible como latente en la tabla 6.16 se muestran algunos valores de la producción de color para aparatos eléctricos típicos .

- **Carga sensible de enfriamiento**

$$\mathbf{Q_s = sensible \times (CLF)} \qquad \textbf{Ecuación.21}$$

Donde:

Q_s=carga sensible de enfriamiento, Btu/hr

Sensible= calor sensible ganado por equipo Btu/hr

CLF= factor de carga de enfriamiento. Por programa de horas.

Nota: CLF=1.0 con 24 horas de ocupación de los aparatos y 0 si la carga no existe en la noche o fin de semana.

Si no se conoce los detalles del aparto se emplea la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Q_s = C_s \times q_r \times CLF} \qquad \textbf{Ecuación.22}$$

Donde:

q_r = Potencia de entrada; Btu/hr

C_S = Coeficiente calor sensible

CLF= factor de carga de enfriamiento. Por programa de horas.

- **Carga latente de enfriamiento**

$$\boldsymbol{Q_l = latente} \qquad \textbf{Ecuación.23}$$

Latente= carga latente de enfriamiento por aparato Bth/hr

Si no se conoce detalles se utiliza la siguiente formula:

$$\mathbf{Q_l = C_l \times q_r} \qquad \textbf{Ecuación.24}$$

Donde:

q_r= potencia de entrada; Btu/hr

C_l= coeficiente calor latente

- **VENTILACIÓN**

En general se admite algo de aire exterior por razones sanitarias y de confort. El calor sensible y el latente de este aire son mayores que el del aire del recinto, por lo cual se vuelve parte de la carga de enfriamiento. Sin embargo, el exceso de calor se elimina en general en el equipo de enfriamiento, y por lo tanto es parte de la carga de refrigeración, pero no de la carga del recinto.

Las ecuaciones para calcular las cargas de enfriamiento sensible y latente debidas al aire de ventilación son:

$$\mathbf{Q_s = 1.10 \times \Delta t \times scfm} \qquad \textbf{Ecuación.25}$$

$$\mathbf{Q_l = 4840 \times (W_o - W_i) \times scfm} \qquad \textbf{Ecuación.26}$$

Donde:

scfm= la infiltración y ventilación, cfm

Δt= diferencia de temperatura interior-exterior en °F.

1.10= cambio de unidades de Btu/hr por scfm × °F

4840= cambio de unidades de Btu/hr por scfm × °F

ΔW=relación de humedad exterior e interior, g de agua/ Lb de aire seco.

Aire de ventilación

$$\mathbf{Q} = \frac{\mathbf{Q}}{\mathbf{persona}} \times \mathbf{N_{personas}} \qquad \textbf{Ecuación.27}$$

Donde:

Q= tasa de ventilación exterior;

Q/persona= tasa de ventilación por persona; cfm (anexo tabla15A)

$\boldsymbol{N_{personas}}$**=** número de personas

- **INFILTRACIÓN DE AIRE**

La infiltración de aire través de la fisura en las ventanas o puertas o ocasionan una ganancia de calor, tanto sensible como latente, en el recinto. Muchas construcciones modernas tienen ventanas selladas y por lo tanto no tienen perdidas por infiltración excepto en las puertas.

- **Infiltración a través de rendijas de las ventanas y puertas**

$$\mathbf{Q} = \mathbf{P} \times \left({}^{\mathbf{Q}}\!/_{\mathbf{P}} \right) \qquad \textbf{Ecuación.28}$$

Donde:

Q=infiltración en cfm a través del perímetro en aberturas de ventanas y puertas

P= perímetro ventanas y puertas; ft

Q/P= se obtiene de:

k, el coeficiente de fuga perímetro,

Δp= la diferencia de presión a través de la ventana o puerta. Utiliza la

Con la velocidad del viento; (km/h); (mpd); se encuentra:

$$\Delta \boldsymbol{P_w} \Big/ \boldsymbol{C_p} \qquad \textbf{Ecuación.29}$$

Donde:

ΔP_w=en pulgadas de agua.

C_p= para las casas se supone C_p=1, por el lado de barlovento.

Método de la fisura

Este método supone que se puede medir o establecer una tasa de infiltración del aire con exactitud, por pie de fisura. Los reglamentos energéticos tienen una lista de velocidad máxima permisible de infiltración para construcciones nuevas o recomendadas. La tabla es una de esta tasa típica de infiltración en los reglamentos energéticos, basada en un viento de 25 mph. (PITA, 1994)

Tabla 5: Tasa máxima recomendada de infiltración para diseños a través de ventanas y puertas exteriores

componente	Tasa de infiltración
Ventana	0.75 cfm/ft de fisura
puerta	1.0 cfm/ft de fisura

FUENTE: Edwar G. Pita

e. 4.2.2.- PROCESO

e. 4.2.2.1.-RESISTENCIA TÉRMICA EN PARED

El coeficiente de transmisión de calor U depende del material con que esté construida la pared. Usaremos la tabla siguiente: **anexos tabla 1A -1B**

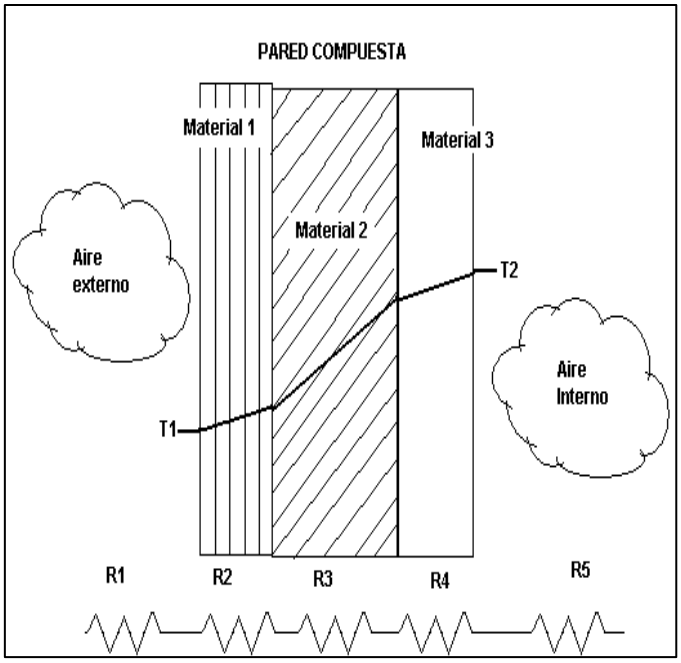


Figura 13: *Pared compuesta.*

PAREDES DE LADRILLO

Tabla 6: Coeficientes de transmisión de calor de diseño para paredes de ladrillo.

Construcción	**Resistencia (hr·ft² ·°F/BTU)**		
Ladrillo macizo 4 in	Resistencia		
	Común		0.20
Acabado y alisado	Arena		Revoque de yeso
	Resistencia		Resistencia
	0.20		0.39
Capa de aire	exterior		interior
	15mph	7.5mph	
	Resistencia	Resistencia	Resistencia
	0.17	0.25	0.68

FUENTE: ASHRAE & CARRIER

Cabe recalcar que cada capa de la cual está compuesta la pared tiene una resistencia correspondiente, en el **anexos tabla 1A -1D**, se encuentra la tabla donde se muestran diferentes materiales con sus respectivas resistencias, y en el **anexos tabla 1A -1D** presenta varios materiales con los valores de U directamente.

Para obtener el factor de U, debemos conocer la estructura de la pared para lo cual se tiene:

Ladrillo 10.16 cm. (4")

Cemento 1.3 cm. (1/2")

Acabado 1.3 cm. (1/2")

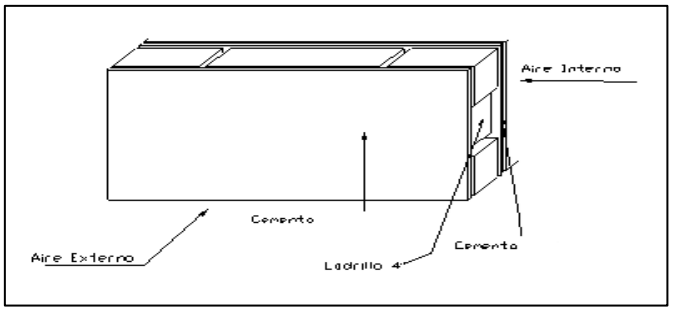


Figura 14: *Componentes de la pared de ladrillo.*

Tomando en cuenta que además de la composición de la pared en sí se tiene que considerar el aire que se encuentra tanto al interior del cuarto como al exterior y

ayudados con las tablas presentadas en la anexa tabla **1A-1D**, se tiene los siguientes valores (hr·ft²·°F/BTU):

R1: Aire externo 0.25

R2: Cemento (1/2") 0.10

R3: Ladrillo (4") 0.80

R4: Cemento (1/2") 0.10

R5: yeso (1/2") 0.39

R6: Aire interno 0.68

Rt : Total resistencias 2.32

Dando como resultado:

U = 0.43 BTU/ hr·ft²·°F

Ladrillo macizo 8 in

R1: Aire externo 0.25

R2: Cemento (1/2") 0.10

R3: Ladrillo (8") 1.60

R4: Cemento (1/2") 0.10

R5: Gypsum (1/2") 0.39

R6: Aire interno 0.68

Rt : Total resistencias 3.12

Dando como resultado:

U = 0.32 BTU/ hr·ft²·°F

PAREDES DE BLOQUE

Tabla 7: Coeficientes de transmisión de calor de diseño para paredes de bloque.

construcción	**Resistencia (hr·ft²·°F/BTU)**		
BLOQUE 4 in	**resistencia**		
	Común		1.11
BLOQUE 8 in	Común		1.72
Acabado y alisado	**Arena**		**Revoque de yeso**
	resistencia		**resistencia**
	0.20		0.39
Capa de aire	exterior		interior
	15mph	7.5mph	
	resistencia	**resistencia**	**resistencia**
	0.17	0.25	0.68

FUENTE: ASHRAE & CARRIER

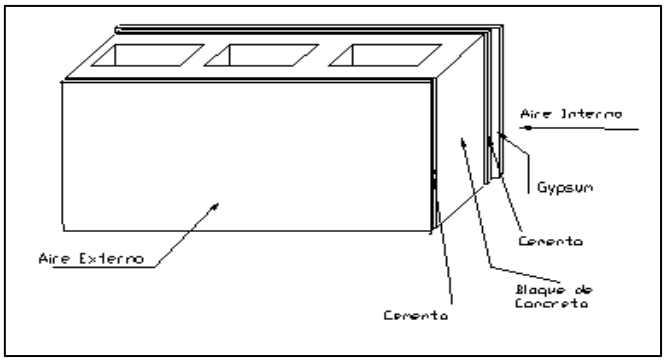


Figura 15: *Componentes de la pared de bloque.*

R1: Aire externo 0.25

R2: Cemento (1/2") 0.10

R3: bloque (4") 1.11

R4: Cemento (1/2") 0.10

R5: Gypsum (1/2") 0.39

R6: Aire interno 0.68

Rt : Total resistencias 2.63

Dando como resultado:

U = 0.38 BTU/ hr·ft²·°F

BLOQUE 8 in

R1: Aire externo 0.25

R2: Cemento (1/2") 0.10

R3:Bloque (8") 1.72

R4: Cemento (1/2") 0.10

R5: Gypsum (1/2") 0.39

R6: Aire interno 0.68

Rt : Total resistencias 3.24

Dando como resultado:

U = 0.27 BTU/ hr·ft²·°F

PARADES DE ADOBE

Tabla 8: Coeficientes de transmisión de calor de diseño para paredes de adobe.

construcción	**Resistencia (hr·ft²·°F/BTU)**		
Adobe 8 in	**resistencia**		
	Común		0.41
Adobe 12 in	Común		0.41
Acabado y alisado	Arena		Revoque de yeso
	resistencia		**resistencia**
	0.20		0.39
Capa de aire	exterior		interior
	15mph	7.5mph	
	resistencia	**resistencia**	**resistencia**
	0.17	0.25	0.68

FUENTE: ASHRAE & CARRIER

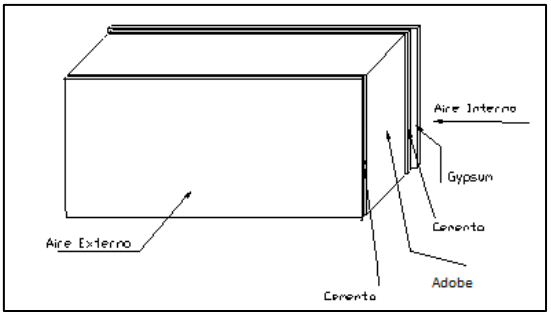


Figura 16: *Componentes de la pared de adobe.*

R1: Aire externo 0.25

R2: Cemento (1/2") 0.10

R3: adobe (8") 3.28

R4: Cemento (1/2") 0.10

R5: Gypsum (1/2") 0.39

R6: Aire interno 0.68

Rt : Total resistencias 4.8

Dando como resultado:

U = 0.2 BTU/ hr·ft²·°F

ADOBE 12 in

R1: Aire externo 0.25

R2: Cemento (1/2") 0.10

R3: adobe (12") 4.92

R4: Cemento (1/2") 0.10

R5: Gypsum (1/2") 0.39

R6: Aire interno 0.68

Rt : Total resistencias 6.44

Dando como resultado:

U = 0.15 BTU/ hr·ft²·°F

Determinación de temperatura total equivalente (CLTD) para paredes.

Según ASHRAE por las características de la pared se clasifican en los siguientes tipos anexo tabla 2A:

Tabla 9: Descripción de grupos de construcción de pared

TIPO DEPARED	4in-(10cm)	8in-(20cm)
LADRILLO	D	B
BLOQUE	E	D
ADOBE	D	C

FUENTE: ASHRAE

Una vez seleccionad o el tipo de pared se selecciona de la anexo tabla 3A los valores de CTL

Tabla 10: Corrección del CLTD por latitud y mes, para aplicación a pared y techos.

LATITUD	MES	N	NE NW	E W	SE SW	S
0	Diciembre	-3	-5	-2	3	9
	Enero/Noviembre	-3	-4	-1	2	7
	Febrero/Octubre	-3	-2	-1	0	-8
	Marzo/Septiembre	-3	1	-1	-3	-8
	Abril/Agosto	5	3	-2	-6	-8
	Mayo/Julio	10	5	-3	-8	-8
	Junio	12	5	-3	-9	-8

4	Diciembre	-3.5	-5.5	-2.5	3.5	11
	Enero/Noviembre	-3	-5	-1.5	2.5	8.5
	Febrero/Octubre	-3	-2.5	-1	0.5	2
	Marzo/Septiembre	-3	0	-1	-3	-6
	Abril/Agosto	3.5	2.5	-1.5	-6	-8
	Mayo/Julio	8.5	4.5	-3.5	-8	-8
	Junio	10.5	4.5	-2.5	-9	-8
8	Diciembre	-4	-6	-3	4	12
	Enero/Noviembre	-3	-6	-2	3	10
	Febrero/Octubre	-3	-3	-1	1	4
	Marzo/Septiembre	-3	-1	-1	-2	-4
	Abril/Agosto	2	2	-1	-5	-7
	Mayo/Julio	7	4	-2	-7	-7
	Junio	9	4	-2	-8	-7
16	Diciembre	-4	-8	-4	4	13
	Enero/Noviembre	-4	-7	-4	4	12
	Febrero/Octubre	-3	-5	-2	2	7
	Marzo/Septiembre	-3	-2	-1	0	0
	Abril/Agosto	-1	-1	-1	-3	-6
	Mayo/Julio	4	3	-1	-5	-7
	Junio	6	4	-1	-6	-7

FUENTE: ASHRAE

e. 4.2.2.2.-RESISTENCIA TERMICA EN TECHO

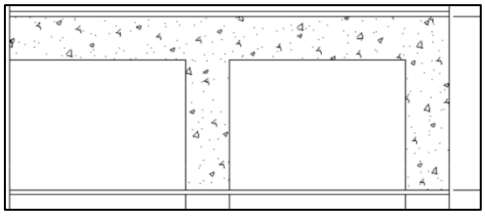


Figura 17: *Corte de una losa.*

Tabla 11: Coeficientes de transmisión de calor de diseño losas sin techo suspendido.

CONSTRUCCIÓN	**Resistencia (hr·ft²·F/BTU)**		
	Ningún revestimiento		
	resistencia		
Bloque de concreto hueco 4 in	1.11		
losa de hormigón, áridos ligeros	1.11		
Acabado y alisado	**Arena**	**Revoque de yeso**	
	resistencia	**resistencia**	
	0.20	0.32	
Capa de aire	**exterior**		**interior**
	15mph	**7.5mph**	
	resistencia	**resistencia**	**resistencia**
	0.17	0.25	0.92

FUENTE: ASHRAE & CARRIER

Losa de hormigón 6in-(15cm)

R6: Aire interno	0.92
R2: Acabado (1/2")	0.10
R2: alisado de yeso (1/2")	0.32
R3: Bloque (4")	1.11
R4: losa de hormigón, áridos ligeros (2")	2.22
R1: Aire externo	0.25
Rt : Total resistencias	4.68

Dando como resultado:

U = 0.21 BTU/ hr·ft²·°F

Losa de hormigón 10in-(25cm)

R1: Aire interno	0.92
R2: Acabado (1/2")	0.10
R3: alisado de yeso (1/2")	0.32
R4: Bloque (4")	1.11
R5: losa de hormigón, áridos ligeros (")	4.44
R6: Aire externo	0.25
Rt : Total resistencias	7.14

Dando como resultado:

U = 0.14 BTU/ hr·ft²·°F

Losa con techos suspendido

Tabla 12: Coeficientes de transmisión de calor de diseño con techo suspendido.

CONSTRUCCIÓN	**Resistencia (hr·ft²·°F/BTU)**		
	Ningún revestimiento		
	resistencia		
Bloque de concreto hueco 4 in	1.11		
losa de hormigón, áridos ligeros	1.11		
Espacio de aire	0.93		
Paneles de yeso	0.45		
Acabado y alisado	**Arena**	**Revoque de yeso**	
	resistencia	**resistencia**	
	0.20	0.32	
Capa de aire	**exterior**		**interior**
	15mph	**7.5mph**	
	resistencia	**resistencia**	**resistencia**
	0.17	0.25	0.92

FUENTE: ASHRAE & CARRIER

Losa de hormigón 6in-(15cm)

R1: Aire interno 0.92

R2: Acabado (1/2") 0.10

R3: alisado de yeso (1/2") 0.32

R4: Bloque (4") 1.11

R5: losa de hormigón, áridos ligeros (2") 2.22

R6: Espacio de aire 0.93

R7: paneles de yeso 0.45

R8: Aire externo 0.25

Rt : Total resistencias 6.06

Dando como resultado:

U = 0.16 BTU/ hr·ft²·°F

Losa de hormigón 10 in-(25cm)

R1: Aire interno 0.92

R2: Acabado (1/2") 0.10

R3: alisado de yeso (1/2") 0.32

R4: Bloque (8") 1.11

R5: losa de hormigón, áridos ligeros (2") 4.44

R6: Espacio de aire 0.93

R7: paneles de yeso 0.45

R8: Aire externo 0.25

Rt : Total resistencias 8.52

Dando como resultado:

U = 0.11 BTU/ hr·ft²·°F

Techos de teja

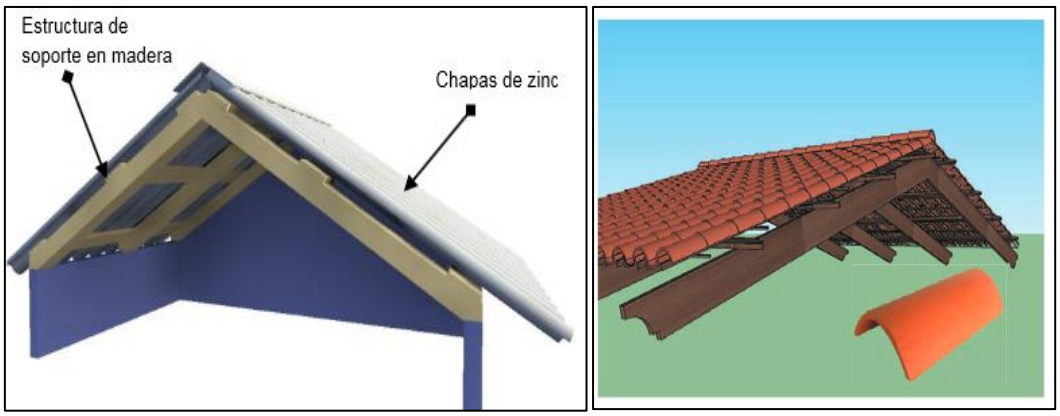


Figura 18: *Techos de teja, zinc sin cielorraso.*

Tabla 13: Coeficientes de transmisión de calor de diseño techumbres.

construcción	**Resistencia (hr·ft²·°F/BTU)**		
	Ningún revestimiento		
Teja	**resistencia**		
Tejas ordinarias	0.15		
Tejas de fibrocemento	0.21		
Madera contrachapada	1.25		
Espacio de aire	0.93		
paneles de yeso	0.45		
Capa de aire	**exterior**		**interior**
	15mph	**7.5mph**	
	resistencia	**resistencia**	**resistencia**
	0.17	0.25	0.92

FUENTE: ASHRAE & CARRIER

Teja ordinaria sin techo suspendido

R1: Aire interno 0.92

R2: teja ordinaria 0.15

R3: Madrera 1.25

R4: Aire externo 0.25

Rt : Total resistencias 2.57

Dando como resultado:

U = 0.38 BTU/ hr·ft²·°F

Teja de fibrocemento sin techo suspendido

R1: Aire interno 0.92

R2: teja fibrocemento 0.21

R3: Madrera 1.25

R4: Aire externo 0.25

Rt : Total resistencias 2.63

Dando como resultado:

U = 0.38 BTU/ hr·ft²·F

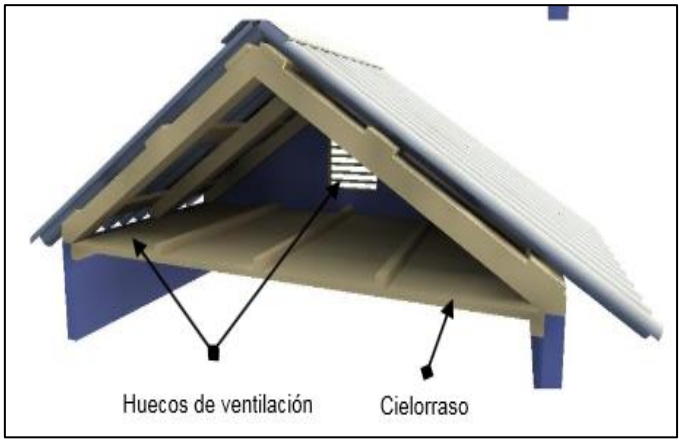


Figura 19: *Teja ordinario con techo suspendido*

R1: Aire interno 0.92

R2: teja ordinaria 0.15

R3: Madrera 1.25

R4: Espacio de aire 0.93

R5: paneles de yeso 0.45

R6: Aire externo 0.25

Rt : Total resistencias 3.95

Dando como resultado:

U = 0.25 BTU/ hr·ft²·°F

Teja de fibrocemento con techo suspendido

R1: Aire interno 0.92

R2: teja fibrocemento 0.21

R3: Madrera 1.25

R4: Espacio de aire 0.93

R5: paneles de yeso 0.45

R6: Aire externo 0.25

Rt : Total resistencias 4.01

Dando como resultado:

U = 0.24 BTU/ hr·ft²·°F

e. 4.2.2.3.-RESISTENCIA TÉRMICA EN VIDRIO

- **Cálculo de carga térmica debido a la conductividad en los vidrios**

Para el cálculo de la carga de enfriamiento por conducción atreves de vidrios de las ventanas exterior se emplea la ecuación.

Para el cálculo de U, usaremos la tabla siguiente:

Tabla 14: Coeficientes de transmisión de calor de diseño para vidrio.

U(BTU/ hr·ft²·°F**)**	**Sin sombra**	**Con sombra**
Vidrio sencillo	1.04	0.81
vidrio aislante doble 3/16 in	0.65	0.58
vidrio aislante doble 1/4 in	0.56	0.52

FUENTE: ASHRAE

Tabla 15: Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento CLTD para el cálculo en vidrio.

	9 HORAS	10 HORAS	11 HORAS	12 HORAS	13 HORAS	14 HORAS	15 HORAS	16 HORAS	17 HORAS	18 HORAS
CLTD	2	4	7	9	12	13	14	14	13	12

FUENTE: ASHRAE

- **Radiación solar atreves de los vidrios**

Tabla 16: Coeficiente de sombreado para vidrio con o sin sombra interior por persianas.

Sc=coeficiente de sombreado	Tipo de vidrio	sin sombreado interior	con sombreado interior
Vidrio sencillo	vidrio sencillo	0,9	0,64
	vidrio sencillo con figuras	0,83	0,64
	vidrio sencillo colorado	0,69	0,57
Vidrio aislante doble	vidrio aislante doble 3/16 in	0,88	0.57
	vidrio aislante doble 1/4 in	0.81	0.57

FUENTE: ASHRAE

Tabla 17: Radiación solar a través de vidrios factor de ganancia máxima de calor solar para vidrio.

SHGF=factor de ganancia de máxima de calor solar	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
ENERO	31	31	34	37	38	37	34	31
FEBRERO	34	34	36	38	39	38	36	34
MARZO	36	36	39	40	39	40	39	36
ABRIL	40	40	42	41	40	41	42	40
MAYO	43	44	45	41	40	41	45	44
JUNIO	45	46	46	41	40	41	46	46
JULIO	45	45	47	42	41	42	47	45
AGOSTO	42	42	46	43	42	43	46	42
SEPTIEMBRE	37	37	41	42	41	42	41	37
OCTUBRE	34	34	38	40	40	40	38	34
NOVIEMBRE	32	32	34	38	39	38	34	32
DICIEMBRE	0	30	32	36	17	36	32	30

FUENTE: ASHRAE

Tabla 18: Factor de cargas de enfriamiento para vidrio sin sombreado interior (incluye vidrio reflector y absorbentes de calor)

CLF=factor de carga de enfriamiento para el vidrio	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
9 horas	0,53	0,45	0,5	0,48	0,21	0,13	0,11	0ra,18
10 horas	0,59	0,4	0,51	0,54	0,31	0,15	0,12	0,21
11 horas	0,65	0,36	0,46	0,56	0,42	0,17	0,13	0,23
12 horas	0,7	0,33	0,39	0,51	0,52	0,23	0,14	0,26
13 horas	0,74	0,3	0,35	0,45	0,57	0,33	0,19	0,27
14 horas	0,75	0,28	0,31	0,4	0,58	0,44	0,29	0,28
15 horas	0,76	0,26	0,29	0,36	0,53	0,53	0,4	0,31
16 horas	0,74	0,24	0,26	0,33	0,47	0,58	0,5	0,39
17 horas	0,75	0,21	0,23	0,29	0,41	0,59	0,56	0,51
18 horas	0,79	0,21	0,21	0,25	0,35	0,53	0,55	0,56

FUENTE: ASHRAE

e. 4.2.2.4.-ALUMBRADO

Tabla 19: Factor especial de fluorescencia apropiada

F_s		
Potencia de la lámpara	**Nº de lámparas por accesorio**	F_s
35	1	1.30
40		
35	2	1.20
40		
60	1	1.30
75		
60	2	1.20
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		

FUENTE: ASHRAE

e. 4.2.2.5.-PERSONAS

Tabla 20: Tasas de ganancia de calor debido a los ocupantes del recinto acondicionado.

Grado de Actividad	Aplicación Típica	$\frac{q_s}{persona}$(BTU/hr)	$\frac{q_l}{persona}$(BTU/hr)
sentado en reposo	teatro,	210	140
sentado, trabajo muy ligero	oficinas, hoteles, apartamentos	230	190
sentado, comiendo	restaurant	255	325
sentado, trabajo ligero, mecanografía	oficinas, hoteles, apartamentos	255	255
trabajo ligero o caminando lentamente	tienda, banco	315	325

FUENTE: ASHRAE

Tabla 21: Factor de calor sensible para cargas de enfriamiento debido a personas

Horas totales en el recinto	horas después de cada entradas en el recinto																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	0,49	0,58	0,17	0,13	0,1	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
4	0,49	0,59	0,66	0,71	0,27	0,21	0,16	0,14	0,11	0,1	0,08	0,07	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
6	0,5	0,6	0,67	0,72	0,76	0,79	0,34	0,26	0,21	0,18	0,15	0,16	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06
8	0,51	0,61	0,67	0,72	0,76	0,8	0,82	0,84	0,38	0,3	0,25	0,21	0,25	0,22	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11	0,1
10	0,53	0,62	0,69	0,74	0,77	0,8	0,83	0,85	0,87	0,89	0,42	0,34	0,39	0,33	0,28	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14
12	0,55	0,64	0,7	0,75	0,79	0,81	0,84	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,64	0,51	0,42	0,36	0,31	0,26	0,23	0,2
14	0,58	0,66	0,72	0,77	0,8	0,83	0,85	0,87	0,89	0,9	0,91	0,92	0,91	0,92	0,67	0,54	0,45	0,38	0,32	0,28
16	0,62	0,7	0,75	0,79	0,82	0,85	0,87	0,88	0,9	0,91	0,92	0,93	0,92	0,93	0,94	0,94	0,69	0,56	0,46	0,39
18	0,66	0,74	0,79	0,72	0,85	0,87	0,89	0,9	0,92	0,93	0,94	0,94	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,71	0,58

FUENTE: ASHRAE

Nota: CLF=1.0 con alta densidad o con 24 horas de ocupación o enfriamiento en la noche o durante el fin de semana.

e. 4.2.2.6.-APARATOS ELÉCTRICOS

Carga sensible de enfriamiento

Tabla 22: Ganancia de calor debido a aparatos domésticos

Tipos de aparatos eléctricos	Calor sensible	Calor latente
computadora	2388,26	0
tostadora	1700	1100
cafetera de 3 galones	2550	850
cafetera de 5 galones	3850	1250

cafetera de 8 galones	5200	1600
waflera	1680	1120

FUENTE: ASHRAE

Tabla 23: Factor de calor sensible para cargas de enfriamiento debido a aparatos eléctricos.

Horas en el espacio	Horas después de cada entradas en el espacio											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	0,27	0,4	0,27	0,18	0,14	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04
4	0,28	0,41	0,51	0,59	0,39	0,3	0,24	0,19	0,16	0,14	0,12	0,1
6	0,29	0,42	0,52	0,59	0,65	0,7	0,48	0,37	0,3	0,25	0,21	0,18
8	0,31	0,44	0,54	0,61	0,66	0,71	0,75	0,78	0,55	0,43	0,35	0,3
10	0,33	0,46	0,55	0,62	0,68	0,72	0,76	0,79	0,81	0,84	0,6	0,48
12	0,36	0,49	0,58	0,64	0,69	0,74	0,77	0,8	0,82	0,85	0,87	0,88
14	0,4	0,52	0,61	0,67	0,72	0,76	0,79	0,82	0,84	0,86	0,88	0,89
16	0,45	0,57	0,65	0,7	0,75	0,78	0,81	0,84	0,86	0,87	0,89	0,9
18	0,52	0,63	0,7	0,75	0,79	0,82	0,84	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92

FUENTE: ASHRAE

Nota: CLF=1.0 con 24 horas de ocupación de los aparatos y 0 si la carga no existe en la noche o fin de semana.

e. 4.2.2.7.-VENTILACIÓN

$$\boldsymbol{Q_s = 1.10 \times \Delta t \times scfm}$$

$$\boldsymbol{Q_l = 4840 \times (W_o - W_i) \times scfm}$$

scfm= Q la infiltración y ventilación, cfm

Tabla 24: Factor de carga de enfriamiento por persona

Tipo de local	**cfm**
residencial	5
comerciales	20
hoteles	5
salas	10
oficinas	10
pisos de ejercicios	20

FUENTE: ASHRAE

e. 4.2.2.8.-INFILTRACION DE AIRE

Infiltración a través de rendijas de las ventanas y puertas

Tabla 25: Coeficiente de fuga perímetro

Ventana y puertas	**k**
ajustada	1.0
ajuste promedio	2.0
suelta	6.0

FUENTE: ASHRAE

Con la velocidad del viento; (km/h); (mph); se encuentra:

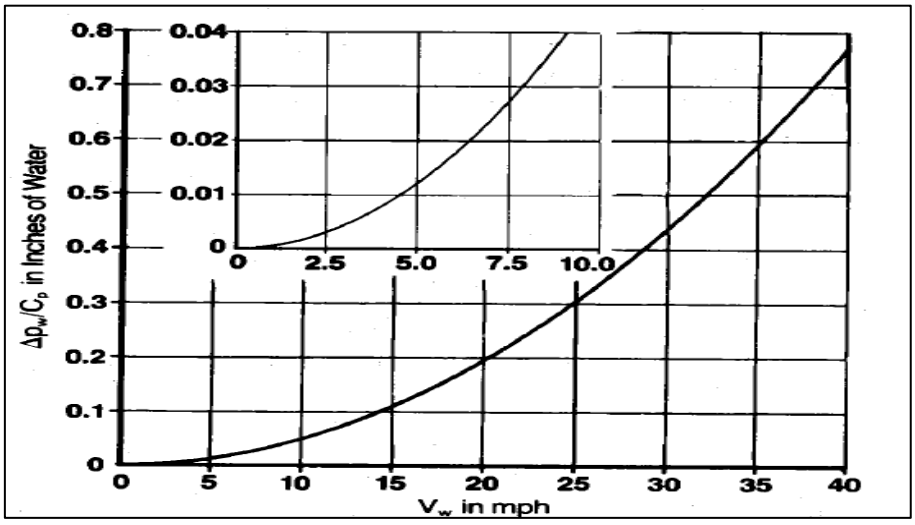


Figura 20: *Carga de velocidad vs velocidad del viento.*

FUENTE: ASHRAE

$$\Delta P_w / C_p$$

Donde:

ΔP_w=en pulgadas de agua.

C_p= para las casas se supone C_p=1

$$\boldsymbol{Q = Px\left(Q/P\right)}$$

Q/P= se obtiene de la **figura 21**

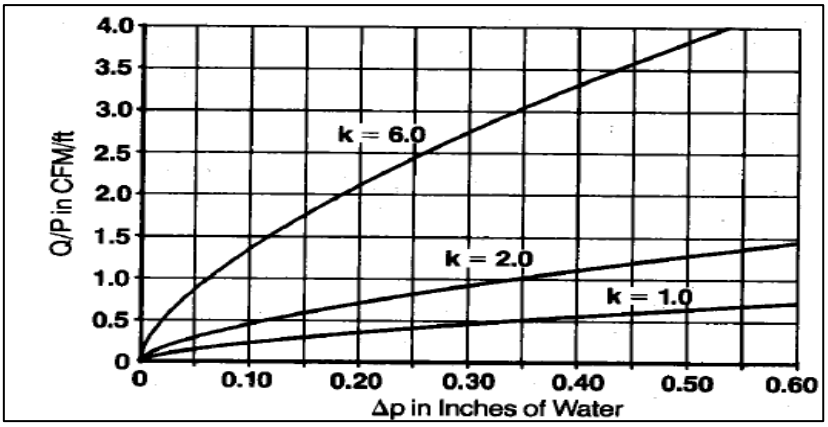


Figura 21: *Tipo de características de infiltración en puertas y ventana residenciales.*
FUENTE: ASHRAE

e. 4.2.3.- PROGRAMACIÓN

e. 4.2.3.1.-MACROS EXCEL

Las macros Excel es un conjunto de instrucciones programadas en la hoja de cálculo, las cuales automatizan las operaciones que realiza la aplicación en Excel con el objetivo de eliminar tareas repetitivas o realizar cálculos complejos en un corto espacio de tiempo y con una nula probabilidad de error.

VBA es el lenguaje de programación que se utiliza para la creación de las macros Excel, VBA son las siglas de Visual Basic for Applications y es un lenguaje desarrollado por Microsoft e implementado dentro de los programas informáticos de la suite Office, donde se encuentra Excel.

Existen dos maneras de realizar Macros en Excel:

Mediante el uso de la grabadora de Macros.

La primera de las opciones es la más fácil, dado a que solo requiere apretar al botón grabador de macros y realizar el conjunto de operaciones que se desea que se repitan, una vez finalizado guardamos la macro. Cada vez que sédese ejecutar esta macro tendremos que apretar el botón ejecutar macro y seleccionarla.

Esta primera opción es la más fácil de usar pero es la que presenta más limitaciones, dado a que solo ejecutará una vez la tarea grabada así como no utilizará toda la potencia del lenguaje VBA.

Mediante el uso del lenguaje VBA para programar a Excel

La segunda opción requiere del conocimiento y práctica del lenguaje de programación VBA, pero es sin duda la opción más potente en cuestión de desarrollo de aplicaciones, cualquier cosa que se nos ocurra puede realizarse mediante el uso de VBA, desde una aplicación compleja hasta la automatización de tareas repetitivas de nuestra hoja de cálculo Excel

e. 4.2.3.2.-El Editor de Visual Basic

El **Editor de Visual Basic**, VBE por sus siglas en inglés, es un programa independiente a Excel pero fuertemente relacionado a él porque es el programa que permite escribir código VBA que estará asociado a las macros.

Existen al menos dos alternativas para abrir este editor:

- La primera de ellas es a través del botón **Visual Basic** de la ficha Programador.

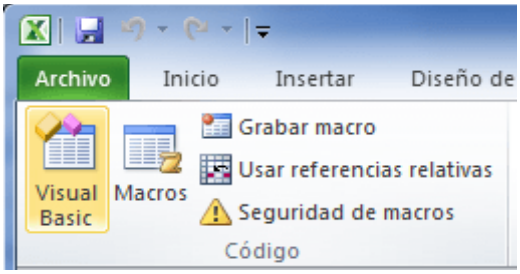


Figura 22: *Editor de macros*

- El segundo método para abrir este programa es, en mi opinión, el más sencillo y rápido y que es a través del atajo de teclado: ALT + F11. El **Editor de Visual Basic** contiene varias ventanas y barras de herramientas.

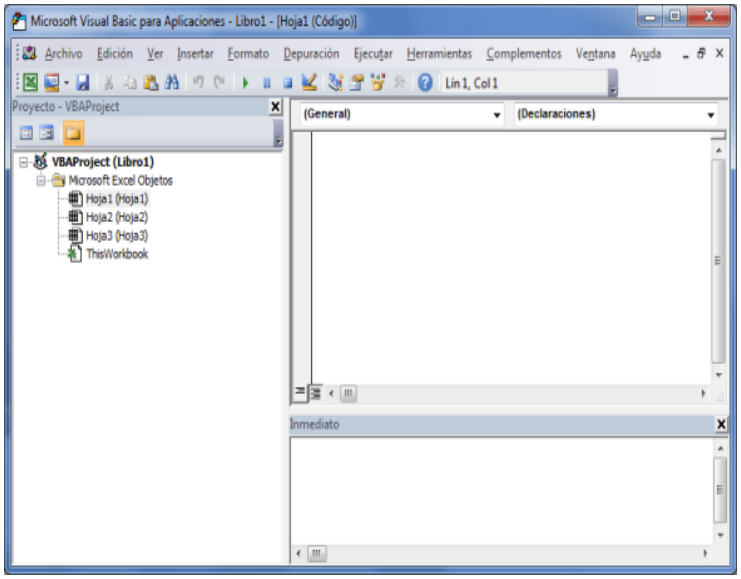


Figura 23: *Pantalla del visual basic*

En la parte izquierda se muestra el **Explorador de proyectos** el cual muestra el proyecto VBA creado para el libro actual y además muestra las hojas pertenecientes a ese libro de Excel. Si por alguna razón no puedes visualizar este módulo puedes habilitarlo en la opción de menú Ver y seleccionando la opción *Explorador de proyectos*.

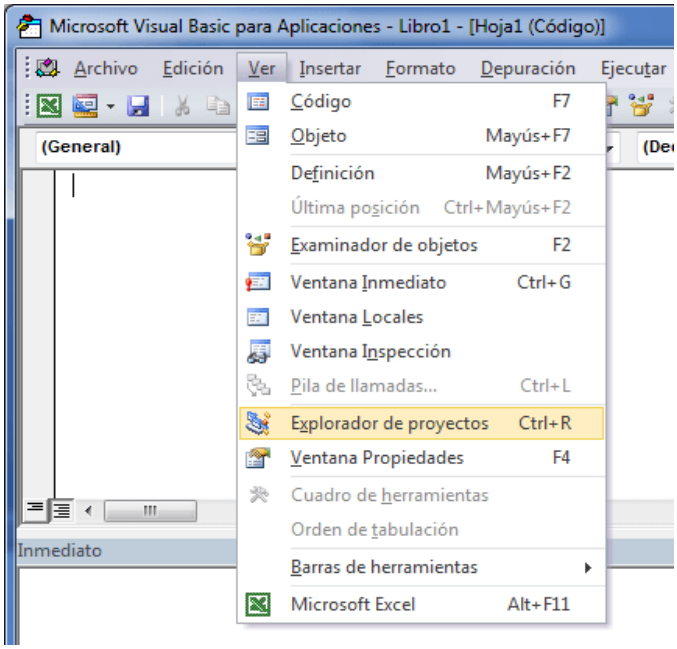


Figura 24: *Ingreso al explorador de proyectos*

El Explorador de proyectos también ayuda a crear o abrir módulos de código que se serán de gran utilidad para reutilizar todas las funciones de código VBA que vayamos escribiendo.

Dentro del **Editor de Visual Basic** se puede observar una ventana llamada Inmediato que está en la parte inferior. Esta ventana es de mucha ayuda al momento de escribir código VBA porque permite introducir instrucciones y observar el resultado inmediato. Además, desde el código VBA se puede imprimir mensajes hacia la ventana **Inmediato** con el comando *Debug.Print* de manera que podamos depurar nuestro código.

El área más grande en blanco es donde escribiremos el código VBA. Es en esa ventana en donde escribimos y editamos las instrucciones VBA que dan forma a nuestras macros.

Es importante familiarizarnos con el **Editor de Visual Basic** antes de iniciar con la creación de macros.

e. 4.2.3.3.-Variables en VBA

Cuando programamos en VBA frecuentemente necesitamos un repositorio para almacenar el resultado de alguna operación. Las variables en VBA son utilizadas para guardar valores y su tipo dependerá de la clase de dato que deseamos guardar dentro de ellas.

En VBA existen variables de tipo entero que almacenan números, variables de tipo doble que también almacenan números pero con decimales, variables de tipo texto para guardar una cadena de caracteres entre algunos otros tipos de variables. A continuación haremos una revisión de cada uno de estos tipos.

Variables de tipo entero

Las variables de tipo entero son utilizadas para guardar números enteros. Debemos utilizar la palabra clave Integer para declarar una variable de este tipo.

```
Dim x As Integer

x = 6
```

En la primera instrucción estoy declarando la variable con el nombre "x" y estoy indicando que será del tipo Integer. "Declarar una variable" significa avisar a Excel sobre la existencia de dicho repositorio para guardar información. En la segunda instrucción asigno el valor 6 a la variable "x".

Variables de tipo doble

Las variables de tipo doble pueden almacenar números con el doble de precisión incluyendo números decimales. La palabra clave para este tipo de variables es Double.

```
Dim x As Double

x = 3.1416
```

Aunque las variables de tipo doble pueden almacenar números enteros sin problema, no es recomendable hacerlo porque estaremos desperdiciando espacio en la memoria del ordenador. Es decir, el tamaño reservado para una variable doble es el adecuado para guardar números decimales, si solo guardamos un número entero quedará especio sin utilizar. Por lo tanto es recomendable utilizar siempre el tipo de variable adecuado para cualquier número.

Variables de tipo texto

Una variable de tipo texto se declara con la palabra clave String. En el siguiente código declararé la variable libro y posteriormente le asignaré un valor.

```
Dim libro As String
libro = "Programación en Excel"
```

Variables de tipo lógico

Una variable de tipo lógico es aquella que puede almacenar solamente dos valores: falso o verdadero. La palabra clave para definir estas variables es Boolean.

```
Dim continuar As Boolean
Continuar = True
```

La primera línea declara la variable "booleana" y en la segunda le asignamos un valor. Solamente se puede asignar dos valores a este tipo de variables: True (verdadero) y False (falso).

Estos son los tipos de variables básicos en VBA. Mientras tanto es indispensable que aprendas a declarar adecuadamente las variables en VBA porque será inevitable hacer uso de ellas dentro de nuestros programas.

e. 4.2.3.4.-Ventana de Proyectos

Al abrir el Editor del VBA Usando <Alt> + <F11> se acede a un conjunto de ventanas que conforman la ventana del editor.

Entre estas ventanas tenemos:

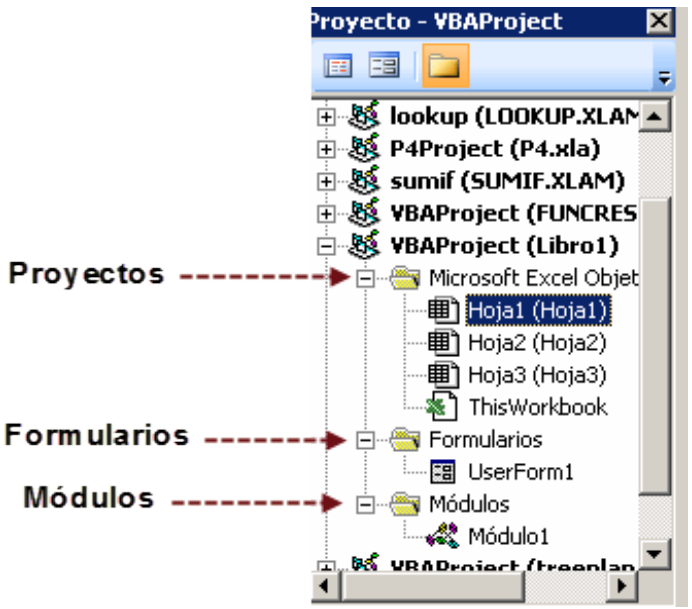


Figura 25: *Ventana de VBA*

Si en esta ventana no existe ningún formulario, se debe usar <Insertar> - <UserForm>. Esto permite crear la carpeta <Formularios> y dentro de ella estarán cada uno de los formularios que se hayan insertado. En el caso de la figura anterior, se ha creado un primer formulario llamado Userform1.

Al insertar un formulario de usuario en la ventana central se dispondrá del formulario mismo, según se muestra en la siguiente figura.

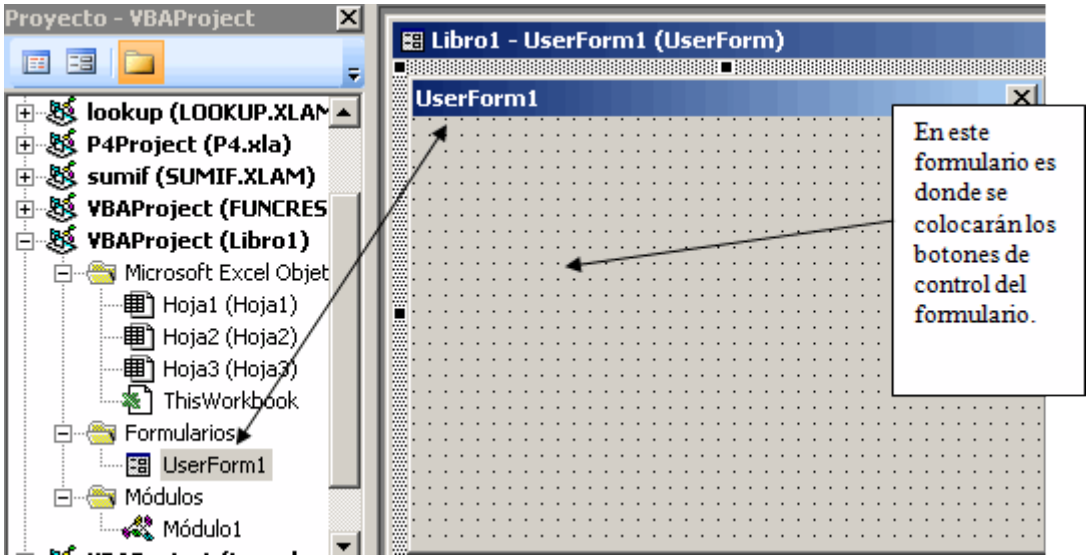


Figura 26: *UserFrom*

Al insertar un formulario, se dispondrá del cuadro de herramientas compuesto por un conjunto de botones de control del formulario, los que se muestra en la siguiente figura.

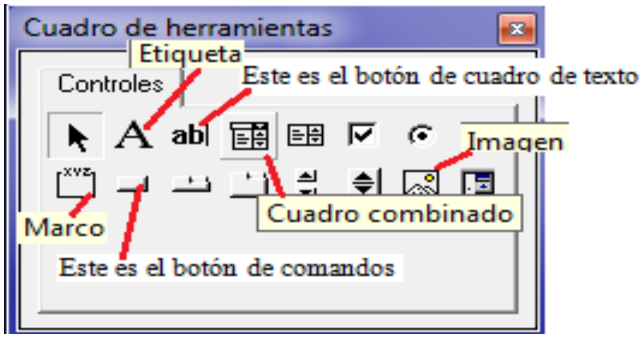


Figura 27: *Cuadro de herramientas*

Por debajo de la ventana de proyectos se dispondrá de la Ventana de Propiedades. En esta ventana se visualizará las propiedades que posee un determinado objeto. En la siguiente imagen se muestra la ventana de propiedades de un formulario, ya que éste es el que está activo.

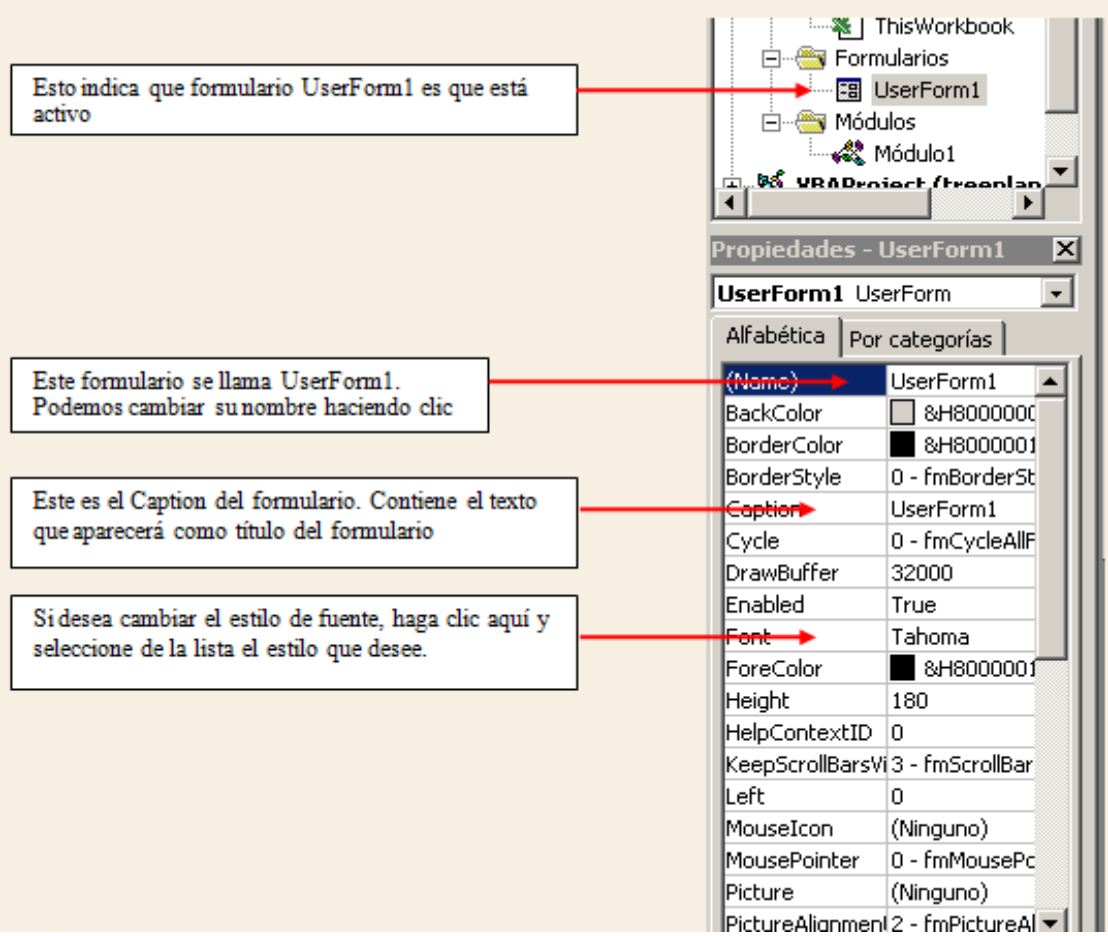


Figura 28: *propiedades de los UserFrom*

e. 4.2.3.5.- CREAR FORMULARIO

Un formulario es una ventana que se programa por medio de controles y estos controles responden a sucesos que programamos. Todo esto se encuentra dentro de Visual Basic.

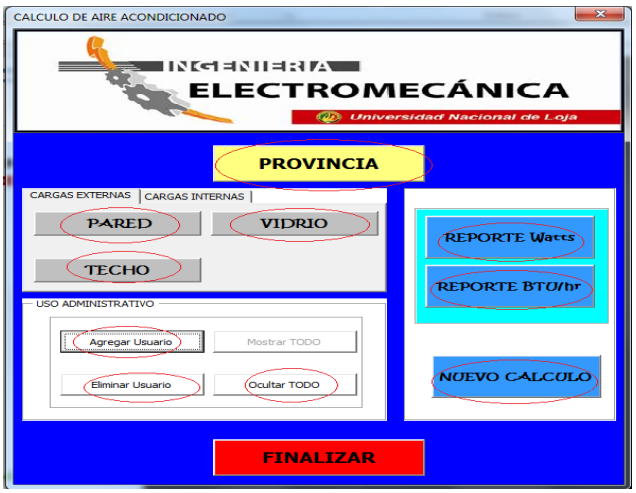


Figura 29: *Formulario de VBA*

Descripción de los controles

Este control " Botón de comando ", permite ejecutar alguna rutina, función o procedimiento, generalmente en el evento click del mismo, para realizar de esta manera alguna tarea dentro del programa.

Programación:

Para observar la programación de los CommanButton ve figura 30. Lo que realiza cada uno de los controles al momento de hacer click en uno de ellos es llamar a la ventana del UserFrom que le corresponda a cada quien. Ej. Al momento de ser click en el botón provincia la programación abre la ventana del UserFrom de la provincia.

Figura 30: *programación de los controles CommadButton*

Control Active

Excel tiene un control ActiveX conocido como **Cuadro combinado** el cual también es llamado comúnmente por su nombre en inglés: *ComboBox*. Este control permite crear listas desplegables en el formulario. Ver figura 31

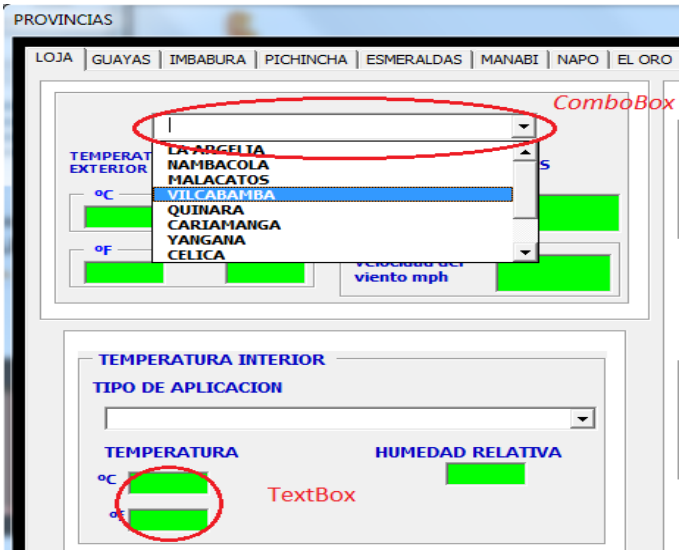


Figura 31: *ComboBox y TextBox*

Programación:

Para observar la programación ver figura 32.Toda esta codificación lo que realiza es irse a la hoja de Excel luego busca la fila dos columna uno, luego recorre desde la fila dos hasta la fila diecinueve y si encuentra una celda vacía entonces ese será ya el final del listado y este es el listado que se mostrara en el ComboBox.

```
Private Sub ComboBox1_Enter()
Dim final As Integer
Dim Lista As String
For Fila = 1 To ComboBox1.ListCount
    ComboBox1.RemoveItem 0
Next
    For Fila = 2 To 19
        If Hoja2.Cells(Fila, 1) = "" Then
            final = Fila - 1
            Exit For
        End If
    Next
    For Fila = 2 To final
        Lista = Hoja2.Cells(Fila, 1)
        ComboBox1.AddItem (Lista)
    Next
End Sub
```

Figura 32: *Búsqueda del listado*

Para ver la programación del ComboBox. Ver figura 33

1. Si el ComboBox se encuentra vacío por ende los TextBox también estarán vacíos.
2. Recorre de la fila dos columna uno hasta la fila diecinueve y si encuentra una celda vacía entonces ese será el final.

3. Si el ComboBox es igual a lo que se encuentra en la columna uno entonces los TextBox va hacer igual a lo que se encuentra en la columna 2,3,4,5,etc

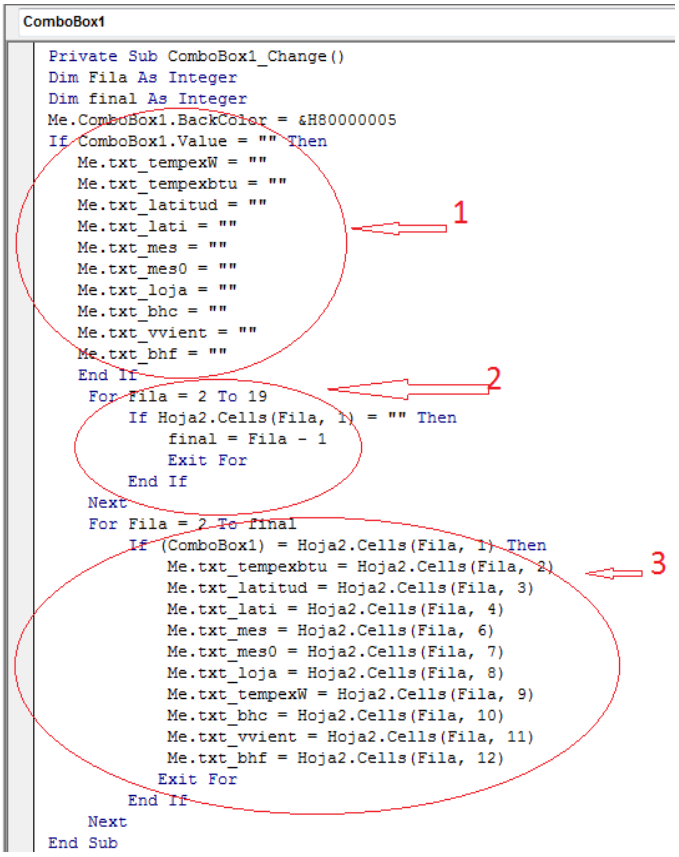


Figura 33: *Programación del ComboBox*

Esta programación permite evitar ComboBox que se encuentren vacíos o que no se haya ingresado la información, el cual nuestra un mensaje de que cuadro se encuentra vacío y lo cambia de color y esta operación lo realiza hasta que no se haya ingresado la información. Ver figura 34

```
Private Sub CommandButton1_Click()
'Validación para evitar los controles vacíos--------------------
Titulo = "Aire Acondicionado"
If Me.ComboBox1 = "" Then
    Me.ComboBox1.BackColor = &HC0C0FF
    MsgBox "Ingrese una Ciudad", , Titulo
    Me.ComboBox1.SetFocus
    Exit Sub
        ElseIf Me.ComboBox2 = "" Then
    Me.ComboBox2.BackColor = &HC0C0FF
    MsgBox "Ingrese Tipo De Aplicacion", , Titulo
    Me.ComboBox2.SetFocus
    Exit Sub
   End If
```

Figura 34: *Programación para evitar ComboBox vacíos*

Una vez ingresado la información correcta limpia las casillas del UserFrom para ingresar un nuevo registro. Ver figura 35

```
'LIMPIAR-CASILLAS--------------
Me.ComboBox1 = ""
Me.ComboBox2 = ""
Me.txt_mes = ""
Me.txt_latitud = ""
Me.txt_tempexbtu = ""
Me.txt_tempexW = ""
Me.txt_temInterbtu = ""
Me.txt_temInterW = ""
Me.txt_humerelati = ""
```

Figura 35: *Programación para limpia las casillas del UserFrom*

Esta programación permite que el UserFrom que no sea cerrado de ninguna otra forma que solo lo permita realizar con el botón salir. Ver figura 36

```
Private Sub UserForm_QueryClose(Cancel As Integer, CloseMode As Integer)
    If CloseMode = 0 Then
            If ThisWorkbook.Application.Visible = False Then
                    Cancel = 1
                    CloseMode = 1
                Else
                    Unload Me
            End If
    End If
End Sub
```

Figura 36: *Programación que impide cerrar el UserFrom*

PROGRAMACIÓN PARA INGRESAR NUEVA INFORMACIÓN

Permite ingresar nueva información, que no se encuentre almacena en el sistema.

Programación para evitar los ComboBox, TextBox vacíos, el cual muestra un mensaje de que casillero está vacío. Ver figura 37.

```
CommandButton1                                                    Click
Private Sub CommandButton1_Click()
'Validación para evitar los controles vacíos-----------------------
Titulo = "Aire Acondicionado"
If Me.txt_pared = "" Then
    Me.txt_pared.BackColor = &HC0C0FF
    MsgBox "INGRESE TIPO DE PARED", , Titulo
    Me.txt_pared.SetFocus
    Exit Sub
        ElseIf Me.txt_u = "" Then
    Me.txt_u.BackColor = &HC0C0FF
    MsgBox "Ingrese coeficientes de transmisión de calor de diseño en (Watt/m².°C)", , Titulo
    Me.txt_u.SetFocus
    Exit Sub
        ElseIf Me.txt_peso = "" Then
    Me.txt_peso.BackColor = &HC0C0FF
    MsgBox "INGRESE PESO (lb/m³)", , Titulo
    Me.txt_peso.SetFocus
    Exit Sub
         ElseIf Me.txt_descri = "" Then
    Me.txt_descri.BackColor = &HC0C0FF
    MsgBox "Ingrece la Descripción", , Titulo
    Me.txt_descri.SetFocus
    Exit Sub
End If
```

Figura 37: *Programación que evita los ComboBox, TextBox vacíos*

Par ver la codificación para ingresar nueva información Ver figura 38. Recorre el espacio que se indique y si encuentra una celda vacía entonces ese será el final del listado.

Busca en la hoja de Excel la información almacenada y si encuentra que la información que se va a ingresa ya existe, muestra un mensaje indicando que información ya se encuentra e indica que ingrese una nueva.

Indica un mensaje que si los datos son correctos, da la opción de procesar o de cancelar. Al momento de procesar la información que se encuentra el ComboBox, TextBox, se ingresara en el final del listado.

Limpia los ComboBox, TextBox le cual queda listo para ingresar una nueva información.

```
'-------------------------------------------------------------------------------------------
Dim Fila As Integer
    Dim final As Integer
    Dim Registro As Integer
     For Fila = 2 To 20
           If Hoja4.Cells(Fila, 1) = "" Then
               final = Fila
               Exit For
           End If
       Next
```

```
'-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
       For Registro = 2 To final
            If Hoja4.Cells(Registro, 1) = Me.txt_pared Then
                Me.txt_pared.BackColor = &H8080FF
                MsgBox ("Registro ya existe" + Chr(13) + "Ingrese un nombre diferente")
                Me.txt_pared.SetFocus
                Exit Sub
                Exit For
            End If
        Next
'-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
      If MsgBox("Son correctos los datos?" + Chr(13) + "Desea proceder?", vbOKCancel) = vbOK Then
        Me.txt_pared.BackColor = &HFFFFFF
                Hoja4.Cells(final, 1) = (Me.txt_pared)
                Hoja4.Cells(final, 5) = Val(Me.txt_u)
                Hoja4.Cells(final, 6) = Val(Me.txt_peso)
                Hoja4.Cells(final, 9) = (Me.txt_descri)


 '-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
                Me.txt_u = ""
                Me.txt_pared = ""
                Me.txt_peso = ""
                Me.txt_descri = ""
  '-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
        Me.txt_pared.SetFocus
            Else
        Exit Sub
    End If
End Sub
```

Figura 38: *Programación de ingreso de nueva información*

PROGRAMACIÓN PARA MODIFICAR LA INFORMACIÓN

Se podrá modificar los valores que se encuentren almacenados en Excel. Ver figura 39

1. Recorre el rango indicado y si encuentra una celda vacía entonces ese será el final, y muestra esa información en el ComboBox.
2. Si en el ComboBox es igual a lo que se encuentra en la columna uno, los TextBox va ser igual a la que se encuentra en la columna 2, 3, 4 ,etc.

ComboBox1

```
Private Sub ComboBox1_Change()
Dim Fila As Integer
Dim final As Integer
Me.ComboBox1.BackColor = &H80DC00D5
If ComboBox1.Value = "" Then
   Me.txt_u = ""
   Me.txt_peso = ""
   Me.txt_descri = ""
   End If
    For Fila = 2 To 20
        If Hoja4.Cells(Fila, 1) = "" Then      2
            final = Fila - 1
            Exit For
        End If
    Next
    For Fila = 2 To final
        If (ComboBox1) = Hoja4.Cells(Fila, 1) Then
            Me.txt_u = Hoja4.Cells(Fila, 5)
            Me.txt_peso = Hoja4.Cells(Fila, 4)
            Me.txt_descri = Hoja4.Cells(Fila, 9)
       Exit For
        End If
    Next
End Sub
Private Sub ComboBox1_Enter()
Dim final As Integer
Dim Lista As String
For Fila = 1 To ComboBox1.ListCount
    ComboBox1.RemoveItem 0
Next
    For Fila = 2 To 20
        If Hoja4.Cells(Fila, 1) = "" Then      1
            final = Fila - 1
            Exit For
        End If
    Next
    For Fila = 2 To final
        Lista = Hoja4.Cells(Fila, 1)
        ComboBox1.AddItem (Lista)
    Next
End Sub
```

Figura 39: *Programación para modificar la información*

Continuando con la programación del ComboBox ver figura40

1. Indica que si los valores son correctos, se puede procesar o cancelar, al momento de procesar todo la que se encuentra en los ComboBox, TextBox se ingresar como nueva información. Ver figura 40

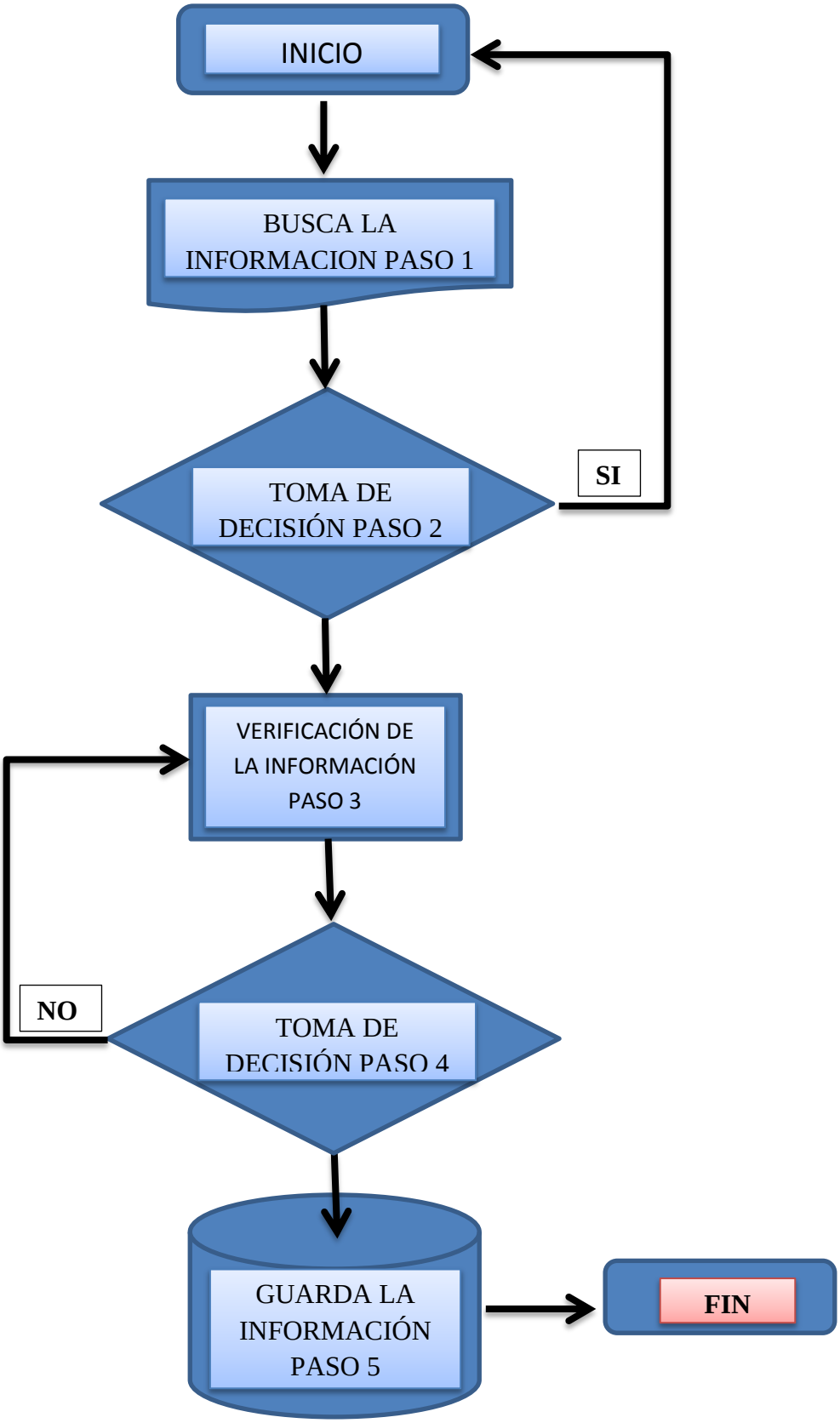
2. Limpia todos los ComboBox, TextBox y termina la programación. Ver figura 41

```
    For Fila = 2 To final
    If MsgBox("Son correctos los datos?" + Chr(13) + "Desea proceder?", vbOKCancel) = vbOK Then
        Me.ComboBox1.BackColor = &HFFFFFF
            Exit For
        End If
        If Me.ComboBox1 = Hoja4.Cells(Fila, 1) Then    1
            Hoja4.Cells(Fila, 5) = Me.txt_u
            Hoja4.Cells(Fila, 4) = Me.txt_peso
            Hoja4.Cells(Fila, 9) = (Me.txt_descri)
            Exit For
        End If
    Next
'-----------------------------------+-------
    Me.ComboBox1 = ""
    Me.txt_u = ""              2
    Me.txt_peso = ""
    Me.txt_descri = ""


End Sub
```

Figura 40: *Programación de verificación de los datos*

Flujograma de la programación



f. 5.- RESULTADOS

f. 5.1.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

f. 5.1.1.1.- INTRODUCCIÓN

Una de las primeras etapas en el diseño de una instalación de aire acondicionado es el cálculo de cargas térmicas del edificio, el que permite el dimensionamiento de las maquinas generadoras.

Dada la importancia que presenta esta etapa en la calidad energética del edificio, es necesario elegir un buen método de cálculo. En este trabajo se expone las características fundamentales de la herramienta computacional desarrollada en Excel con el objetivo de agilitar los cálculos de acondicionamiento de aire.

Este sistema permite el cálculo de la carga térmica de un espacio para la obtención de refrigeración siguiendo el método ASHRAE CLTD/CLF en las condiciones climatológicas de las principales ciudades del ECUADOR.

f. 5.1.1.2.- GENERALIDADES

Como aspectos importantes en el cálculo de cargas térmicas se encuentran:

Los procesos térmicos de transmisión que aparecen en un edificio. Se combinan los tres mecanismos de transmisión de calor (conducción, convección y radiación).

• La gran variedad de materiales implicados en los fenómenos térmicos, cada uno de ellos con sus propiedades termofísicas.

• Las relaciones geométricas, a menudo complejas, entre los espacios de los edificios.

• Los elementos que generan calor en un edificio son variables en el tiempo y además no varían simultáneamente.

• El almacenamiento de calor en los componentes de la edificación hace que la transmisión de calor sea más veces transitoria que estacionaria.

• La relación entre los fenómenos térmicos. Históricamente los métodos de cálculo empleados para la determinación de la carga térmica de un edificio han evolucionado desde los llamados métodos de cargas instantáneas hasta los de balance térmico, en función de la complejidad y precisión de cada uno. Como es de esperar la precisión aumenta al aumentar la complejidad.

Entre los dos métodos comentados previamente hay otros muchos métodos de complejidad y precisión intermedias.

En este trabajo se utiliza el Método ASHRAE CLTD/CLF que emplea tablas de factores de carga pre calculado para unas condiciones estándar o de Referencia. Estas condiciones de referencia son también aplicables a unas características de los edificios. Con estos datos se obtiene una carga térmica que luego hay que corregir, recalculando con tablas de temperatura exterior, latitud, e incluyendo las características constructivas propias del edificio objeto de nuestro diseño, que permiten corregirlos efectos de acumulación de calor, proporcionando factores de cargas transitorias y no sólo las cargas estacionarias.

f. 5.1.2.- INGRESO AL PROGRAMA.

Como todo programa tiene su contraseña de ingreso, el programa contiene dos tipos de contraseña según sea la utilización de la misma.

Figura 41: *Ingreso al sistema*

1.- Si se entra con la contraseña de administrador se tiene acceso a todo las hojas de cálculo con la cual se puede hacer cualquier tipo de modificación en dichas hojas de cálculo.

Figura 42: *Comandos habilitados*

Además cuenta con las siguientes opciones, se puede agregar un nuevo usuario como eliminar.

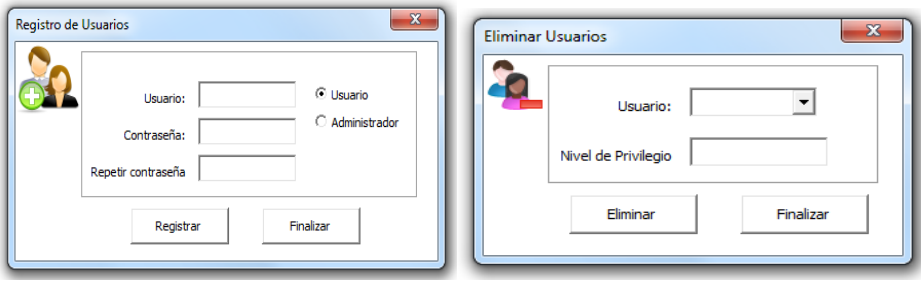


Figura 43: *Ingreso de nuevo usuario y eliminar usuario*

2.- Si se entra con clave de usuario este tiene algunas limitaciones ya que no le permite acceder a las hojas de cálculo, pero lo demás seguirá funcionando correctamente.

Figura 44: *Comandos deshabilitados*

f. 5.1.3.- COMO PRINCIPIAR EL CÁLCULO

Para comenzar con un nuevo cálculo hay que borrar la información que se encuentra almacenada en la hoja de Excel la cual se hace mediante el botón de nuevo cálculo, el cual queda listo para empezar a realizar los nuevos cálculos.

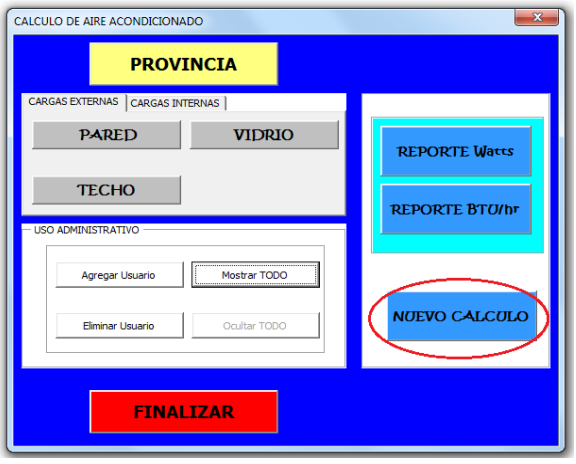


Figura 45: *Ingreso de un nuevo calculo*

f. 5.1.4.- ELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DEL LOCAL Y CONDICIONES DE TEMPERATURA EXTERIOR Y TEMPERATURA INTERIOR DE DISEÑO.

Mediante el botón de elegir provincia se puede encontrar las ubicaciones de las principales ciudades del Ecuador, en las cuales se encuentra los estaciones meteorológicas ubicadas en dichas ciudades, que dan como datos la temperatura exterior de bulbo seco, la temperatura exterior del bulbo húmedo del mes más caluroso del año y velocidad del viento, en la mismas se tiene dos opciones:

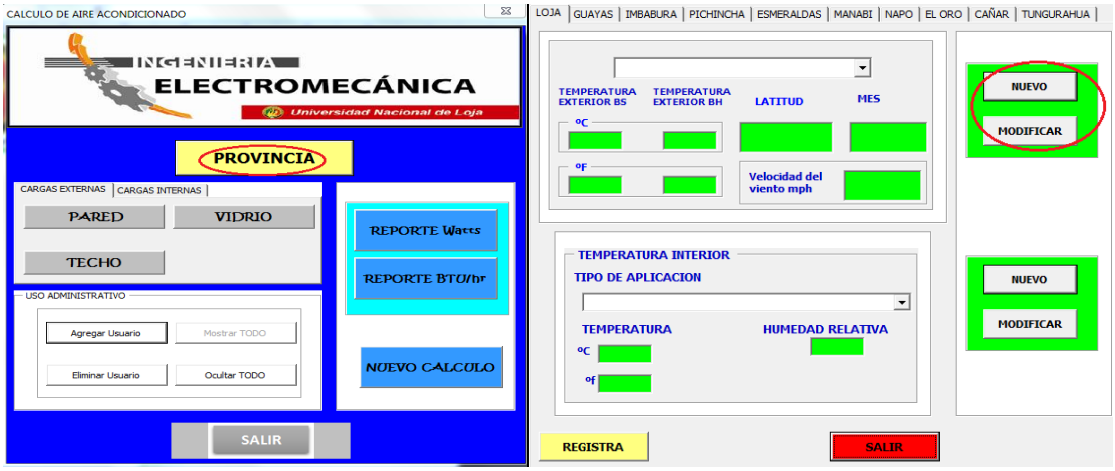


Figura 46: *Selección de provincia*

1.- Se puede ingresar una nueva ubicación del lugar que se desea para realizar el cálculo.

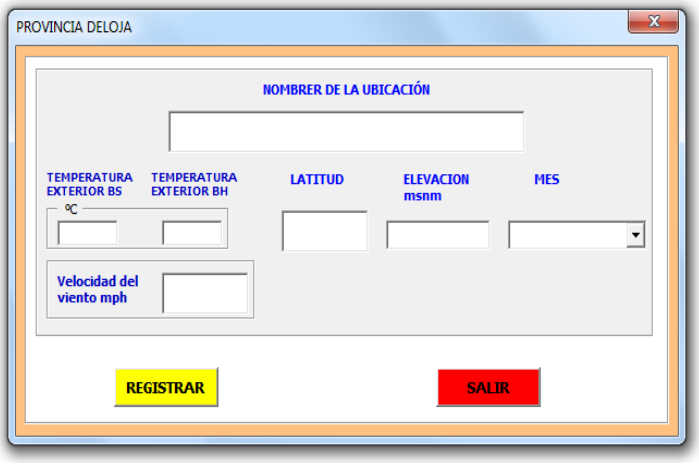


Figura 47: *Ingreso de nuevo datos de localización*

2.- la segunda opción permite modificar las características de nuestra ubicación si el caso lo amerita, de todas las ubicaciones que se encuentren almacenados en la base de datos.

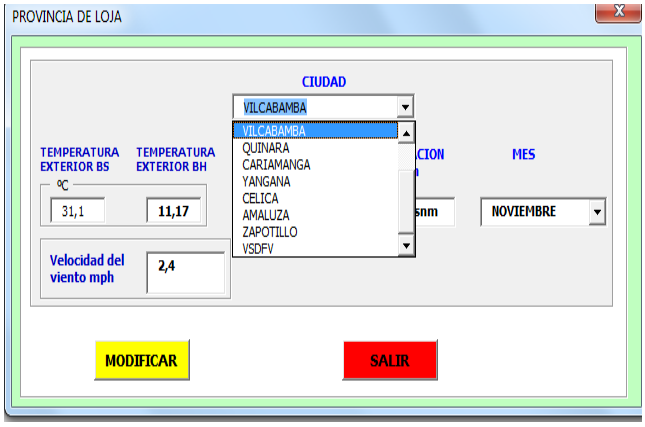


Figura 48: *Modificación de datos de las condiciones exteriores*

- ✓ **De igual manera se tiene las dos opciones para la temperatura interior del local**

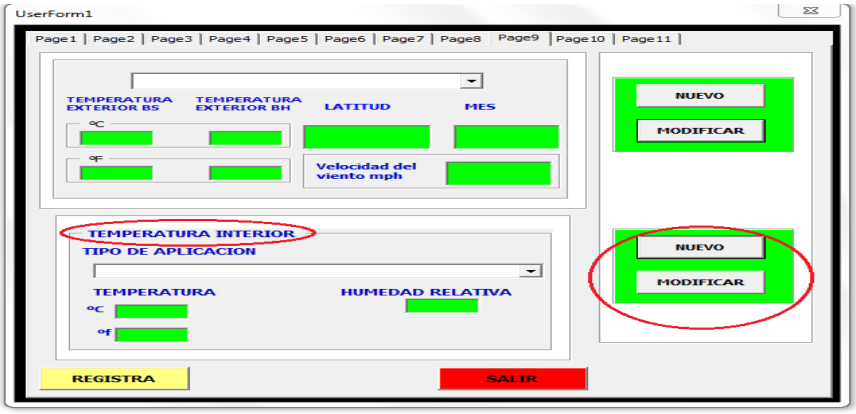


Figura 49: *Ingreso de la temperatura interior*

1-Se puede ingresar las condiciones interiores de diseño según nuestro trabajo, si no se encuentra en nuestra base de datos.

Figura 50: *Ingreso de nuevos datos de temperatura interior*

2.- Se puede modificar los datos que se encuentran ya determinados en el sistema si es necesario.

Figura 51: *Modificación de los datos de la temperatura interior*

f. 5.1.5.- CÁLCULO DE LA CARGA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Para llevar a cabo el cálculo de la carga de acondicionamiento de aire de un espacio (oficinas, teatros, locales comerciales, etc.), se requiere suficiente y de la más detallada información que conlleve a la obtención de un cálculo más real y por tal razón más precisa. Generalmente se llevan a cabo los siguientes pasos:

- Obtener características de la construcción, tales como: Materiales, tamaño de los componentes, colores, formas de las superficies externas y configuración general dada por los planos.
- Determinar la configuración: Se compone de la localización del edificio, la orientación, la influencia de los edificios y zonas adyacentes.
- Obtener condiciones exteriores de diseño: Información necesaria y apropiada sobre el clima y condiciones externas de diseño.
- Seleccionar condiciones interiores de diseño, tales como: Temperatura interior de bulbo seco y bulbo húmedo, rata de ventilación, incluyendo variaciones y límites permitidos.
- Inventario de condiciones de funcionamiento: Una detallada lista de iluminación, ocupantes, equipos al interior del espacio y procesos que contribuyan a la carga térmica interna.
- Fecha y momento: Seleccionar hora del día y el mes para llevar a cabo el cálculo de la carga de acondicionamiento. Frecuentemente, se hace necesario seleccionar varias horas distintas en el día, con el fin de obtener la carga máxima de diseño.

f. 5.1.6.- CARGAS EXTERNAS EN PAREDES TECHOS Y VIDRIOS

Figura 52: *Comandos de cargas exteriores*

f. 5.1.7.- GANANCIA CALORÍFICA POR CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE PAREDES

Para calcular la ganancia de calor a través de paredes se debe seleccionar, el tipo de paredes, la orientación, la hora que se realiza el cálculo además se debe suministrar el área. En el cual se tiene tres opciones ingresar un nuevo tipo de pared, también tiene la opción de modificar las características de la pared.

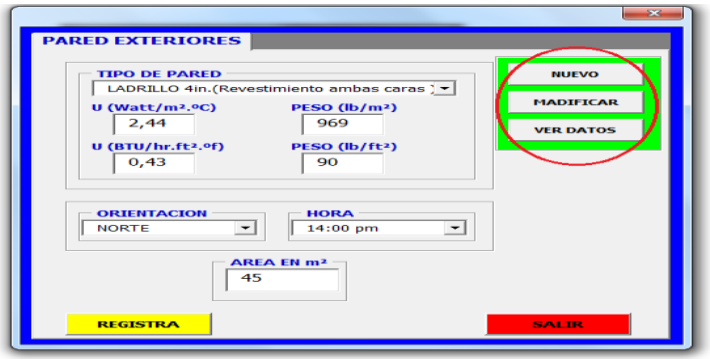


Figura 53: *Comandos de tipos de pared*

Se tiene la opción de ver todos los datos ya calculados una vez ingresadas las características antes mencionadas los cuales están representados en BTH/hr o Watts.

f. 5.1.8.- GANANCIA CALORÍFICA POR CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE TECHOS

La herramienta permite seleccionar el material del techo, la orientación, la hora que se realiza el cálculo además se debe suministrar el área, En el cual tenemos tres opciones ingresar un nuevo tipo de techo, también tiene la opción de modificar las características del techo,

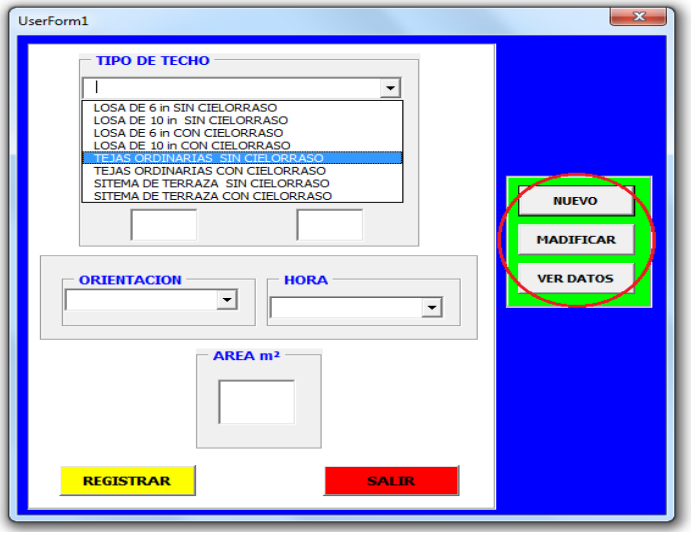


Figura 54: *Comando para los tipos de techo*

Se tiene la opción de ver todos los datos ya calculados una vez ingresadas las características antes mencionadas

f. 5.1.9.- GANANCIA CALORÍFICA POR CONDUCCIÓN Y RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VENTANAS.

En el cálculo de la ganancia de calor a través de ventanas se hace necesario seleccionar el tipo de construcción, el número de arreglos, descripción de la ventana, descripción del tipo de vidrio si lo hay, orientación, determinar si es con sombra o sin sombra y calcular el área de la ventana.

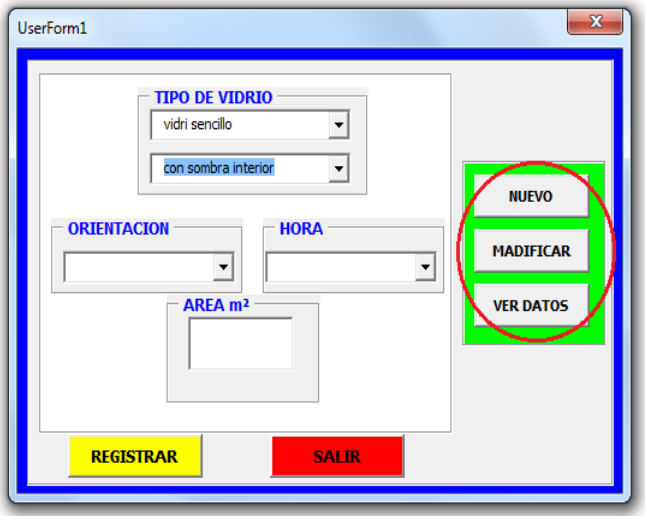


Figura 55: *Comandos para los tipos de ventanas*

Se tiene la opción de ver todos los datos ya calculados una vez ingresadas las características antes mencionadas

Cargas internas

Figura 56: *Comandos de las cargas internas*

f. 5.1.10.- GANANCIA CALORÍFICA POR SISTEMA DE ALUMBRADO

En la realización de este cálculo se requiere seleccionar número de luces, el factor de fluorescencia.

Figura 57: *Comandos de cálculo para la iluminación*

Se tiene la opción de ver todos los datos ya calculados una vez ingresadas las características antes mencionadas

f. 5.1.11.- GANANCIA CALORÍFICA POR PERSONAS

Para este cálculo se debe suministrar el número de personas, las horas de ocupación del espacio y además la actividad que se realiza.

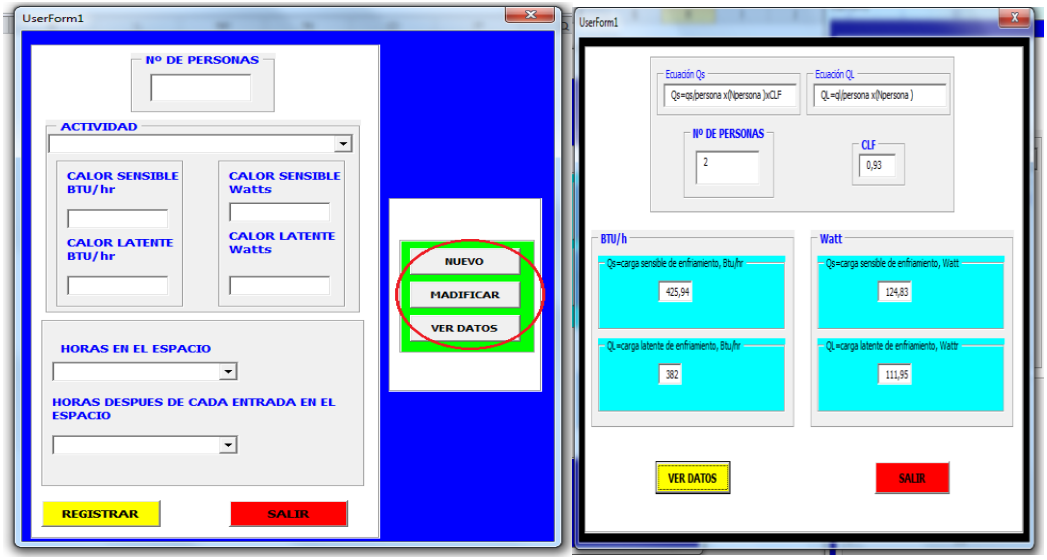


Figura 58: *Comandos de cálculo para las personas*

f. 5.1.12.- GANANCIA CALORÍFICA POR APARATOS Y EQUIPOS

En el cálculo de la ganancia de calor se debe seleccionar el número de equipos, la aplicación, horas de encendido y las horas de ocupación.

Figura 59: *Visualización de los datos obtenidos por las personas*

f. 5.1.13.- GANANCIA CALORÍFICA POR INFILTRACIÓN Y VENTILACIÓN

Seleccionando el número de personas, la actividad, altura, longitud, ancho y número de puertas.

Figura 60: *Comandos de cálculo de ventilación e infiltración*

f. 5.1.14.- REPORTE

Cuenta con dos opciones para poder ver los datos de los reportes de las cargas térmicas en BTH/hr y en Watts.

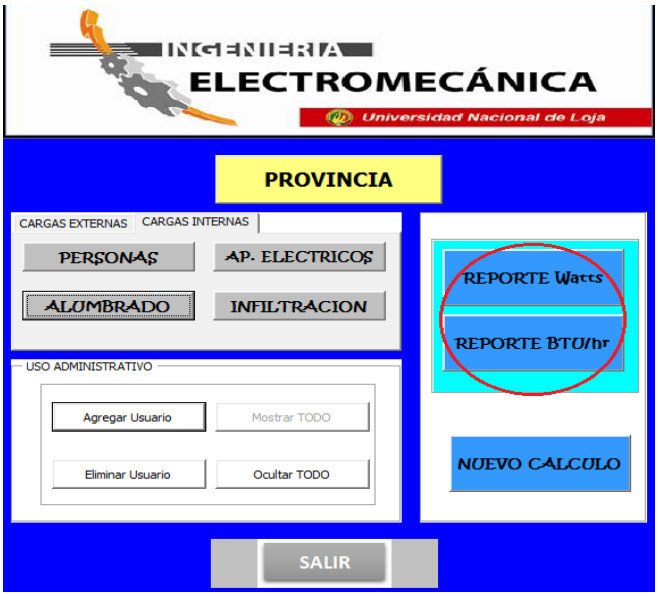


Figura 61: *Comandos de los reportes de las cargas térmicas*

f. 5.2.- VALIDACIÓN DEL SISTEMA

f. 5.2.1.1.- EJEMPLO DE APLICACIÓN

En la parroquia de Vilcabamba se va implementar aire acondicionado para una oficina. Con las siguientes características que se mencionan a continuación:

Condiciones geográficas.

- Ubicación: Vilcabamba

- Latitud: 4° 15' 46" S
- Elevación: 1563 msnm
- Mes de cálculo: Noviembre (los cálculos se realizarán en este mes divido a que los datos obtenidos del anuario meteorológico de la INAMHI (Instituto de Meteorología e Hidrología Iñaquito) este es el mes más caluroso del año).
- Hora de realizar el cálculo: 15 horas

Condiciones exteriores del proyecto

- Temperatura de bulbo seco: 29 °C- 84°F
- Temperatura de bulbo húmedo: 17,7°C - 64°F
- Velocidad del viento: 2,4 kmph

Condiciones interiores del proyecto

- Las condicione interior del proyecto se tomara un temperatura de 23°C y una humedad relativa de 45%.

Descripción de la pared

- La pared con orientación norte, tiene la siguiente medición con un largo de 6 m y alto de 2.5m.
- La pared con orientación este, tiene la siguiente medición con un largo de 4 m y alto de 2.5m.

Para el coeficiente U tiene las siguientes características. Pared de ladrillo de espesor 10 cm con revestimiento pero las dos caras con un espesor de 1.3 cm y con la cara interior con un capa de yeso de 1.3 cm, Tomando en cuenta que además de la composición de la pared en sí tenemos que considerar el aire que se encuentra tanto al interior del cuarto como al exterior.

Descripción del techo

- Losa que tiene un espesor de 25cm y contiene las siguientes mediciones de largo es de 7m y ancho 5m.

Para el coeficiente U tiene las siguientes características. La losa está formada por un bloque hueco (alivianado) recubierto de un agregado de cemento, grava y arena, y un acabado superficial de arena y cemento. Sin cielorraso

Descripción de las ventanas puertas

- En la pared con orientación norte tiene una ventana de las siguientes dimensiones largo 1.5m y ancho 2m el tipo de vidrio es sencillo sin sombra interior, son ventanos fijas.
- En la pared con orientación este se encuentra la puerta con las siguientes dimensiones, alto de 2 m con un ancho de 1.5m. la mayor parte del tiempo la puerta se encuentra abierta.

Descripción de los ocupantes

- En la oficina se encuentran dos personas que realizan un trabajo ligero de escritura.

Descripción de las luces

- El local cuenta con dos iluminarias de una potencia de 60Watt fluorescentes que son utilizados durante el tiempo de trabajo.

Descripción de los equipos que funcionan en la oficina

- Cuentan con dos computadoras de escritorio que son utilizadas todo el tiempo, también tienen una computadora portátil.
- Tienen una cafetera que es utilizada dos veces durante el día.

DESARROLLO

CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA EN PAREDES

Para él cálculo de la carga térmica del edificio se procederá primero a calcular cada uno de los coeficientes de calor de las diferentes superficies del edificio. El coeficiente de transmisión de calor U, es un valor que indica la cantidad de calor que fluye o se transfiere a través de una superficie o estructura.

$$Q = UxAxCLTD \qquad \textbf{Ecuación.11}$$

U = 0.43 BTU/ hr·ft²·°F ver tabla 6

Pared norte Área 1=15m²-161ft²

Pared este Área 2=10m²-108 ft²

❖ **ClTD**

Primero se selecciona a que grupo pertenece la pared extracto del anexo tabla 2A

Group No.	Description of Construction	Weight (lb/ft²)	*U*-Value Btu/(hr·ft²·F)
4-in. Face Brick+(*Brick)*			
C	Air Space+4-in. Face Brick	83	0.268
D	4-in. Common Brick	90	0.415
C	1-in. Insulation or Air space+4-in. Common Brick	90	0.174-0.301
B	2-in. Insulation+4-in. Common Brick	88	0.111
B	8-in. Common Brick	130	0.302
A	Insulation or Air space+8-in. Common Brick	130	0.154-0.243

Una vez encontrado a que grupo pertenece se selecciona los valores de CLTD de extracto del anexo tabla 3A.

	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

Para la pared NORTE CLTD= 12

Para la pared ESTE CLTD= 33

Ajuste del cltd para paredes

Para calcular el $CLTD_{corr}$ se lo ralisa mediante la ecuación.12, lo cual depende de su latitud, orientación, y mes de diseño.

$$\mathbf{CLTD_{corr} = (CLTD + LM)xK + (78 - T_R) + (T_o - 85)} \qquad \textbf{Ecuación.12}$$

K= 0.83 color medio permanente

T_R=23°C-73°F

T_o=29°C-84°F

LM ver anexo tabla 4A

LATITUD	**Noviembre**	
	NORTE	ESTE
4	-3	-1.5

Pared del norte se obtiene $CLTD_{corr}$ el siguiente resultado:

$$CLTD_{corr} = (12 - 3)x0.83 + (78 - 73) + (84 - 85)$$

$$CLTD_{corr} = 11.47$$

Pared del este se obtiene $CLTD_{corr}$ el siguiente resultado:

$$CLTD_{corr} = (33 - 1.5)x0.83 + (78 - 73) + (84 - 85)$$

$$CLTD_{corr} = 30.145$$

Resultados de las ganancias caloríficas de la pared:

PARED	Área (ft^2)	U (Btu / h × ft^2 × °F)	$CLTD_{corr}$ (°F)	Q(Btu/hr) $Q = UxAxCLTD$	Q(Watt) $Q = UxAxCLTD$
NORTE	161	0.43	11.47	794.06	232.72
ESTE	108	0.43	30.145	1399.93	410.28
Qt				2193.99	643

Resultados de la ganancia calorífica obtenidos con el sistema:

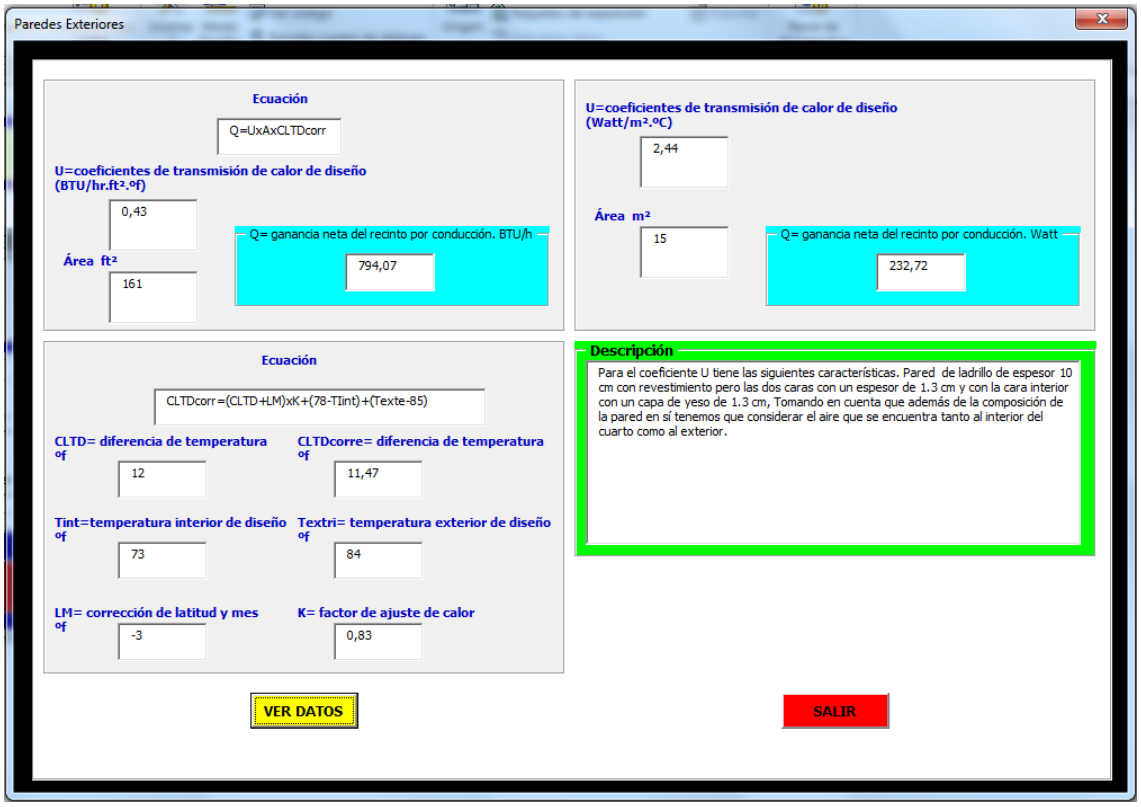


Figura 62: *Valores de la ganancia calorífica pared con orientación norte*

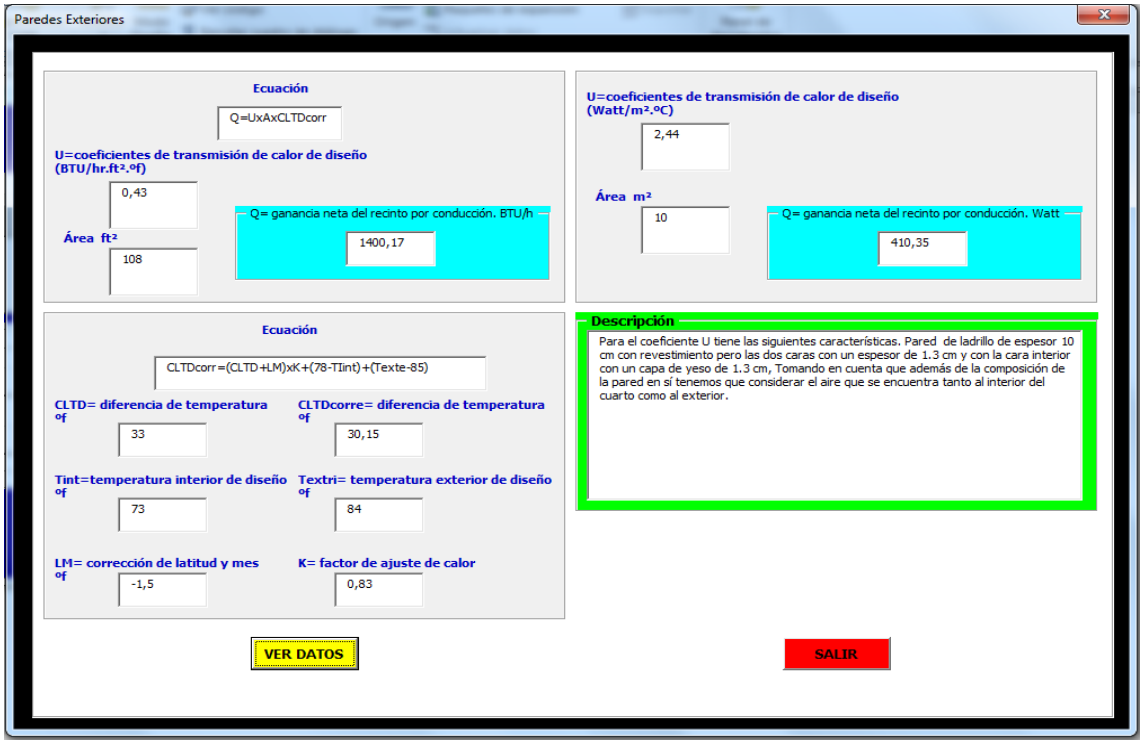


Figura 63: *Valores de la ganancia calorífica pared con orientación sur*

CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA EN TECHO

Para calcular la carga térmica en lo losa se tendrá en cuentan la orientación del mismo cono la hora de cálculo, para cálculo de la carga térmica se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Q = UxAxCLTD} \qquad \textbf{Ecuación.13}$$

U = 0.14 BTU/ hr xft²x°F ver tabla 11

Área=35m² - 377ft²

Para la selección del CLTD ver anexo tabla 5A.

CLTD para la losa = 33

Ajuste del cltd para techos

Par realizar el ajuste del CLTD de la losa se debe tener en cuenta la orientación de la misma para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{CLTD_{corr} = (CLTD + LM)xK + (78 - T_R) + (T_o - 85)xf} \qquad \textbf{Ecuación.14}$$

K= 0.5 calor claro permanente

f=1 si no hay áticos o ductos

T_R=23°C-73°F

T_o=29°C-84°F

LM ver anexo tabla 4A

LM= -2.5

$CLTD_{corr} = (33 - 2.5)x0.5 + (78 - 73) + (84 - 85)x1$

$CLTD_{corr} = 19.25$

Resultado de la ganancia calorífica de la losa

TECHO	Área (ft^2)	U (Btu / h × ft^2 ×°F)	$CLTD_{corr}$ (°F)	Q(Btu/hr) $Q = UxAxCLTD$	Q(Watt) $Q = UxAxCLTD$
horizontal	377	0.14	19.25	1016.015	297.76

Resultados de la ganancia calorífica obtenidos con el sistema:

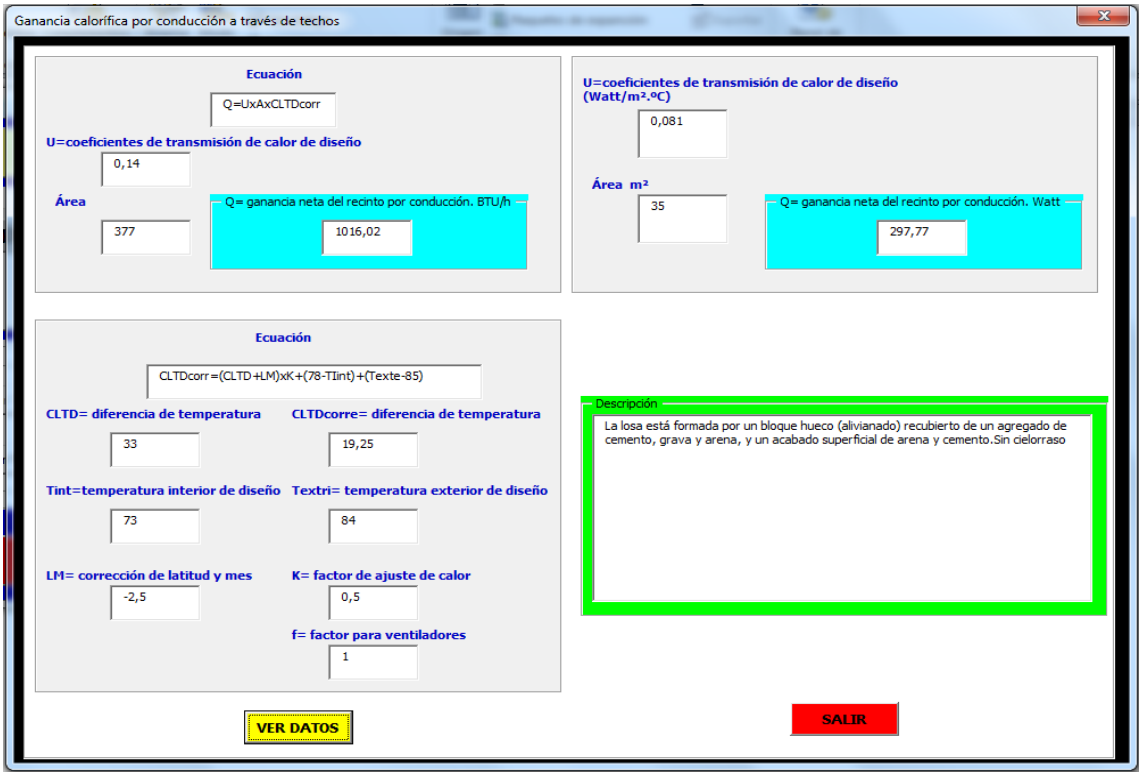


Figura 64: *Valores obtenidos ganancia calorífica de la losa*

CALCULO DE CARGA TÉRMICA DEBIDO A LA CONDUCTIVIDAD EN LOS VIDRIOS

Para el cálculo de las cargas térmicas en las ventanas se las calculara tanto por conducción como por radiación para ello se seguirá el siguiente procedimiento:

$$\mathbf{Q = UxAxCLTD} \qquad \textbf{Ecuación.15}$$

U = 1.04 BTU/ hr xft²x°F ver tabla 14

Área=3 m²-32ft²

Para la selección del CLTD ver anexo tabla 5A.

CLTD = 14

$$\boldsymbol{CLTD_{corr} = (CLTD) + (78 - T_R) + (T_o - 85)} \qquad \textbf{Ecuación.12}$$

$CLTD_{corr} = 14 + (78 - 73) + (84 - 85)$

$\mathrm{CLTD_{corr}} = 18$

Resultado de la ganancia calorífica por conducción del vidrio

Vidrio sencillo	**Área (ft^2)**	**U (Btu / h × ft² × °F)**	**$\mathbf{CLTD_{corr}}$ (°F)**	**Q(Btu/hr) $Q = UxAxCLTD$**	**Q(Watt) $Q = UxAxCLTD$**
	32	1.04	18	599.04	175.56

Radiación solar atreves de los vidrios

$$\mathbf{Q = Ax(SC)x(SHGF_{max})x(CLF)} \qquad \textbf{Ecuación.17}$$

Área=3 m²-32ft²

SC=0.9 ver tabla 16

SHGF=factor de ganancia de máxima de calor solar ver anexo tabla 8A

SHGF= 34

CLF=factor de carga de enfriamiento para el vidrio ver anexo tabla 9A

CLF=0.76

Resultado de la ganancia calorífica por radiación en el vidrio

Vidrio sencillo	Área (ft^2)	SC	SHGF	CLF	Q(Btu/hr) $Q = UxAxCLTD$	Q(Watt) $Q = UxAxCLTD$
	32	0.9	34	0.76	744.192	218.10

Resultados de la ganancia calorífica obtenidos con el sistema:

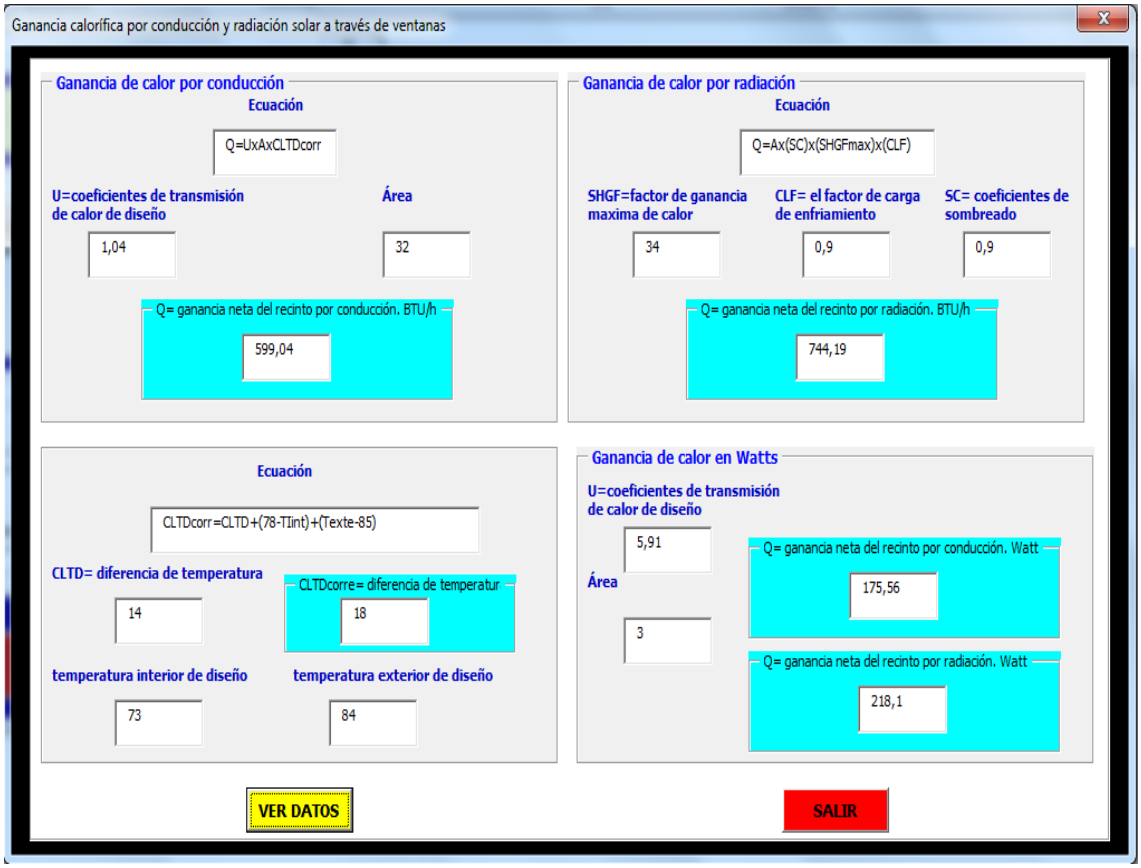


Figura 65: *Valores obtenidos de la ganancia calorífica de la ventana por conducción*

ALUMBRADO

Para el cálculo de la carga térmica por el alumbrado se toma en cuenta el factor de fluorescencia por lámpara dependiendo de la misma que se está utilizando en la oficina. Se utilizara la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Q_s = 3.41xWxF_sx\ CLF} \qquad \textbf{Ecuación.18}$$

W=60 Watt

CLF=1

F_s= 1.30 ver anexo tabla 10A

Resultado de la ganancia calorífica por la iluminación

Alumbrado	Numero de potencias	Fs	CLF	Q(Btu/hr) $Q_s = 3.41xWxF_sx\ CLF$	Q(Watt) $Q_s = WxF_sx\ CLF$
fluorescente	2	40	1.3	1	354.64	103.93

Resultados de la ganancia calorífica obtenidos con el sistema:

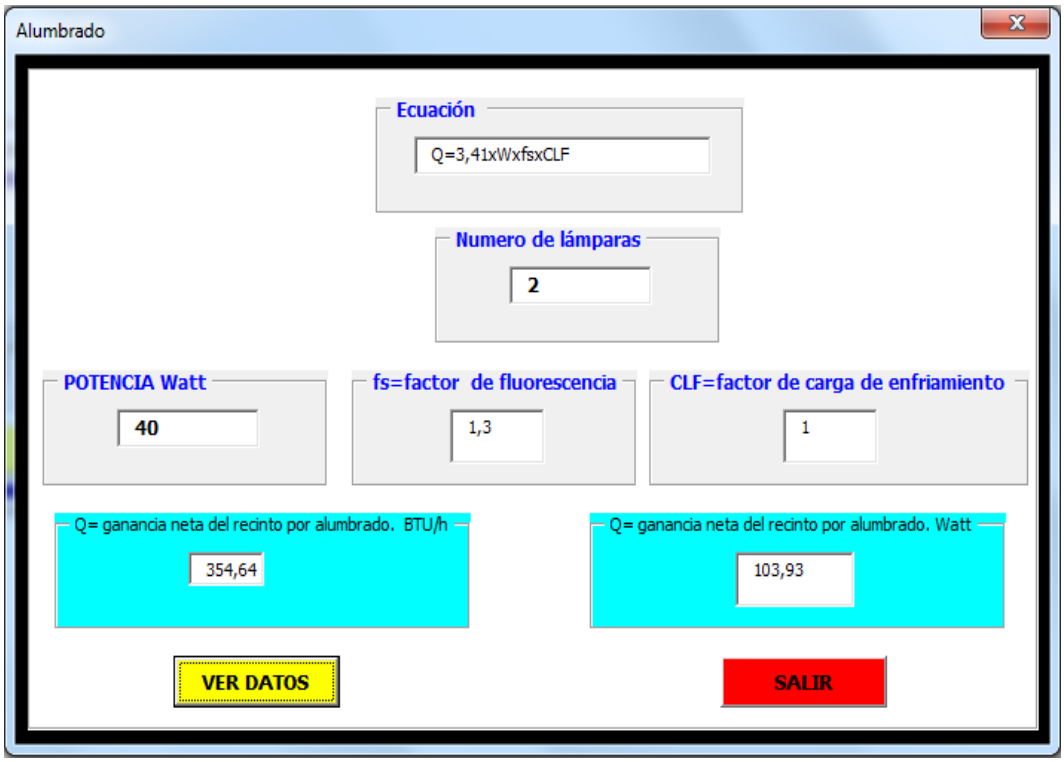


Figura 66: *Valores obtenidos de la ganancia calorífica de la ventana por radiación*

PERSONAS

Para el cálculo de la carga térmica para las personas se debe tener en cuenta la actividad que estén realizando en la oficina. Para el cálculo se lo realiza con las siguientes ecuaciones:

$$Q_s = \frac{q_s}{persona} x(N_{persona}) x CLF \qquad \textbf{Ecuación.19}$$

$$Q_l = \frac{q_l}{persona} x(N_{persona}) \qquad \textbf{Ecuación.20}$$

La ganancia de calor sensible y latente por persona ver anexo tabla 11A

$\frac{q_s}{persona}$= 230

$\frac{q_l}{\text{persona}}$= 190

Factor de carga de enfriamiento por horas de ocupación ver anexo tabla 12A

CLF=0.49

Resultados de la ganancia calorífica por las personas

Personas	Número de personas	q_s / persona BTU/hr	q_l / persona BTU/hr	CLF	Qs(Btu/hr)	Ql(Btu/hr)	Qs(Watt)	Ql(Watt)
Trabajo muy ligero	2	230	190	0.49	225.4	380	66	111.37
Qt					605.4		117.37	

Resultados obtenidos de la ganancia calorífica con el sistema para las personas:

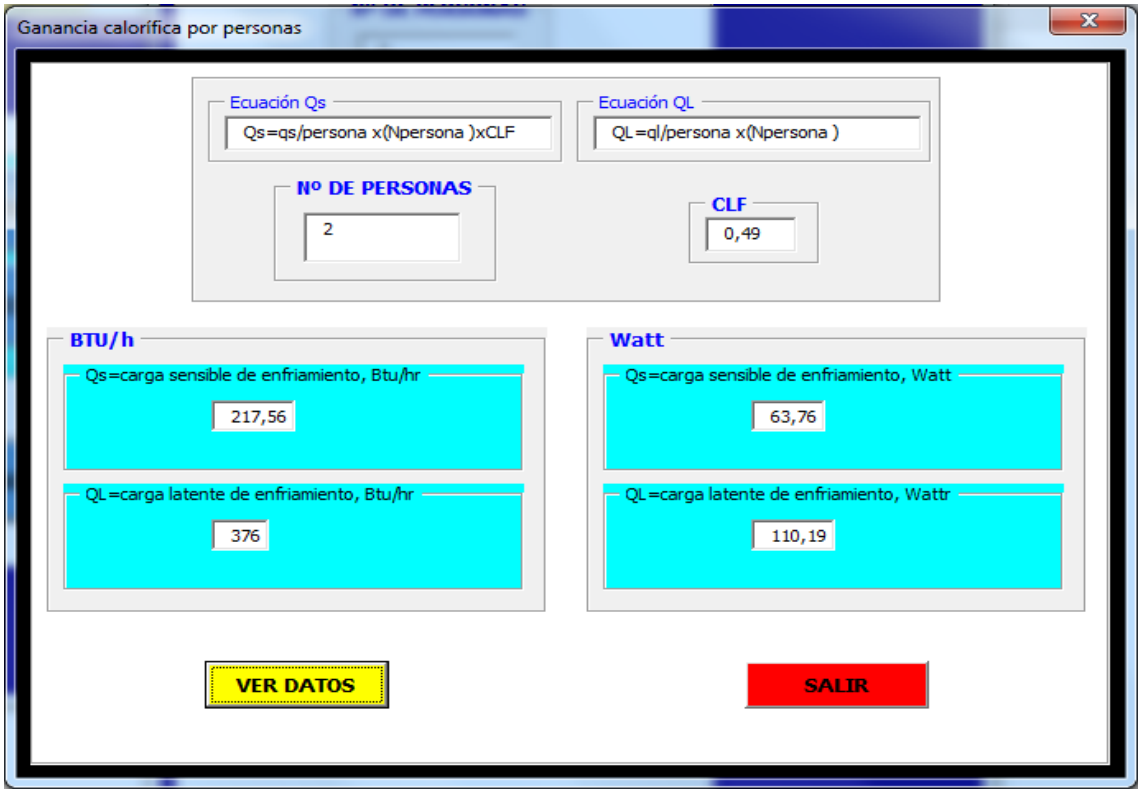


Figura 67: *Valores obtenidos de la ganancia calorífica de las personas*

APARATOS ELÉCTRICOS

Para el cálculo de las cargas térmicas en lo equipos que se utilizan en la oficina es importante tener en cuenta el tiempo de utilización de los equipos.se utiliza la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Q_s = sensible} \text{ x } \mathbf{(CLF)} \qquad \textbf{Ecuación.21}$$

$$\boldsymbol{Q_l = latente} \qquad \textbf{Ecuación.22}$$

Resultados de la ganancia calorífica por aportación de los aparatos

equipos	Número de personas	qs anexo tabla 13A	ql anexo tabla 13A	CLF anexo tabla 14A	Qs(Btu/hr) Q_s = sensible x (CLF	Ql(Btu/hr) Q_s = sensible	Qs(Watt)	Ql(Watt)
computadoras	2	2388.26	0	0.28	1337.42	0	391.96	0
cafetera	1	2723	850	0.18	490.14	850	143.65	249.11
Qt					**2677.56**		**784.72**	

Resultados obtenidos de la ganancia calorífica con el sistema para las computadoras:

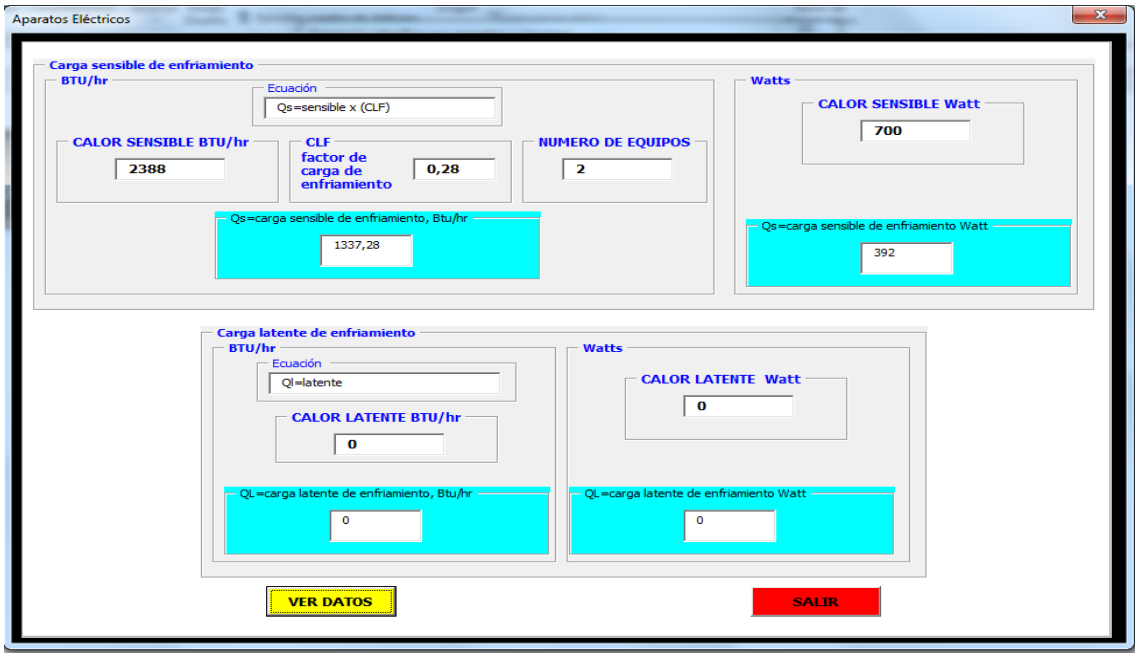


Figura 68: *Valores obtenidos de la ganancia calorífica de las computadoras*

Resultados obtenidos con el sistema para la cafetera:

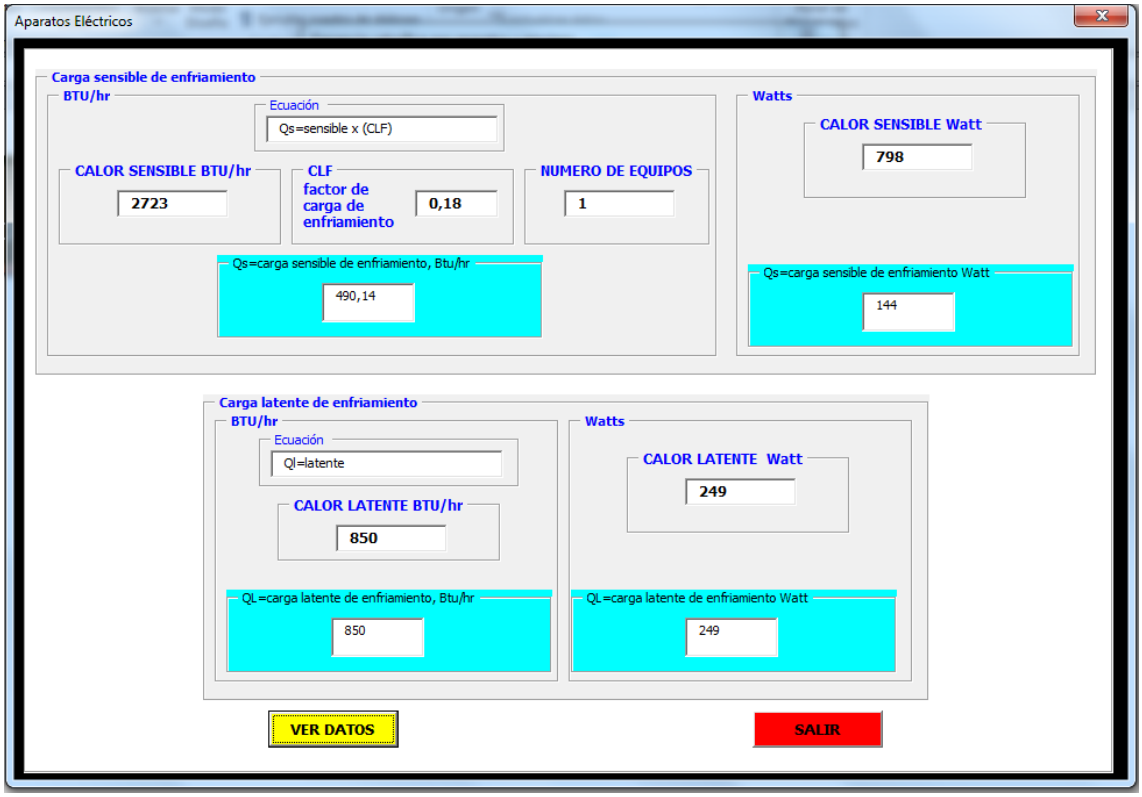


Figura 69: *Valores obtenidos de la ganancia calorífica de la cafetera*

VENTILACIÓN

Par el cálculo de cargas térmicas por ventilación se lo determinara por las siguientes ecuaciones:

$$Q_s = 1.10x\Delta txcfm \qquad \textbf{Ecuación.25}$$

$$Q_l = 4840x(W_o - W_i)xcfm \qquad \textbf{Ecuación.26}$$

Cfm=5 ver anexo tabla 15A

W_o=0.009 ver anexo figura 2A

W_i=0.008 ver anexo figura 2A

ΔW=0.001

Resultados de la ganancia calorífica por ventilación

ventilación	Número de personas	ΔT	ΔW	Cfm	Qs(Btu/hr)	Ql(Btu/hr)	Qs(Watt)	Ql(Watt)
Persona	2	11	0.001	10	242	96.8	70.92	28.37
Qt					338.80		99.29	

Resultados obtenidos con el sistema:

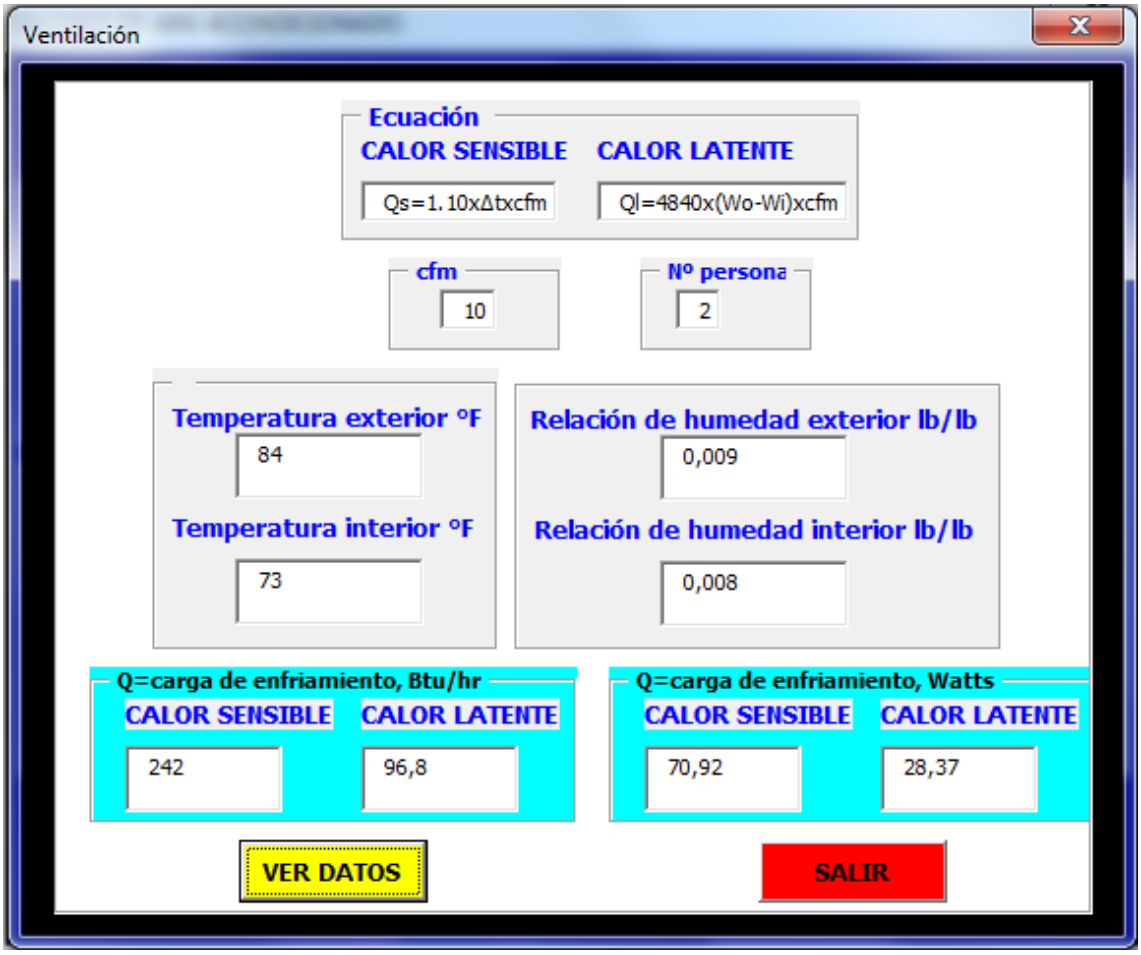


Figura 70: *Valores obtenidos de la ganancia por infiltración*

INFILTRACIÓN

Para la infiltración en puertas y ventanas se seguirá el método de la fisura, que se lo determina con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta P_w / C_p$$ **Ecuación.29**

$\Delta P_w / C_p$ =0.015 ver figura 20

C_p= 1 para oficinas

ΔP_w =0.015

K=1 ver tabla 25

Velocidad del viento=2.4kmph

Infiltración	Perímetro (ft)	$Q/_P$ **Figura 21**	$SCFM=Q/_P \times Perimetro$
Ventana	23	0.2	4.6
Puerta	23	0.6	13.8

Resultados:

Infiltración	ΔT	ΔW	$SCFM$	Qs(Btu/hr) $Q_s = 1.10x\Delta txcfm$	Ql(Btu/hr) $Q_l = 4840x(W_o - W_i)xcfm$	Qs(Watt)	Ql(Watt)
ventana	11	0.001	4.6	55.6	22.26	16.29	6.52
puerta	11	0.001	13.8	166.98	66.79	48.94	19.57
Qt				311.63		91.32	

Resultados obtenidos con el sistema para la ventana:

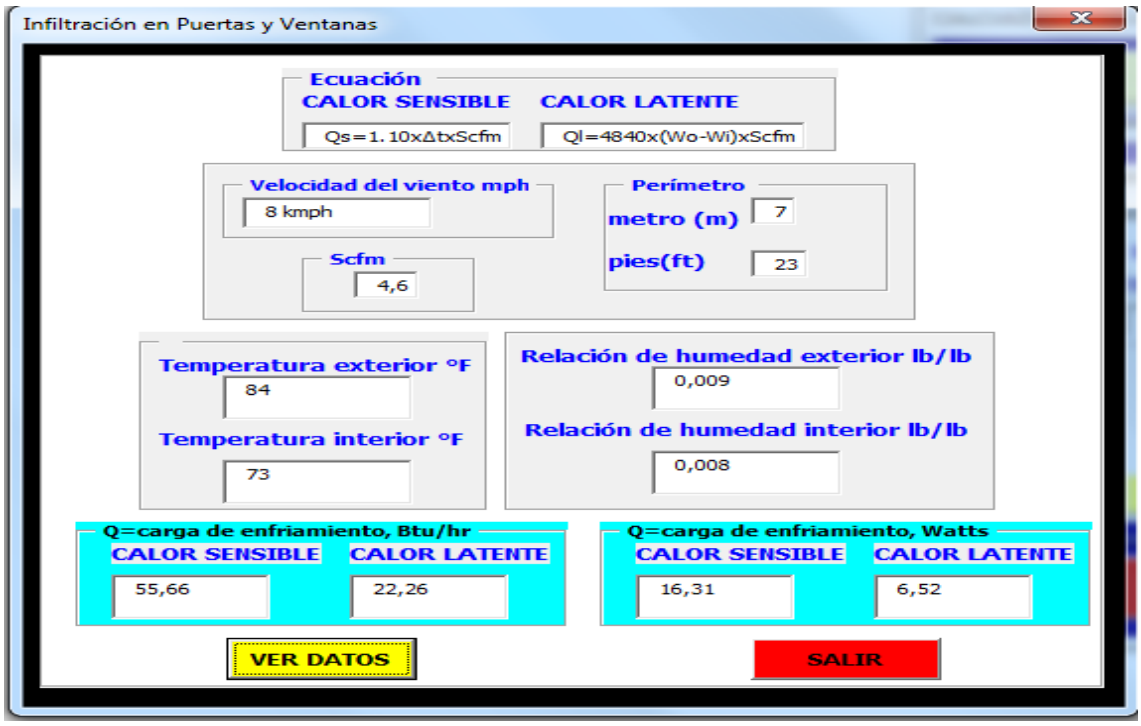


Figura 71: *Valores obtenidos de la ganancia calorífica de infiltración en ventanas*

Resultados obtenidos con el sistema para la puerta:

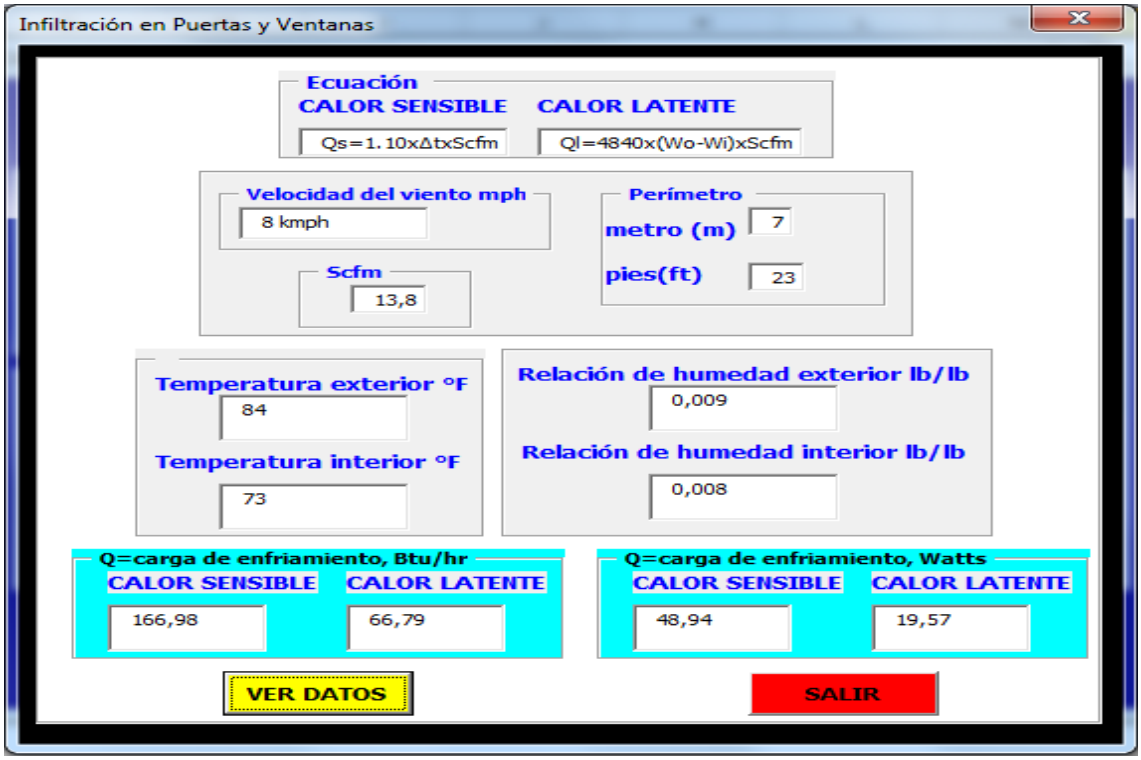


Figura 72: *Valores obtenidos de la ganancia calorífica de infiltración en puertas*

GANANCIA TOTAL DE CALOR.

DESCRIPCIÓN	Q(Btu/hr)	Q(Watt)
PARED	2193.99	643
TECHO	1016.015	297.76
VIDRIO	1343.23	393.66
ILUMINACIÓN	354.64	103.93
PERSONAS	605.4	117.37
EQUIPOS	2677.56	784.72
VENTILACIÓN	**338.80**	99.29
INFILTRACIÓN	311.63	91.32
Qt	**8812,265**	**2531.05**

REPORTE DEL SISTEMA EN BTU/hr

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECANICA

Autor	Kliover Omar Toledo Granda		
	PROYECTO		
NOMBRE	oficina	**CI.RUC:**	1104534398
	REALIZA		
NOMBRE	kliover toledo	**CI:**	1104534399
FECHA	30/06/2015 **HORA**	22:30:45	

DETALLE DEL REPORTE DE CALCULO DE AIRE ACONDICIONADO

PROVINCIA	LOCALISACION	LATITUD	MES	VELOCIDAD DEL VIENTO (kmph)
LOJA	VILCABAMBA	4° 15' 46" S	NOVIEMBRE	2,4

		TEMPERATURA BS (°F)	TEMPERATURA BH (°F)	HUMEDAD RELATIVA %
CONDICIONES DE DISEÑO	TEMP. EXTERIOR	84	64	
	TEMP. INTERIOR	73		45

TIP DE PARED		ORIENTACIO	HORA	U (Btu / h × f AREA(ft²)		Qcond(Btu/hr)	
LADRILLO 4in.(Revestimiento ambas caras)		NORTE	15:00 pm	0,43	161	794,07	
LADRILLO 4in.(Revestimiento ambas caras)		ESTE	15:00 pm	0,43	108	1400,17	
TIP DE PARED		**ORIENTACIO**	**HORA**	**U (Btu / h × f AREA(ft²)**		**Qcond(Btu/hr)**	
LOSA DE 10 in SIN CIELORRASO		horizontal	15:00 pm	0,14	377	1016,02	
VIDRIO	**TOPO DE SOMBRA**	**ORIENTACIO**	**HORA**	**U (Btu / h × f AREA(ft²)**		**Qcond(Btu/hr)**	**Qrad(Btu/hr)**
vidri sencillo	sin sombra interior	NORTE	15:00 pm	1,04	32	599,04	744,19
Nº DE LAMPARAS	**POTENCIA**	**fs**	**CLF**			**Q(Btu/hr)**	
2	40	1,3	1			354,64	
Nº DE PERSONAS	**ACTIVIDAD**		**CLF**			**Qs(Btu/hr)**	**Ql(Btu/hr)**
2	SENTADO, TRABAJO MUY LIGERO, ESCRITURA		0,49			217,56	376
EQUIPO	**Nº DE EQUIPO**		**CLF**			**Qs(Btu/hr)**	**Ql(Btu/hr)**
computadora	2		0,28			1337,28	0
cafetra de 3 galones	1		0,18			490,14	850
INFILTRACION	**TIPO DE AJUSTE**	**wi lb/lb**	**we lb/lb**	**SCFM**	**PERIMETOR (ft)**	**Qs(Btu/hr)**	**Ql(Btu/hr)**
ventana	Bien Agustadas	0,008	0,009	4,6	23	55,66	22,26
puerta	Suelta	0,008	0,009	13,8	23	166,98	66,79
VENTILACION	**Nº DE PERSONAS**	**wi lb/lb**	**we lb/lb**	**cfm**		**Qs(Btu/hr)**	**Ql(Btu/hr)**
Oficinas	2	0,008	0,009	10		242	96,8

total de cargas	**Qs(Btu/hr)**	**Ql(Btu/hr)**
Qts--Qtl	6673,56	2156,04
QTs-L	8829,6	

Figura 73: *Resumen de la carga térmica de la oficina en BTU/hr*

REPORTE DEL SISTEMA EN Watt

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECANICA

Autor	Kliover Omar Toledo Granda		
		PROYECTO	
NOMBRE	oficina	**CI.RUC:**	1104534398
		REALIZA	
NOMBRE	kliover toledo	**CI:**	1104534399
FECHA	30/06/2015 **HORA**	22:30:45	

DETALLE DEL REPORTE DE CALCULO DE AIRE ACONDICIONADO

PROVINCIA	LOCALISACION	LATITUD	MES	VELOCIDAD DEL VIENTO (kmph)
LOJA	VILCABAMBA	4° 15' 46" S	NOVIEMBRE	2,4

		TEMPERATURA BS (°C)	TEMPERATURA BH (°C)	HUMEDAD RELATIVA %
CONDICIONES DE DISEÑO	TEMP. EXTERIOR	29	18	
	TEMP. INTERIOR	23		45

TIP DE PARED	ORIENTACIO	HORA	U (Watt/ m²	AREA(m²)	Qcond(Watts)	
LADRILLO 4in.(Revestimiento ambas caras)	NORTE	15:00 pm	2,44	15	232,72	
LADRILLO 4in.(Revestimiento ambas caras)	ESTE	15:00 pm	2,44	10	410,35	
TIP DE PARED	**ORIENTACIO**	**HORA**	**U (Watt/ m²**	**AREA(m²)**	**Qcond(Watts)**	
LOSA DE 10 in SIN CIELORRASO	horizontal	15:00 pm	0,79	35	297,77	
VIDRIO	**TOPO DE SOMBRA**	**ORIENTACIO**	**HORA**	**U (Watt/ m²**	**AREA(m²)**	**Qcond(Watts)**	**Qrad(Watts)**
vidri sencillo	sin sombra interior	NORTE	15:00 pm	5,91	3	175,56	218,1

Nº DE LAMPARAS	POTENCIA	fs	CLF	Q(Watts)
2	40	1,3	1	103,93

Nº DE PERSONAS	ACTIVIDAD	CLF	Qs(Watts)	Ql(Watts)
2	SENTADO, TRABAJO MUY LIGERO, ESCRITURA	0,49	63,76	110,19

EQUIPO	Nº DE EQUIPO	CLF	Qs(Watts)	Ql(Watts)
computadora	2	0,28	392	0
cafetra de 3 galones	1	0,18	144	249

INFILTRACION	TIPO DE AJUSTE	wi lb/lb	we lb/lb	SCFM	PERIMETOR (m)	Qs(Watts)	Ql(Watts)
ventana	Bien Agustadas	0,008	0,009	4,6	7	16,31	6,52
puerta	Suelta	0,008	0,009	13,8	7	48,94	19,57

VENTILACION	Nº DE PERSONAS	wi lb/lb	we lb/lb	cfm	Qs(Watts)	Ql(Watts)
Oficinas	2	0,008	0,009	10	70,92	28,37

total de cargas	Qs(Watts)	Ql(Watts)
Qts--Qtl	1956,26	631,75
QTs-L	2588,01	

Figura 74: *Resumen de la carga térmica de la oficina en Watt*

g. 6.- DISCUSIÓN

Luego de realizar el estudio de las diferentes cargas térmicas que influyen para la selección de los equipos de aire acondicionado, se procedió a seleccionar el método más adecuado para el cálculo de dichas cargar, por el cual se seleccionó el método ASHRAE CLTD/CLF (Cálculo de Cargas por Temperatura Diferencial y Factores de Carga de Enfriamiento).

Se adoptó por este método CLTD debido a que cuenta con tablas pre diseñados para el cálculo de cargas térmicas para los diferentes tipos de pares, techo, ventanas, así como para las cargas internas por iluminación, aparatos eléctricos, personas.

Así mismo se seleccionó las condiciones de diseño del exterior de las diferentes localidades donde se encuentran instaladas las estaciones meteorológicas de las culés se obtuvo los datos de temperatura de bulbo seco y de las de temperatura de bulbo húmedo, velocidad del viento de todos los meses del año, de las provincias de Loja, Guayas, Imbabura, Pichincha, Esmeraldas, Manabí, Napo, El Oro, Cañar, Tungurahua. De acuerdo a las normas de ASHRAE se obtuvo las condiciones interiores de diseño para los diferentes tipos de locales.

Una vez obtenida toda la información adecuado se procedió a la creación de la programación en VBA (Visual Basic for Applications), el cual es un lenguaje de programación que se utiliza para la creación de las macros Excel, las cuales automatizan las operaciones que realiza la aplicación en Excel con el objetivo de eliminar tareas repetitivas o realizar cálculos complejos en un corto espacio de tiempo y con una nula probabilidad de error.

h. 7.-CONCLUSIONES

- Con la creación de la herramienta computacional en Excel permite el cálculo de cargas térmicas para aire acondicionado para instalaciones de tamaño pequeño y mediano.
- Se recopilo información de las principales características climatológicas de las diferentes ciudades del Ecuador, para realizar un cálculo más certero las mismas que influyen en el cálculo de cargas térmicas.
- Se estableció el método ASHRAE CLTD/CLF (Cálculo de Cargas por Temperatura Diferencial y Factores de Carga de Enfriamiento), para desarrollar la herramienta de cálculo de cargas térmicas.

i. 8.- RECOMENDACIONES

- Para condiciones de diseño de la temperatura exterior es recomendable seguir el método de los percentiles para el cual es más preciso ya que recomienda tener una base de datos de monitoreo de la temperatura exterior aproximadamente de 20 años.
- Que para el cálculo de U (coeficiente de transmisión) se debe realizar de acuerdo a las características del local a realizar los cálculos de los techos, paredes, vidrios, con el cual se acercara con mayor exactitud al diseño del cálculo de las cargas térmicas.
- De acuerdo a las exigencias del diseño y a la complejidad del mismo, se debe seleccionar el método más adecuado para el cálculo de las cargas térmicas.
- Al presente trabajo se puede adaptar una tarjeta para interactuar con MATLAB® o LabVIEW™.

J. 9.- BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- COOLING AND HEATINH LOAD CALCULATION MANUAL [Libro] / aut. ASHRAE, 2009.
- CALCULO DE CARGAS DE ENFRIAMIENTO [Libro] / aut. PITA EDWAR G.. - MEXICO : CONTINENTAL S.A, 1994
- EL PROYECTO DE LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN, CUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS [Libro] / aut.Miguel Angel Garcia Gutierrez.
- FUNDAMENTOS DE CALEFACCIÓN. VENTILACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE [Libro] / aut. HAVRELLA RAYMOND A.. - MEXICO : edición en español, por LIBROS McGRAW-HILL DE MÉXICO, S. A. DE C. V., 1983. - Vol. primera edición.
- FUNDAMENTOD DE CALEFACION Y VENTILACION ACONDICIONAMIENTO DE AIRE [Libro] / aut. ALTAMIRANO FEDERICO LING. - MEXICO : LIBROS McGRAW-HILL, 1983.
- HVAC SIMPLIFIED SOLUTIONS MANUAL [Libro] / aut. Stephen P. Kavanaugh, 2006
- HEATING, VENTILATING, AND AIR CONDITIONING [Libro] / aut. John Wiley & Sons . – McQuiston,Faye C- 2005. – Sixth Edition
- INSTALACION DE REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO [Libro] / aut.Daniel Garcia Almiñana. Gutierrez. BARCELONA,Editora UOC,Primera edicion en lenguage castellana, diciembre 2007.
- MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO [Libro] / aut. CARRIER. - BARCELONA - ESPAÑA : MARCOBO S.A, 1980.
- MANUAL DE CLIMATIZACIÓN [Libro] / aut.Jose Manuel Pinazo Ojer.MEXICO,primra edicio, 1999
- REFRIGERATION SYSTEMS AND APPLICATIONS. 2010 ASHRAE Handbook,
- TACNICAS DE CLIMATIZACION [libro] / aut. MIRANDA ANGEL LUIS. - BARCELONA-ESPAÑA : MARCOMBO S.A, 2008.
- VENTILATION FOR ACCEPTABLE INDOOR AIR QUALITY [Libro] / aut. ASHRAE,

ARTÍCULOS WEB:

- **AIRE ACONDICIONADO** / aut. RENEDO CARLOS J // personales.unican.es/renedoc/.../009%20Instal%20AA%20OK.pdf. - LUNES de MARZO de 2015.

- **MODULO SEIS INSTALACION DE CLIMATIZACION Y VENTILACION U.D.5** [En línea] / aut. Valiente César González. - MARTES de ENERO de 2015. - https://laboralfrio.wikispaces.com/.../1+REPASO+PPOS+FUNDAMENT....

- **http://www.inifed.gob.mx/doc/normateca/tec/V2-EP/Volumen_2_Tomo_I_Planeacion_Programacion_y_Evaluacion.pdf** [En línea] / aut. INIFED. - Instituto Nacional de la Infraestructura F í s i c a E d u c a t i v a, 2011. - MARTES de NOVIEMBRE de 2014.

- **http://www.monografias.com/trabajos4/cargasterm/cargasterm.shtml#ixzz3Gt5Y9Szy** [En línea] / aut. GUSTAVO JOSE TUDARE PARDO. - MIERCOLES de 10 de 2014.

- **http://www.sol-arq.com/index.php/caracteristicas-materiales/caracteristicas-basicas** [En línea] / aut. sol.arq.. - 22 de 05 de 2015.

- **http://www.dgeo.udec.cl/~juaninzunza/docencia/fisica/cap14.pdf** [En línea] / aut. MACANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR. - JUEVES de OCTUBRE de 2014.

- **http://www.elaireacondicionado.com/articulos/historia_aire_acondicionado.html** [En línea] / aut. HISTORIA DEL AIRE ACONDICIONADO. - MIERCOLES de OCTUBRE de 2014.

k. 10. ANEXOS

k. Anexo 01 Tablas

Tabla 1A: Características térmicas básicas de algunos materiales constructivos

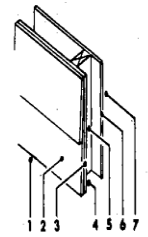
Description	Customary Unit								
	Density (lb/ft³)	Conductivity (k)	Conductance (C)	Resistance[b] (R)		Specific Heat, Btu/(lb) (deg F)	Heat Capacity		
				Per inch thickness (1/k)	For thickness listed (1/C)		Wt lb/ft²	Btu/ft² · F	Btu/ft³ · F
BUILDING BOARD									
Boards, Panels, Subflooring, Sheathing Woodboard Panel Products									
Asbestos-cement board	120	4.0	—	*0.25*	—	0.24	—	—	28.8
Asbestos-cement board 0.125 in.	120	—	33.00	—	*0.03*		1.25	0.30	28.8
Asbestos-cement board 0.25 in.	120	—	16.50	—	*0.06*		2.50	0.60	28.8
Gypsum or plaster board 0.375 in.	50	—	3.10	—	*0.32*	0.26	1.56	0.41	13.0
Gypsum or plaster board 0.5 in.	50	—	2.22	—	*0.45*		2.08	0.54	13.0
Gypsum or plaster board 0.625 in.	50	—	1.78	—	*0.56*		2.60	0.68	13.0
Plywood (Douglas Fir)	34	0.80	—	*1.25*	—	0.29	—	—	9.86
Plywood (Douglas Fir) 0.25 in.	34	—	3.20	—	*0.31*		0.71	0.21	9.86
Plywood (Douglas Fir) 0.375 in.	34	—	2.13	—	*0.47*		1.06	0.31	9.86
Plywood (Douglas Fir) 0.5 in.	34	—	1.60	—	*0.62*		1.42	0.41	9.86
Plywood (Douglas Fir) 0.625 in.	34	—	1.29	—	*0.77*		1.77	0.51	9.86
Plywood or wood panels 0.75 in.	34	—	1.07	—	*0.93*	0.29	2.13	0.62	9.86
Vegetable Fiber Board									
Sheathing, regular density 0.5 in.	18	—	0.76	—	*1.32*	0.31	0.75	0.23	5.58
0.78125 in.	18	—	0.49	—	*2.06*		1.17	0.36	5.58
Sheathing intermediate density 0.5 in.	22	—	0.82	—	*1.22*	0.31	0.92	0.28	6.82
Nail-base sheathing 0.5 in.	25	—	0.88	—	*1.14*	0.31	1.04	0.32	7.75
Shingle backer 0.375 in.	18	—	1.06	—	*0.94*	0.31	0.56	0.17	5.58
Shingle backer 0.3125 in.	18	—	1.28	—	*0.78*		0.47	0.15	5.58
Sound deadening board 0.5 in.	15	—	0.74	—	*1.35*	0.30	0.62	0.19	4.50
Tile and lay-in panels, plain or acoustic	18	0.40	—	*2.50*	—	0.14	—	—	2.52
0.5 in.	18	—	0.80	—	*1.25*		0.75	0.11	2.52
0.75 in.	18	—	0.53	—	*1.89*		1.13	0.16	2.52
Laminated paperboard	30	0.50	—	*2.00*	—	0.33	—	—	9.90
Homogeneous board from repulped paper	30	0.50	—	*2.00*	—	0.28	—	—	8.40
Hardboard									
Medium density	50	0.73	—	*1.37*	—	0.31	—	—	17.60
High density, service temp. service underlay	55	0.82	—	*1.22*	—	0.32	—	—	17.60
High density, std. tempered	63	1.00	—	*1.00*	—	0.32	—	—	20.16
Particleboard									
Low density	37	0.54	—	*1.85*	—	0.31			11.47
Medium density	50	0.94	—	*1.06*	—	0.31			15.50
High density	62.5	1.18	—	*0.85*	—	0.31			19.38
Underlayment 0.625 in.	40	—	1.22	—	*0.82*	0.29	2.08	0.6	11.60
Wood subfloor 0.75 in.		—	1.06	—	*0.94*	0.33	2.00	0.6	9.60
BUILDING MEMBRANE									
Vapor—permeable felt	—	—	16.70	—	*0.06*		—	—	—
Vapor—seal, 2 layers of mopped 15-lb felt	—	—	8.35	—	*0.12*		—	—	—
Vapor—seal, plastic film	—	—	—	—	Negl.		—	—	—
FINISH FLOORING MATERIALS									
Carpet and fibrous pad	—	—	0.48	—	*2.08*	0.34	—	—	—
Carpet and rubber pad	—	—	0.81	—	*1.23*	0.33	—	—	—
Cork tile 0.125 in.	—	—	3.60	—	*0.28*	0.48			—
Terrazzo 1 in.	—	—	12.50	—	*0.08*	0.19	11.7	2.22	26.60
Tile—asphalt, linoleum, vinyl, rubber	—	—	20.00	—	*0.05*	0.30	—	—	—
vinyl asbestos						0.24	—	—	—
ceramic						0.19	—	—	—
Wood, hardwood finish 0.75 in.			1.47		*0.68*		2.81	0.84	13.50
INSULATING MATERIALS									
Blanket and Batt									
Mineral Fiber, fibrous form processed from rock, slag, or glass									
approx.[c] 2–2.75 in.	0.3–2.0	—	0.143	—	*7*[d]	0.17–0.23	.12–.40	.02–.09	0.1–0.46
approx.[c] 3–3.5 in.	0.3–2.0	—	0.091	—	*11*[d]		.16–.54	.03–.12	0.1–0.46
approx.[c] 3.50–6.5	0.3–2.0	—	0.053	—	*19*[d]		.30–.98	.05–.23	0.1–0.46
approx.[c] 6–7 in.	0.3–2.0		0.045		*22*[d]		.30–1.10	.05–.25	0.1–0.46
approx.[d] 8.5 in.	0.3–2.0		0.033		*30*[d]		.40–1.42	.07–.32	0.1–0.46
Board and Slabs									
Cellular glass	8.5	0.38	—	*2.63*	—	0.24	—	—	2.64
Glass fiber, organic bonded	4–9	0.25	—	*4.00*	—	0.23	—	—	.9–2.1
Expanded rubber (rigid)	4.5	0.22	—	*4.55*	—	0.40	—	—	1.8
Expanded polystyrene extruded Cut cell surface	1.8	0.25	—	*4.00*	—	0.29	—	—	0.52
Expanded polystyrene extruded Smooth skin surface	2.2	0.20	—	*5.00*	—	0.29	—	—	0.64
Expanded polystyrene extruded Smooth skin surface	3.5	0.19	—	*5.26*	—		—	—	1.02
Expanded polystyrene, molded beads	1.0	0.28	—	*3.57*	—	0.29	—	—	0.29
Expanded polyurethane[f] (R-11 exp.)	1.5	0.16	—	*6.25*	—	0.38	—	—	0.57
(Thickness 1 in. or greater)	2.5								

Description	Customary Unit								
	Density (lb/ft³)	Conductivity (k)	Conductance (C)	Resistance[b] (R)		Specific Heat, Btu/(lb) (deg F)	Heat Capacity		
				Per inch thickness (1/k)	For thickness listed (1/C)		Wt lb / ft²	Btu / ft² · F	Btu / ft³ · F
Mineral fiber with resin binder	15	0.29	—	*3.45*	—	0.17	—	—	9.15
Mineral fiberboard, wet felted									
Core or roof insulation	16-17	0.34	—	*2.94*	—		—	—	2.2-2.4
Acoustical tile	18	0.35	—	*2.86*	—	0.19	—	—	3.42
Acoustical tile	21	0.37	—	*2.70*	—		—	—	2.94
Mineral fiberboard, wet molded									
Acoustical tile[g]	23	0.42	—	*2.38*	—	0.14	—	—	3.22
Wood or cane fiberboard									
Acoustical tile[g] 0.5 in.	—	—	0.80	—	*1.25*	0.31	—	—	—
Acoustical tile[g] 0.75 in.	—	—	0.53	—	*1.89*		—	—	—
Interior finish (plank, tile)	15	0.35	—	*2.86*	—	0.32	—	—	4.80
Wood shredded (cemented in preformed slabs)	22	0.60	—	*1.67*	—	0.31	—	—	6.82
LOOSE FILL									
Cellulosic insulation (milled paper or wood pulp)	2.3-3.2	0.27-0.32	—	*3.13-3.70*	—	0.33	—	—	.76-1.06
Sawdust or shavings	8.0-15.0	0.45	—	*2.22*	—	0.33	—	—	2.64-4.45
Wood fiber, softwoods	2.0-3.5	0.30	—	*3.33*	—	0.33	—	—	.66-1.16
Perlite, expanded	5.0-8.0	0.37	—	*2.70*	—	0.26	—	—	1.3 -2.08
Mineral fiber (rock, slag or glass)									
approx.[e] 3.75-5 in.	0.6-2.0	—	—		11	0.17	0.2 - .71	.04-.12	0.1
approx.[e] 6.5-8.75 in.	0.6-2.0	—	—		19		.51-1.27	.06-.22	0.1- .34
approx.[e] 7.5-10 in.	0.6-2.0	—	—		22		.45-1.46	.07-.25	0.1- .34
approx.[e] 10.25-13.75 in.	0.6-2.0	—	—		30		.60-2.02	.1 -.34	0.1- .34
Vermiculite, exfoliated	7.0-8.2	0.47	—	*2.13*	—	3.20	—	—	1.4-1.64
	4.0-6.0	0.44	—	*2.27*	—		—	—	0.8-1.2
ROOF INSULATION[h]									
Preformed, for use above deck									
Different roof insulations are available in different thicknesses to provide the design *C* values listed.[h] Consult individual manufacturers for actual *thickness of their material*			0.72 to 0.12		*1.39 to 8.33*		—	—	—
MASONRY MATERIALS									
CONCRETES									
Cement mortar	116	5.0	—	*0.20*	—		—	—	23.2
Gypsum-fiber concrete 87.5% gypsum, 12.5% wood chips	51	1.66	—	*0.60*	—	0.21	—	—	10.71
Lightweight aggregates including expanded shale, clay or slate; expanded slags; cinders; pumice; vermiculite; also cellular concretes	120	5.2	—	*0.19*	—		—	—	24.0
	100	3.6	—	*0.28*	—		—	—	20.0
	80	2.5	—	*0.40*	—		—	—	16.0
	60	1.7	—	*0.59*	—		—	—	12.0
	40	1.15	—	*0.86*	—		—	—	8.0
	30	0.90	—	*1.11*	—		—	—	6.0
	20	0.70		*1.43*			—	—	4.0
Perlite, expanded	40	0.93		*1.08*			—	—	12.8
	30	0.71		*1.41*			—	—	9.6
	20	0.50		*2.00*		0.32	—	—	6.4
Sand and gravel or stone aggregate (oven dried)	140	9.0	—	*0.11*		0.22	—	—	30.8
Sand and gravel or stone aggregate (not dried)	140	12.0	—	*0.08*			—	—	28.0
Stucco	116	5.0	—	*0.20*			—	—	23.2
MASONRY UNITS									
Brick, common[i]	120	5.0	—	*0.20*	—	0.19	—	—	22.8
Brick, face[i]	130	9.0	—	*0.11*	—		—	—	24.7
Clay tile, hollow:									
1 cell deep 3 in.	—	—	1.25	—	*0.80*	0.21	15.0	3.2	12.6
1 cell deep 4 in.	—	—	0.90	—	*1.11*		16.0	3.4	10.1
2 cells deep 6 in.	—	—	0.66	—	*1.52*		25.0	5.25	10.5
2 cells deep 8 in.	—	—	0.54	—	*1.85*		30.0	6.3	9.5
2 cells deep 10 in.	—	—	0.45	—	*2.22*		35.0	7.4	8.8
3 cells deep 12 in.	—	—	0.40	—	*2.50*		40.0	8.4	8.4
Concrete blocks, three oval core:									
Sand and gravel aggregate 4 in.	—	—	1.40	—	*0.71*	0.22	23.0	5.1	15.2
8 in.	—	—	0.90	—	*1.11*		43.0	9.4	14.1
12 in.	—	—	0.78	—	*1.28*		63.0	13.9	13.9
Cinder aggregate 3 in.	—	—	1.16	—	*0.86*	0.21	17.0	3.6	14.3
4 in.	—	—	0.90	—	*1.11*		20.0	4.2	12.6
8 in.	—	—	0.58	—	*1.72*		37.0	7.9	11.8
12 in.	—	—	0.53	—	*1.89*		53.0	11.1	11.1
Lightweight aggregate 3 in.	—	—	0.79	—	*1.27*	0.21	15.0	2.6	12.6
(expanded shale, clay, slate 4 in.	—	—	0.67	—	*1.50*		17.0	3.6	10.9
or slag; pumice) 8 in.	—	—	0.50	—	*2.00*		32.0	6.7	10.1
12 in.	—	—	0.44	—	*2.27*		43.0	9.0	9.0
Concrete blocks, rectangular core.*[j]									
Sand and gravel aggregate									
2 core, 8 in. 36 lb.[k]*	—	—	0.96	—	*1.04*	0.22	43.1	9.5	14.2
Same with filled cores[j]*	—	—	0.52	—	*1.93*	0.22	—	—	—

Description	Customary Unit								
	Density (lb/ft³)	Conductivity (k)	Conductance (C)	Resistance[b] (R)		Specific Heat, Btu/(lb) (deg F)	Wt lb / ft²	Heat Capacity	
				Per inch thickness (1/k)	For thickness listed (1/C)			Btu / ft² · F	Btu / ft³ · F
Lightweight aggregate (expanded shale, clay, slate or slag, pumice):									
3 core, 6 in. 19 lb.[k*]	—	—	0.61	—	*1.65*	0.21	22.8	4.8	9.6
Same with filled cores[l*]	—	—	0.33	—	*2.99*		—	—	—
2 core, 8 in. 24 lb.[k*]	—	—	0.46	—	*2.18*		28.8	6.0	9.1
Same with filled cores[l*]	—	—	0.20	—	*5.03*		—	—	—
3 core, 12 in. 38 lb.[k*]	—	—	0.40	—	*2.48*		45.6	9.6	9.6
Same with filled cores[l*]	—	—	0.17	—	*5.82*		—	—	—
Stone, lime or sand	—	12.50	—	*0.08*	—	0.19	—	—	28.5
Gypsum partition tile:									
3 × 12 × 30 in. solid	—	—	0.79	—	*1.26*	*0.19*	11.0	2.1	8.6
3 × 12 × 30 in. 4-cell	—	—	0.74	—	*1.35*		9.0	1.7	6.7
4 × 12 × 30 in. 3-cell	—	—	0.60	—	*1.67*		13.0	2.5	7.2
PLASTERING MATERIALS									
Cement plaster, sand aggregate	116	5.0	—	*0.20*	—	0.20	—	—	23.2
Sand aggregate 0.375 in.	—	—	13.3	—	*0.08*	0.20	3.63	0.72	23.2
Sand aggregate 0.75 in.	—	—	6.66	—	*0.15*	0.20	7.25	1.45	23.2
Gypsum plaster:									
Lightweight aggregate 0.5 in.	45	—	3.12	—	*0.32*		1.88	0.38	9.0
Lightweight aggregate 0.625 in.	45	—	2.67	—	*0.39*		2.34	0.47	9.0
Lightweight agg. on metal lath 0.75 in.	—	—	2.13	—	*0.47*		—	0.57	—
Perlite aggregate	45	1.5	—	*0.67*	—	0.32	—	—	14.4
Sand aggregate	105	5.6	—	*0.18*	—	0.20	—	—	21.0
Sand aggregate 0.5 in.	105	—	11.10	—	*0.09*		4.38	0.88	21.0
Sand aggregate 0.625 in.	105	—	9.10	—	*0.11*		5.47	1.09	21.0
Sand aggregate on metal lath 0.75 in.	—	—	7.70	—	*0.13*		—	1.32	—
Vermiculite aggregate	45	1.7	—	*0.59*	—		—	—	9.0
ROOFING									
Asbestos-cement shingles	120	—	4.76	—	*0.21*	0.24	—	—	28.8
Asphalt roll roofing	70	—	6.50	—	*0.15*	0.36	—	—	25.2
Asphalt shingles	70	—	2.27	—	*0.44*	0.30	—	—	25.2
Built-up roofing 0.375 in.	70	—	3.00	—	*0.33*	0.35	2.19	0.73	24.5
Slate 0.5 in.	—	—	20.00	—	*0.05*	0.30	—	—	—
Wood shingles, plain and plastic film faced	—	—	1.06	—	*0.94*	0.31	—	—	—
SIDING MATERIALS (ON FLAT SURFACE)									
Shingles									
Asbestos-cement	120	—	4.75	—	*0.21*		—	—	28.8
Wood, 16 in., 7.5 exposure	—	—	1.15	—	*0.87*	0.31	—	—	—
Wood, double, 16-in., 12-in. exposure	—	—	0.84	—	*1.19*	0.28	—	—	—
Wood, plus insul. backer board, 0.3125 in.	—	—	0.71	—	*1.40*	0.31	—	—	—
Siding									
Asbestos-cement, 0.25 in., lapped	—	—	4.76	—	*0.21*	0.24	—	—	29.5
Asphalt roll siding	—	—	6.50	—	*0.15*	0.35	—	—	24.5
Asphalt insulating siding (0.5 in. bed.)	—	—	0.69	—	*1.46*	0.35	—	—	—
Wood, drop, 1 × 8 in.	—	—	1.27	—	*0.79*	0.28	—	—	—
Wood, bevel, 0.5 × 8 in., lapped	—	—	1.23	—	*0.81*	0.28	—	—	—
Wood, bevel, 0.75 × 10 in., lapped	—	—	0.95	—	*1.05*	0.28	—	—	—
Wood, plywood, 0.375 in., lapped	—	—	1.59	—	*0.59*	0.29	—	—	—
Wood, medium density siding, 0.4375 in.	40	1.49	—	*0.67*		0.28	—	—	11.5
Aluminum or Steel[m], over sheathing									
Hollow-backed	—	—	1.61	—	*0.61*	0.29	—	—	—
Insulating-board backed nominal 0.375 in.	—	—	0.55	—	*1.82*	0.32	—	—	—
Insulating-board backed nominal 0.375 in., foil backed			0.34		*2.96*		—	—	—
Architectural glass	—	—	10.00	—	*0.10*	0.20	—	—	—
WOODS									
Maple, oak, and similar hardwoods	45	1.10	—	*0.91*	—	0.30	—	—	13.5
Fir, pine, and similar softwoods	32	0.80	—	*1.25*	—	0.33	—	—	10.6
Fir, pine, and similar softwoods 0.75 in.	32	—	1.06	—	*0.94*	0.33	2.0	0.66	10.6
1.5 in.		—	0.53	—	*1.89*		4.0	1.32	10.6
2.5 in.		—	0.32	—	*3.12*		6.7	2.20	10.6
3.5 in.		—	0.23	—	*4.35*		9.3	3.08	10.6

Tabla 1B: Coeficientes de transmisión (U) para algunos tipos de paredes

Replace Air Space with 3.5-in. R-11 Blanket Insulation (New Item 4)



Construction	1 Resistance (R) Between Framing	1 Resistance (R) At Framing	2 Resistance (R) Between Framing	2 Resistance (R) At Framing	1 Heat Capacity Between Framing	2 Heat Capacity Between Framing
1. Outside surface (15 mph wind)	0.17	0.17	0.17	0.17	—	—
2. Siding, wood, 0.5 in.× 8 in. lapped (average)	0.81	0.81	0.81	0.81	0.47	0.47
3. Sheathing, 0.5-in. asphalt impregnated	1.32	1.32	1.32	1.32	0.23	0.23
4. Nonreflective air space, 3.5 in. (50 Fmean; 10 deg F temperature difference)	1.01	—	11.00	—	—	.08
5. Nominal 2-in. × 4-in. wood stud	—	4.38	—	4.38	—	—
6. Gypsum wallboard, 0.5 in.	0.45	0.45	0.45	0.45	0.54	0.54
7. Inside surface (still air)	0.68	0.68	0.68	0.68		
Total Thermal Resistance (R)	R_i=4.44	R_s=7.81	R_i=14.43	R_s=7.81	1.24	1.32

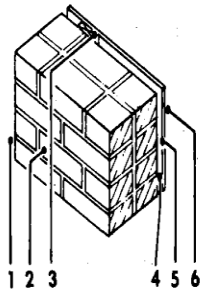
Construction No. 1: U_i = 1/4.44=0.225; U_s=1/7.81 =0.128. With 20% framing (typical of 2-in. × 4-in. studs @ 16-in. o.c.), U_{av} = 0.8 (0.225) + 0.2 (0.128) = 0.206 (See Eq 9)

Construction No. 2: U_i = 1/14.43 = 0.069; U_s = 0.128. With framing unchanged, U_{av} = 0.8(0.069) + 0.2(0.128) = 0.081

Table 3.2B Coefficients of Transmission (*U*) and Heat Capacities of Solid Masonry Walls

Coefficients are expressed in Btu/per (hour) (square foot) (degree Fahrenheit difference in temperature between the air on the two sides), and are based on an outside wind velocity of 15 mph. The Heat Capacity Units are Btu/ft²· F.

Replace Furring Strips and Air Space with 1-in. Extruded Polystyrene (New Item 4)



Construction	1 Resistance *(R)* Between Furring	1 Resistance *(R)* At Furring	2 Resistance *(R)*	1 Heat Capacity Between Furring	2 Heat Capacity Between Furring
1. Outside surface (15 mph wind)	0.17	0.17	0.17	—	—
2. Common brick, 8 in.	1.60	1.60	1.60	15.2	15.2
3. Nominal 1-in. ×3-in. vertical furring	—	0.94	—	—	—
4. Nonreflective air space, 0.75 in. (50 F mean; 10 deg F temperature difference)	1.01	—	5.00	—	0.05
5. Gypsum wallboard, 0.5 in.	0.45	0.45	0.45	0.54	0.54
6. Inside surface (still air)	0.68	0.68	0.68	—	—
Total Thermal Resistance (R)	R_i = 3.91	R_s = 3.84	R_i = 7.90 = R_s	15.74	15.79

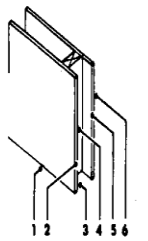
Construction No. 1: U_i = 1/3.91=0.256; U_s=1/3.84=0.260. With 20% framing (typical of 1-in. × 3-in. vertical furring on masonry @ 16-in. o.c.) U_{av} = 0.8 (0.256) + 0.2 (0.260) = 0.257

Construction No. 2: U_i = U_s = U_{av} = 1/7.90 = 0.127

Table 3.2C Coefficients of Transmission (*U*) and Heat Capacities of Frame Partitions or Interior Walls

Coefficients are expressed in Btu per (hour) (square foot) (degree Fahrenheit difference in temperature between the air on the two sides), and are based on still air (no wind) conditions on both sides. The Heat Capacity Units are Btu/ft²· F.

Replace Air Space with 3.5-in. R-11 Blanket Insulation (New Item 3)

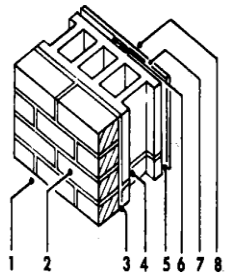


Construction	1 Resistance (R) Between Framing	1 Resistance (R) At Framing	2 Resistance (R) Between Framing	2 Resistance (R) At Framing	1 Heat Capacity Between Framing	2 Heat Capacity Between Framing
1. Inside surface (still air)	0.68	0.68	0.68	0.68	—	—
2. Gypsum wallboard, 0.5 in.	0.45	0.45	0.45	0.45	0.54	0.54
3. Nonreflective air space, 3.5 in. (50 F mean; 10 deg F temperature difference)	1.01	—	11.00	—	—	0.08
4. Nominal 2-in. × 4-in. wood stud	—	4.38	—	4.38		
5. Gypsum wallboard0.5 in.	0.45	0.45	0.45	0.45	0.54	0.54
6. Inside surface (still air)	0.68	0.68	0.68	0.68		
Total Thermal Resistance (R)	R_i= 3.27	R_s= 6.64	R_i=13.26	R_s= 6.64	1.08	1.16

Construction No. 1: U_i= 1/3.27 = 0.306; U_s= 1/6.64 = 0.151. With 10% framing (typical of 2-in. × 4-in. studs @ 24-in. o.c.), U_{av}= 0.9 (0.306) + 0.1 (0.151) = 0.290

Construction No. 2: U_i = 1/13.26 = 0.075, U_s = 1/6.64 = 0.151. With framing unchanged, U_{av} = 0.9(0.075) + 0.1(0.151) = 0.083

the two sides), and are based on an outside wind velocity of 15 mph. The Heat Capacity Units are Btu/ft²·F.



Replace Cinder Aggregate Block with 6-in. Light-weight Aggregate Block with Cores Filled (New Item 4)

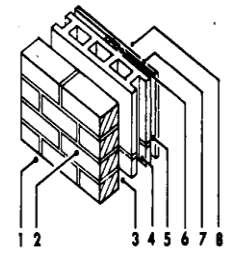
Construction	Resistance (R) 1 Between Furring	1 At Furring	2 Between Furring	2 At Furring	Heat Capacity 1 Between Furring	Heat Capacity 2 Between Furring
1. Outside surface (15 mph wind)	0.17	0.17	0.17	0.17	—	—
2. Face brick, 4 in.	0.44	0.44	0.44	0.44	8.23	8.23
3. Cement mortar, 0.5 in.	0.10	0.10	0.10	0.10	0.97	0.97
4. Concrete block, cinder aggregate, 8 in.	1.72	1.72	2.99	2.99	7.90	7.36
5. Reflective air space, 0.75 in. (50 F mean; 30 deg F temperature difference)	2.77	—	2.77	—		
6. Nominal 1-in. × 3-in. vertical furring	—	0.94	—	0.94		
7. Gypsum wallboard, 0.5 in., foil backed	0.45	0.45	0.45	0.45	0.54	0.54
8. Inside surface (still air)	0.68	0.68	0.68	0.68		
Total Thermal Resistance (R)	R_i = 6.33	R_s = 4.50	R_i = 7.60	R_s = 5.77	17.64	17.64

Construction No. 1: U_i = 1/6.33 = 0.158; U_s = 1/4.50 = 0.222. With 20% framing (typical of 1-in. × 3-in. vertical furring on masonry @ 16-in. o.c.), U_{av} = 0.8 (0.158) + 0.2 (0.222) = 0.171

Construction No. 2: U_i = 1/7.60 = 0.132, U_s = 1/5.77 = 0.173. With framing unchanged, U_{av} = 0.8(0.132) + 0.2(0.173) = 1.40

Table 3.2E Coefficients of Transmission (*U*) and Heat Capacities of Masonry Cavity Walls

Coefficients are expressed in Btu per (hour) (square foot) (degree Fahrenheit difference in temperature between the air on the two sides), and are based on an outside wind velocity of 15 mph. The Heat Capacity Units are Btu/ft²·F.



Replace Furring Strips and Gypsum Wallboard with 0.625-in. Plaster (Sand Aggregate) Applied Directly to Concrete Block-Fill 2.5-in. Air Space with Vermiculite Insulation (New Items 3 and 7.

Construction	Resistance (*R*) 1 Between Furring	1 At Furring	2	Heat Capacity 1 Between Furring	Heat Capacity 2 Between Furring
1. Outside surface (15 mph wind)	0.17	0.17	0.17		
2. Common brick, 8 in.	0.80	0.80	0.80	15.2	15.2
3. Nonreflective air space, 2.5 in. (30 F mean; 10 deg F temperature difference)	1.10*	1.10*	5.32**	—	0.32
4. Concrete block, stone aggregate, 4 in.	0.71	0.71	0.71	5.1	5.1
5. Nonreflective air space 0.75 in. (50 F mean; 10 deg F temperature difference)	1.01	—	—		
6. Nominal 1-in. × 3-in. vertical furring	—	0.94	—		
7. Gypsum wallboard, 0.5 in.	0.45	0.45	0.11	0.54	1.09
8. Inside surface (still air)	0.68	0.68	0.68	—	—
Total Thermal Resistance (R)	R_i = 4.92	R_s = 4.85	$R_i = R_s$ = 7.79	20.8	21.7

Construction No. 1: U_i = 1/4.92 = 0.203; U_s = 1/4.85 = 0.206. With 20% framing (typical of 1-in. × 3-in. vertical furring on masonry @16-in. o.c.), U_{av} = 0.8(0.203) + 0.2(0.206) = 0.204

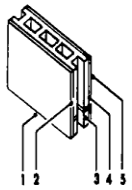
Construction No. 2: $U_i = U_s = U_{av}$ = 1.79 = 0.128

*Interpolated value from Table 3.4

**Calculated value from Table 3.1.

Table 3.2F Coefficients of Transmission (*U*) and Heat Capacities of Masonry Partitions

Coefficients are expressed in Btu per (hour) (square foot) (degree Fahrenheit difference in temperature between the air on the two sides), and are based on still air (no wind) conditions on both sides. The Heat Capacity Units are Btu/ft²·F.



Replace Concrete Block with 4-in. Gypsum Tile (New Item 3)

Construction	Resistance (R) 1	2	Heat Capacity 1	Heat Capacity 2
1. Inside surface (still air)	0.68	0.68		
2. Plaster, lightweight aggregate, 0.625 in.	0.39	0.39	—	—
3. Concrete block, cinder aggregate, 4 in.	1.11	1.67	0.47 4.20	0.47 2.47
4. Plaster, lightweight aggregate, 0.625 in.	0.39	0.39	0.47	0.47
5. Inside surface (still air)	0.68	0.68	—	—
Total Thermal Resistance(R).....	3.25	3.81	5.14	3.41

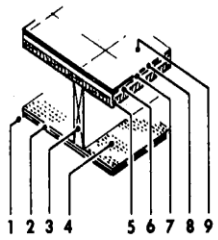
Construction No. 1: U = 1/3.25 = 0.308

Construction No. 2: U = 1/3.81= 0.262

Tabla 1C: Coeficientes de transmisión (U) para algunos tipos de techos.

sides), and are based on still air (no wind) on both sides. The Heat Capacity Units are Btu/ft²·F.

Assume Unheated Attic Space above Heated Room with Heat Flow Up—Remove Tile, Felt, Plywood, Subfloor and Air Space—Replace with R-19 Blanket Insulation (New Item 4)



Heated Room Below Unheated Space	1 Resistance (R)		2 Resistance (R)		1 Heat Capacity	2 Heat Capacity
Construction (Heat Flow Up)	Between Floor Joists	At Floor Joist	Between Floor Joists	At Floor Joists	Between Floor Joists	
1. Bottom surface (still air)	0.61	0.61	0.61	0.61	—	—
2. Metal lath and lightweight aggregate, plaster, 0.75 in.	0.47	0.47	0.47	0.47	0.57	0.57
3. Nominal 2-in. × 8-in. floor joist	—	9.06	—	9.06	—	—
4. Nonreflective airspace, 7.25-in.	0.93*	—	19.00	—	—	0.14
5. Wood subfloor, 0.75 in.	0.94	0.94	—	—	0.60	—
6. Plywood, 0.625 in.	0.78	0.78	—	—	0.51	—
7. Felt building membrane	0.06	0.06	—	—	—	—
8. Resilient tile	0.05	0.05	—	—	0.34	—
9. Top surface (still air)	0.61	0.61	0.61	0.61	—	—
Total Thermal Resistance (R)	R_i= 4.45	R_s= 12.58	R_i= 20.69	R_s=10.75	2.02	0.71

Construction No. 1 U_i= 1/4.45= 0.225; U_s= 1/12.58= 0.079. With 10% framing (typical of 2-in. joists @ 16-in. o.c.), U_{av} = 0.9 (0.225) + 0.1 (0.079)= 0.210

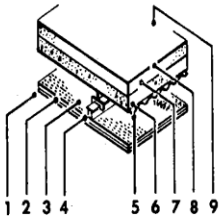
Construction No. 2 U_i = 1/20.69 = 0.048; U_s = 1/10.75 = 0.093. With framing unchanged, U_{av} = 0.9 (0.048) + 0.1 (0.093) = 0.053

*Use largest air space (3.5 in.) value shown in Table 3.4

Table 3.2H Coefficients of Transmission (*U*) and Heat Capacities of Flat Masonry Roofs with Built-up Roofing, with and without Suspended Ceilings (Winter Conditions, Upward Flow)

Coefficients are expressed in Btu per (hour) (square foot) (degree Fahrenheit difference in temperature between the air on the two sides), and are based upon an outside wind velocity of 15 mph. The Heat Capacity Units are Btu/ft²·F.

Add Rigid Roof Deck Insulation, C = 0.24 (R = 1/C) (New Item 7)



Construction (Heat Flow Up)	1 Resistance (R)	2 Resistance (R)	1 Heat Capacity	2 Heat Capacity
1. Inside surface (still air)	0.61	0.61	—	—
1. Metal lath and lightweight aggregate plaster, 0.75 in.	0.47	0.47	0.57	0.57
3. Nonreflective air space, greater than 3.5 in. (50 F mean; 10 deg F temperature difference)	0.93*	0.93*	—	—
4. Metal ceiling suspension system with metal hanger rods	0**	0**	—	—
5. Corrugated metal deck	0	0	0.24	0.24
6. Concrete slab, lightweight aggregate, 2 in.	2.22	2.22	1.00	1.00
7. Rigid roof deck insulation (none)	—	4.17	—	NA
8. Built-up roofing, 0.375 in.	0.33	0.33	0.77	0.77
9. Outside surface (15 mph wind)	0.17	0.17	—	—
Total Thermal Resistance (R)	4.73	8.90	2.58	2.58 +

Construction No. 1: U_{av} = 1/4.73 = 0.211

Construction No. 2: U_{av} = 1/8.90= 0.112

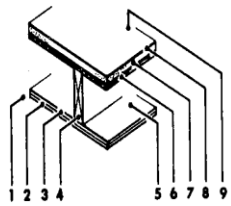
*Use largest air space (3.5 in.) value shown in Table 3.4

**Area of hanger rods is negligible in relation to ceiling area.

Table 3.2I Coefficients of Transmission (*U*) and Heat Capacities of Wood Construction Flat Roofs and Ceilings (Winter Conditions, Upward Flow)

Coefficients are expressed in Btu per (hour) (square foot) (degree Fahrenheit difference in temperature between the air on the two sides), and are based upon an outside wind velocity of 15 mph. The Heat Capacity Units are Btu/ft²·F.

Replace Roof Deck Insulation and 7.25-in. Air Space with 6-in. R-19 Blanket Insulation and 1.25-in. Air Space (New Items 5 and 7)



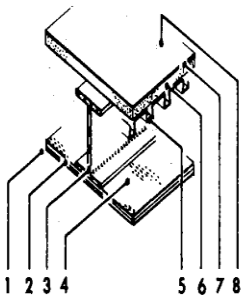
Construction (Heat Flow Up)	1 Resistance (R) Between Joists	1 Resistance (R) At Joists	2 Resistance (R) Between Joists	2 Resistance (R) At Joists	1 Heat Capacity Between Joists	2 Heat Capacity Between Joists
1. Inside surface (still air)	0.61	0.61	0.61	0.61	—	—
2. Acoustical tile, fiberboard, glued, 0.5 in.	1.25	1.25	1.25	1.25	0.31	0.31
3. Gypsum wallboard, 0.5 in.	0.45	0.45	0.45	0.45	0.54	0.54
4. Nominal 2-in. × 8-in. ceiling joists	—	9.06	—	9.06	—	—
5. Nonreflective air space, 7.25 in. (50 F mean; 10 deg F temperature difference)	0.93*	—	1.05**	—	—	0.14
6. Plywood deck, 0.625 in.	0.78	0.78	0.78	0.78	0.51	0.51
7. Rigid roof deck insulation, C = 0.72, (R = 1/C)	1.39	1.39	19.00	—	—	NA
8. Built-up roof	0.33	0.33	0.33	0.33	0.77	0.77
9. Outside surface (15 mph wind)	0.17	0.17	0.17	0.17	—	—
Total Thermal Resistance (R)	R_i=5.91	R_s=14.04	R_i=23.64	R_s=12.65	2.13	2.27+

Construction No. 1 U_i = 1/5.91 = 0.169; U_s = 1/14.04 = 0.071. With 10% framing (typical of 2-in. joists @ 16-in. o.c.), U_{av} = 0.9 (0.169) + 0.1 (0.071) = 0.159

Construction No. 2 U_i = 1/23.64 = 0.042; U_s = 1/12.65 = 0.079. With framing unchanged, U_{av} = 0.9 (0.042) + 0.1 (0.079) = 0.046

*Use largest air space (3.5 in.) value shown in Table 3.4.

Coefficients are expressed in Btu per (hour) (square foot) (degree Fahrenheit difference in temperature between the air on the two sides), and are based on upon outside wind velocity of 15 mph. The Heat Capacity Units are Btu/ft²·F.



Replace Rigid Roof Deck Insulation (C = 0.24) and Sand Aggregate Plaster with Rigid Roof Deck Insulation, C = 0.36 and Lightweight Aggregate Plaster (New Items 2 and 6)

Construction (Heat Flow Up)	Resistance (R) 1	Resistance (R) 2	Heat Capacity 1	Heat Capacity 2
1. Inside surface (still air)	0.61	0.61		
2. Metal lath and sand aggregate plaster, 0.75 in	0.13	0.47	1.31	0.56
3. Structural beam	0.00*	0.00*	—	—
4. Nonreflective air space (50 F mean; 10 deg F temperature difference	0.93**	0.93**	—	—
5. Metal deck	0.00*	0.00*	0.24	0.24
6. Rigid roof deck insulation, C = 0.24(R = 1/c)	4.17	2.78	NA	NA
7. Built-up roofing, 0.375 in.	0.33	0.33	0.77	0.77
8. Outside surface (15 mph wind)	0.17	0.17	—	—
Total Thermal Resistance (R)	6.34	5.29	2.32	1.57

Construction No. 1: U = 1/6.34 = 0.158

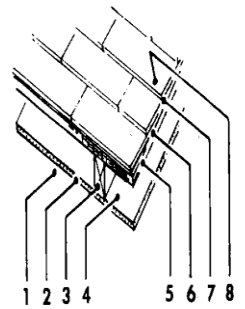
Construction No. 2: U = 1/5.29 = 0.189

*If structural beams and metal deck are to be considered, the technique shown in Example A3.1 and Fig. A3. may be used to estimate total R. Full scale testing of a suitable portion of the construction is, however, preferable.

**Use largest air space (3.5 in.) value shown in Table 3.4.

Table 3.2K Coefficients of Transmission (U) and Heat Capacities of Pitched Roofs[a]

Coefficients are expressed in Btu per (hour) (square foot) (degree Fahrenheit difference in temperature between the air on the two sides), and are based on an outside wind velocity of 15 mph for heat heat flow upward and 7.5 mph for heat flow downward. The Heat Capacity Units are Btu/ft²·F.



Find U_{av} for same Construction 2 with Heat Flow Down (Summer Conditions)

Construction 1 (Heat Flow Up) (Reflective Air Space)	Resistance (R) 1 Between Rafters	Resistance (R) 1 At Rafters	Resistance (R) 2 Between Rafters	Resistance (R) 2 At Rafters	Heat Capacity 1 Between Rafters	Heat Capacity 2 Between Rafters
1. Inside surface (still air)	0.62	0.62	0.76	0.76	—	—
2. Gypsum wallboard 0.5 in., foil backed	0.45	0.45	0.45	0.45	0.54	0.54
3. Nominal 2-in. × 4-in. ceiling rafter	—	4.38	—	4.38	—	—
4. 45 deg slope reflective air space, 3.5 in. (50 F mean, 30 deg F temperature difference)	2.17	—	4.33	—	—	—
5. Plywood sheathing,0.625 in.	0.78	0.78	0.78	0.78	0.51	0.51
6. Felt building membrane	0.06	0.06	0.06	0.06	Neg	Neg
7. Asphalt shingle roofing	0.44	0.44	0.44	0.44	0.33	0.33
8. Outside surface (15 mph wind)	0.17	0.17	0.25**	0.25**	—	—
Total Thermal Resistance (R)	R_i=4.69	R_s=6.90	R_i=7.07	R_s=7.12	1.38	1.38

Construction No. 1: U_i=1/4.69= 0.213; U_s = 1/6.90 = 0.145. With 10% framing (typical of 2-in. rafters @16-in. o.c.), U_{av}= 0.9 (0.213) + 0.1 (0.145) = 0.206

Construction No. 2: U_i=1/7.07 = 0.141; U_s = 1/7.12 = 0.140. With framing unchanged, U_{av}= 0.9 (0.141) + 0.1 (0.140) = 0.141

Find U_{av} for same Construction 2 with Heat Flow Down (Summer Conditions)

Construction 1 (Heat Flow Up) (Non-Reflective Air Space)	Resistance (R) 3 Between Rafters	Resistance (R) 3 At Rafters	Resistance (R) 4 Between Rafters	Resistance (R) 4 At Rafters	Heat Capacity 1 Between Rafters	Heat Capacity 2 Between Rafters
1. Inside surface (still air)	0.62	0.62	0.76	0.76	—	—
2. Gypsum wallboard, 0.5 in.	0.45	0.45	0.45	0.45	0.54	0.54
3. Nominal 2-in. × 4-in. ceiling rafter	—	4.38	—	4.38	—	—
4. 45 deg slope, nonreflective air space, 3.5 in. (50 F mean; 10 deg F temperature difference)	0.96	—	0.90*	—	—	—
5. Plywood sheathing, 0.625 in.	0.78	0.78	0.78	0.78	0.51	0.51
6. Felt building membrane	0.06	0.06	0.06	0.06	Neg	Neg
7. Asphalt shingle roofing	0.44	0.44	0.44	0.44	0.33	0.33
8. Outside surface (15-mph wind)	0.17	0.17	0.25**	0.25**	—	—
Total Thermal Resistance (R)	R_i=3.48	R_s=6.90	R_i=3.64	R_s=7.12	1.38	1.38

Construction No. 3: U_i= 1/3.48 = 0.287; U_s = 1/6.90 = 0.145. With 10% framing typical of 2-in. rafters @ 16-in. o.c.), U_{av}= 0.9 (0.287)+ 0.1 (0.145) = 0.273

Construction No. 4: U_i= 1/3.64 = 0.275; U_s = 1/7.12 = 0.140. With framing unchanged, U_{av}= 0.9 (0.275) + 0.1 (0.140) = 0.262

Pitch of roof, 45 deg

Tabla 1D: Conductancias de superficie y resistencias para el aire

SECTION A. Surface Conductances and Resistances[a,b]

Position of Surface	Direction of Heat Flow	Surface *Emittance* Non-reflective $\epsilon = 0.90$ h_i	R	Reflective $\epsilon = 0.20$ h_i	R	Reflective $\epsilon = 0.05$ h_i	R
STILL AIR							
Horizontal	Upward	1.63	*0.61*	0.91	*1.10*	0.76	*1.32*
Sloping—45 deg	Upward	1.60	*0.62*	0.88	*1.14*	0.73	*1.37*
Vertical	Horizontal	1.46	*0.68*	0.74	*1.35*	0.59	*1.70*
Sloping—45 deg	Downward	1.32	*0.76*	0.60	*1.67*	0.45	*2.22*
Horizontal	Downward	1.08	*0.92*	0.37	*2.70*	0.22	*4.55*
MOVING AIR (Any Position)		h_0	R	h_0	R	h_0	R
15-mph Wind (for winter)	Any	6.00	0.17				
7.5-mph Wind (for summer)	Any	4.00	0.25				

SECTION B. Reflectance and Emittance Values of Various Surfaces and Effective Emittances of Air Spaces

Surface	Reflectance in Percent	Average *Emittance* $\bar{\epsilon}$	Effective *Emittance E* of Air Space: One surface emittance ϵ; the other 0.90	Effective *Emittance E* of Air Space: Both surfaces emittances ϵ
Aluminum foil, bright	92 to 97	0.05	0.05	0.03
Aluminum sheet	80 to 95	0.12	0.12	0.06
Aluminum coated paper, polished	75 to 84	0.20	0.20	0.11
Steel, galvanized, bright	70 to 80	0.25	0.24	0.15
Aluminum paint	30 to 70	0.50	0.47	0.35
Building materials: wood, paper, masonry, nonmetallic paints	5 to 15	0.90	0.82	0.82
Regular glass	5 to 15	0.84	0.77	0.72

Tabla 1E: Resistencias térmicas del espacio aéreo

Position of Air Space	Direction of Heat Flow	Air Space Mean Temp[a] (F)	Air Space Temp Diff.[a] (deg F)	0.5 in. Air Space Value of E[a,b] 0.03	0.05	0.2	0.5	0.82	0.75-in. Air Space[c] Value of E[a,b] 0.03	0.05	0.2	0.5	0.82
Horiz.	Up	90	10	2.13	2.03	1.51	0.99	0.73	2.34	2.22	1.61	1.04	0.75
		50	30	1.62	1.57	1.29	0.96	0.75	1.71	1.66	1.35	0.99	0.77
		50	10	2.13	2.05	1.60	1.11	0.84	2.30	2.21	1.70	1.16	0.87
		0	20	1.73	1.70	1.45	1.12	0.91	1.83	1.79	1.52	1.16	0.93
		0	10	2.10	2.04	1.70	1.27	1.00	2.23	2.16	1.78	1.31	1.02
		−50	20	1.69	1.66	1.49	1.23	1.04	1.77	1.74	1.55	1.27	1.07
		−50	10	2.04	2.00	1.75	1.40	1.16	2.16	2.11	1.84	1.46	1.20
45° Slope	Up	90	10	2.44	2.31	1.65	1.06	0.76	2.96	2.78	1.88	1.15	0.81
		50	30	2.06	1.98	1.56	1.10	0.83	1.99	1.92	1.52	1.08	0.82
		50	10	2.55	2.44	1.83	1.22	0.90	2.90	2.75	2.00	1.29	0.94
		0	20	2.20	2.14	1.76	1.30	1.02	2.13	2.07	1.72	1.28	1.00
		0	10	2.63	2.54	2.03	1.44	1.10	2.72	2.62	2.08	1.47	1.12
		−50	20	2.08	2.04	1.78	1.42	1.17	2.05	2.01	1.76	1.41	1.16
		−50	10	2.62	2.56	2.17	1.66	1.33	2.53	2.47	2.10	1.62	1.30
Vertical	Horiz.	90	10	2.47	2.34	1.67	1.06	0.77	3.50	3.24	2.08	1.22	0.84
		50	30	2.57	2.46	1.84	1.23	0.90	2.91	2.77	2.01	1.30	0.94
		50	10	2.66	2.54	1.88	1.24	0.91	3.70	3.46	2.35	1.43	1.01
		0	20	2.82	2.72	2.14	1.50	1.13	3.14	3.02	2.32	1.58	1.18
		0	10	2.93	2.82	2.20	1.53	1.15	3.77	3.59	2.64	1.73	1.26
		−50	20	2.90	2.82	2.35	1.76	1.39	2.90	2.83	2.36	1.77	1.39
		−50	10	3.20	3.10	2.54	1.87	1.46	3.72	3.60	2.87	2.04	1.56
45° Slope	Down	90	10	2.48	2.34	1.67	1.06	0.77	3.53	3.27	2.10	1.22	0.84
		50	30	2.64	2.52	1.87	1.24	0.91	3.43	3.23	2.24	1.39	0.99
		50	10	2.67	2.55	1.89	1.25	0.92	3.81	3.57	2.40	1.45	1.02
		0	20	2.91	2.80	2.19	1.52	1.15	3.75	3.57	2.63	1.72	1.26
		0	10	2.94	2.83	2.21	1.53	1.15	4.12	3.91	2.81	1.80	1.30
		−50	20	3.16	3.07	2.52	1.86	1.45	3.78	3.65	2.90	2.05	1.57
		−50	10	3.26	3.16	2.58	1.89	1.47	4.35	4.18	3.22	2.21	1.66
Horiz.	Down	90	10	2.48	2.34	1.67	1.06	0.77	3.55	3.29	2.10	1.22	0.85
		50	30	2.66	2.54	1.88	1.24	0.91	3.77	3.52	2.38	1.44	1.02
		50	10	2.67	2.55	1.89	1.25	0.92	3.84	3.59	2.41	1.45	1.02
		0	20	2.94	2.83	2.20	1.53	1.15	4.18	3.96	2.83	1.81	1.30
		0	10	2.96	2.85	2.22	1.53	1.16	4.25	4.02	2.87	1.82	1.31
		−50	20	3.25	3.15	2.58	1.89	1.47	4.60	4.41	3.36	2.28	1.69
		−50	10	3.28	3.18	2.60	1.90	1.47	4.71	4.51	3.42	2.30	1.71

Position of Air Space	Direction of Heat Flow	Air Space Mean Temp,[b] (F)	Air Space Temp Diff,[b] (deg F)	1.5-in. Air Space[d] Value of $E^{b,c}$ 0.03	0.05	0.2	0.5	0.82	3.5-in. Air Space[d] Value of $E^{b,c}$ 0.03	0.05	0.2	0.5	0.82
Horiz	Up	90	10	2.55	2.41	1.71	1.08	0.77	2.84	2.66	1.83	1.13	0.80
		50	30	1.87	1.81	1.45	1.04	0.80	2.09	2.01	1.58	1.10	0.84
		50	10	2.50	2.40	1.81	1.21	0.89	2.80	2.66	1.95	1.28	0.93
		0	20	2.01	1.95	1.63	1.23	0.97	2.25	2.18	1.79	1.32	1.03
		0	10	2.43	2.35	1.90	1.38	1.06	2.71	2.62	2.07	1.47	1.12
		−50	20	1.94	1.91	1.68	1.36	1.13	2.19	2.14	1.86	1.47	1.20
		−50	10	2.37	2.31	1.99	1.55	1.26	2.65	2.58	2.18	1.67	1.33
45° Slope	Up	90	10	2.92	2.73	1.86	1.14	0.80	3.18	2.96	1.97	1.18	0.82
		50	30	2.14	2.06	1.61	1.12	0.84	2.26	2.17	1.67	1.15	0.86
		50	10	2.88	2.74	1.99	1.29	0.94	3.12	2.95	2.10	1.34	0.96
		0	20	2.30	2.23	1.82	1.34	1.04	2.42	2.35	1.90	1.38	1.06
		0	10	2.79	2.69	2.12	1.49	1.13	2.98	2.87	2.23	1.54	1.16
		−50	20	2.22	2.17	1.88	1.49	1.21	2.34	2.29	1.97	1.54	1.25
		−50	10	2.71	2.64	2.23	1.69	1.35	2.87	2.79	2.33	1.75	1.39
Vertical	Horiz.	90	10	3.99	3.66	2.25	1.27	0.87	3.69	3.40	2.15	1.24	0.85
		50	30	2.58	2.46	1.84	1.23	0.90	2.67	2.55	1.89	1.25	0.91
		50	10	3.79	3.55	2.39	1.45	1.02	3.63	3.40	2.32	1.42	1.01
		0	20	2.76	2.66	2.10	1.48	1.12	2.88	2.78	2.17	1.51	1.14
		0	10	3.51	3.35	2.51	1.67	1.23	3.49	3.33	2.50	1.67	1.23
		−50	20	2.64	2.58	2.18	1.66	1.33	2.82	2.75	2.30	1.73	1.37
		−50	10	3.31	3.21	2.62	1.91	1.48	3.40	3.30	2.67	1.94	1.50
45° Slope	Down	90	10	5.07	4.55	2.56	1.36	0.91	4.81	4.33	2.49	1.34	0.90
		50	30	3.58	3.36	2.31	1.42	1.00	3.51	3.30	2.28	1.40	1.00
		50	10	5.10	4.66	2.85	1.60	1.09	4.74	4.36	2.73	1.57	1.08
		0	20	3.85	3.66	2.68	1.74	1.27	3.81	3.63	2.66	1.74	1.27
		0	10	4.92	4.62	3.16	1.94	1.37	4.59	4.32	3.02	1.88	1.34
		−50	20	3.62	3.50	2.80	2.01	1.54	3.77	3.64	2.90	2.05	1.57
		−50	10	4.67	4.47	3.40	2.29	1.70	4.50	4.32	3.31	2.25	1.68
Horiz.	Down	90	10	6.09	5.35	2.79	1.43	0.94	10.07	8.19	3.41	1.57	1.00
		50	30	6.27	5.63	3.18	1.70	1.14	9.60	8.17	3.86	1.88	1.22
		50	10	6.61	5.90	3.27	1.73	1.15	11.15	9.27	4.09	1.93	1.24
		0	20	7.03	6.43	3.91	2.19	1.49	10.90	9.52	4.87	2.47	1.62
		0	10	7.31	6.66	4.00	2.22	1.51	11.97	10.32	5.08	2.52	1.64
		−50	20	7.73	7.20	4.77	2.85	1.99	11.64	10.49	6.02	3.25	2.18
		−50	10	8.09	7.52	4.91	2.89	2.01	12.98	11.56	6.36	3.34	2.22

Tabla 2A: Descripción de grupos de construcción de paredes

Group No.	Description of Construction	Weight (lb/ft²)	*U*-Value Btu/(hr·ft²·F)	Heat Capacity Btu/(ft²·F)
4-in. Face Brick+*(Brick)*				
C	Air Space+4-in. Face Brick	83	0.358	18.3
D	4-in. Common Brick	90	0.415	18.4
C	1-in. Insulation or Air space+4-in. Common Brick	90	0.174-0.301	18.4
B	2-in. Insulation+4-in. Common Brick	88	0.111	18.5
B	8-in. Common Brick	130	0.302	26.4
A	Insulation or Air space+8-in. Common Brick	130	0.154-0.243	26.4
4-in. Face Brick+*(H.W. Concrete)*				
C	Air Space+2-in. Concrete	94	0.350	19.7
B	2-in. Insulation+4-in. concrete	97	0.116	19.8
A	Air Space or Insulation+8-in. or more Concrete	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
4-in. Face Brick+*(L.W. or H.W. Concrete Block)*				
E	4-in. Block	62	0.319	12.9
D	Air Space or Insulation+4-in. Block	62	0.153-0.246	12.9
D	8-in. Block	70	0.274	15.1
C	Air Space or 1-in. Insulation+6-in. or 8-in. Block	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
B	2-in. Insulation+8-in. Block	89	0.096-0.107	15.5-18.6
4-in Face Brick+*(Clay Tile)*				
D	4-in. Tile	71	0.381	15.1
D	Air Space+4-in. Tile	71	0.281	15.1
C	Insulation+4-in. Tile	71	0.169	15.1
C	8-in. Tile	96	0.275	19.7
B	Air Space or 1-in. Insulation+8-in. Tile	96	0.142-0.221	19.7
A	2-in. Insulation+8-in. Tile	97	0.097	19.8
H.W. Concrete Wall+*(Finish)*				
E	4-in. Concrete	63	0.585	12.5
D	4-in. Concrete+1-in. or 2-in. Insulation	63	0.119-0.200	12.5
C	2-in. Insulation+4-in. Concrete	63	0.119	12.7
C	8-in. Concrete	109	0.490	21.9
B	8-in. Concrete+1-in. or 2-in. Insulation	110	0.115-0.187	22.0
A	2-in. Insulation+8-in. Concrete	110	0.115	21.9
B	12-in. Concrete	156	0.421	31.2
A	12-in. Concrete+Insulation	156	0.113	31.3
L.W. and H.W. Concrete Block+*(Finish)*				
F	4-in. Block+Air Space/Insulation	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
E	2-in. Insulation+4-in. Block	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
E	8-in. Block	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
D	8-in. Block+Air Space/Insulation	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
Clay *Tile*+*(Finish)*				
F	4-in. Tile	39	0.419	7.8
F	4-in. Tile+Air space	39	0.303	7.8
E	4-in. Tile+1-in. Insulation	39	0.175	7.9
D	2-in. Insulation+4-in. Tile	40	0.110	7.9
D	8-in. Tile	63	0.296	12.5
C	8-in. Tile+Air Space/1-in. Insulation	63	0.151-0.231	12.6
B	2-in. Insulation+8-in. Tile	63	0.099	12.6
Metal Curtain Wall				
G	With/without Air Space+1-in./2-in./3-in. Insulation	5-6	0.091-0.230	0.7
Frame Wall				
G	1-in. to 3-in. Insulation	16	0.081-0.178	3.2

Tabla 3A: Diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento (CLTD) para el cálculo de cargas de pared

	Solar Time, hr																							Hr of Maximum CLTD	Minimum CLTD	Maximum CLTD	Difference CLTD
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
North Latitude Wall Facing																												
Group A Walls																												
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7
Group B Walls																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	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	20	20	21	12	21	9
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	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	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	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	30	24	14	30	16
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	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	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	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	29	28	27	26	24	18	12	30	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	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	11	13	15	18	22	26	29	32	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	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	24	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	51
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

Tabla 4A: Corrección del (CLTD) por latitud y mes, para aplicar a paredes y techos

Lat.	Month	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HOR
0	Dec	−3	−5	−5	−5	−2	0	3	6	9	−1
	Jan/Nov	−3	−5	−4	−4	−1	0	2	4	7	−1
	Feb/Oct	−3	−2	−2	−2	−1	−1	0	−1	0	0
	Mar/Sept	−3	0	1	−1	−1	−3	−3	−5	−8	0
	Apr/Aug	5	4	3	0	−2	−5	−6	−8	−8	−2
	May/Jul	10	7	5	0	−3	−7	−8	−9	−8	−4
	Jun	12	9	5	0	−3	−7	−9	−10	−8	−5
8	Dec	−4	−6	−6	−6	−3	0	4	8	12	−5
	Jan/Nov	−3	−5	−6	−5	−2	0	3	6	10	−4
	Feb/Oct	−3	−4	−3	−3	−1	−1	1	2	4	−1
	Mar/Sept	−3	−2	−1	−1	−1	−2	−2	−3	−4	0
	Apr/Aug	2	2	2	0	−1	−4	−5	−7	−7	−1
	May/Jul	7	5	4	0	−2	−5	−7	−9	−7	−2
	Jun	9	6	4	0	−2	−6	−8	−9	−7	−2
16	Dec	−4	−6	−8	−8	−4	−1	4	9	13	−9
	Jan/Nov	−4	−6	−7	−7	−4	−1	4	8	12	−7
	Feb/Oct	−3	−5	−5	−4	−2	0	2	5	7	−4
	Mar/Sept	−3	−3	−2	−2	−1	−1	0	0	0	−1
	Apr/Aug	−1	0	−1	−1	−1	−3	−3	−5	−6	0
	May/Jul	4	3	3	0	−1	−4	−5	−7	−7	0
	Jun	6	4	4	1	−1	−4	−6	−8	−7	0
24	Dec	−5	−7	−9	−10	−7	−3	3	9	13	−13
	Jan/Nov	−4	−6	−8	−9	−6	−3	3	9	13	−11
	Feb/Oct	−4	−5	−6	−6	−3	−1	3	7	10	−7
	Mar/Sept	−3	−4	−3	−3	−1	−1	1	2	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	−4	2	9	12	−15
	Feb/Oct	−4	−6	−7	−8	−4	−2	4	8	11	−10
	Mar/Sep	−3	−4	−4	−4	−2	−1	3	5	7	−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/Sep	−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/Sep	−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
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/Sep	−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/Sep	−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

Tabla 5A: Diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento (CLTD) para el cálculo cargas debido a techos.

Roof No	Description of Construction	Weight lb/ft²	U-value Btu/(h·ft²·°F)	Solar Time, hr 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Hour of Maximum CLTD	Minimum CLTD	Maximum CLTD	Difference CLTD	Heat Capacity Btu/(ft²·°F)
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	2.13
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	3.73
3	4-in. l.w 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	4.45
4	2-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	−1	−1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17	16	−1	67	68	6.57
5	1-in. wood with 2-in. insulation	19	0.109	3	0	−3	−4	−5	−7	−6	−3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7	16	−7	64	71	3.83
6	6-in. l.w. 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	54	63	5.79
7	2.5-in. wood with 1-insulation	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	6.51
8	8-in. l.w. 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	7.13
9	4-in. h.w. 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	11.21
10	2.5-in. wood with 2-in. insulation	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	6.61
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	15.98
12	6-in. h.w. 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	15.89
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	9.27
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	2.50
2	1-in. wood with 1-in. insulation	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	4.11
3	4-in. l.w. 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	4.83
4	2-in. h.w. 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	6.94
5	1-in. wood with 2-in. insulation	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	4.21
6	6-in. l.w. 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	6.17
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	6.89
8	8-in. l.w. 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	7.51
9	4-in. h.w. concrete with 1-in. (or 2-in.) insulation	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	11.58
10	2.5-in. wood with 2-in. insulation	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	6.98
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	16.36
12	6-in. h.w. 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	16.26
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	9.64

Tabla 6A: Coeficientes globales de transmisión de calor (U) de ventanas

Table 3.14A Overall Coefficients of Heat Transmission (*U*-Factor) of Windows and Skylights, Btu/(hr·ft²·F)

Description	Exterior Vertical Panels				Exterior Horizontal Panels (Skylights)	
	Summer**		Winter*		Summer [j]	Winter [i]
	No Indoor Shade	Indoor Shade***	No Indoor Shade	Indoor Shade***		
Flat Glass [b]						
Single Glass	1.04	0.81	1.10	0.83	0.83	1.23
Insulating Glass, Double [c]						
3/16 in. air space [d]	0.65	0.58	0.62	0.52	0.57	0.70
1/4 in. air space [d]	0.61	0.55	0.58	0.48	0.54	0.65
1/2 in. air space [e]	0.56	0.52	0.49	0.42	0.49	0.59
1/2 in. air space, low emittance coating [f]						
$e = 0.20$	0.38	0.37	0.32	0.30	0.36	0.48
$e = 0.40$	0.45	0.44	0.38	0.35	0.42	0.52
$e = 0.60$	0.51	0.48	0.43	0.38	0.46	0.56
Insulating Glass, Triple [c]						
1/4 in. air space [d]	0.44	0.40	0.39	0.31		
1/2 in. air space [g]	0.39	0.36	0.31	0.26		
Storm Windows						
1 in. to 4 in. air spaces [d]	0.50	0.48	0.50	0.42		
Plastic Bubbles [k]						
Single					0.80	1.15
Double					0.46	0.70

Tabla 7A: Coeficiente de sombreado para vidrios con o sin sombra interior.

Table 3.18 Shading Coefficients for Glass Without or With Interior Shading by Venetian Blinds or Roller Shades

	Type of Glass	Nominal Thickness Each Light [a]	Solar Trans. [b]	No Interior Shading		Type of Interior Shading				
						Venetian Blinds		Roller Shades		
								Opaque		Translucent
				$h_o = 4.0$	$h_o = 3.0$	Medium	Light	Dark	Light	Light
SINGLE GLASS	Single									
	Clear	3/32 to 1/4	0.87-0.80	1.00	1.00					
	Clear	1/4 to 1/2	0.80-0.71	0.94	0.95					
	Clear	3/8	0.72	0.90	0.92					
	Clear	1/2	0.67	0.87	0.88	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39
	Clear Pattern	1/8 to 9/32	0.87-0.79	0.83	0.85					
	Heat Absorbing Pattern	1/8		0.83	0.85					
	Heat Absorbing [c]	3/16 to 1/4	0.46	0.69	0.73					
	Heat Absorbing Pattern	3/16 to 1/4		0.69	0.73	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
	Tinted	1/8 to 7/32	0.59-0.45	0.69	0.73					
	Heat Absorbing or Pattern		0.44-0.30	0.60	0.64	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32
	Heat Absorbing [c]	3/8	0.34	0.60	0.64					
	Heat Absorbing or Pattern	1/2	0.44-0.30 0.24	0.53	0.58	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31
	Reflective Coated Glass			0.30		0.25	0.23			
				0.40		0.33	0.29			
				0.50		0.42	0.38			
				0.60		0.50	0.44			
INSULATING GLASS	Double [d]									
	Clear Out Clear In	3/32, 1/8	0.71 [a]	0.88	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37
	Clear Out Clear In	1/4	0.61 [a]	0.81	0.82					
	Heat Absorbing Out Clear In	1/4	0.36 [a]	0.55	0.58	0.39	0.36	0.40	0.22	0.30
	Reflective Coated Glass			0.20		0.19	0.18			
				0.30		0.27	0.26			
				0.40		0.34	0.33			
	Triple									
	Clear	1/4		0.71						
	Clear	1/8		0.80						

Tabla 8A: Radiación solar a través de vidrios factor de ganancia máxima de calor solar para vidrios.

0 Deg

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

4 Deg

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	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

8 Deg

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	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

12 Deg

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
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

16 Deg

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
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	216	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

20 Deg

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	29	29	48	138	201	243	253	233	214	232
Feb.	31	31	88	173	226	244	238	201	174	263
Mar.	34	49	132	200	237	236	206	152	115	284
Apr.	38	92	166	213	228	208	158	91	58	287
May	47	123	184	217	217	184	124	54	42	283
June	59	135	189	216	210	173	108	45	42	279
July	48	124	182	213	212	179	119	53	43	278
Aug.	40	91	162	206	220	200	152	88	57	280
Sep.	36	46	127	191	225	225	199	148	114	275
Oct.	32	32	87	167	217	236	231	196	170	258
Nov.	29	29	48	136	197	239	249	229	211	230
Dec.	27	27	35	122	187	238	254	241	226	217

24 Deg

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	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

28 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	25	25	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

32 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	24	24	29	105	175	229	249	250	246	176
Feb.	27	27	65	149	205	242	248	232	221	217
Mar.	32	37	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

36 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	22	22	24	90	166	219	247	252	252	155
Feb.	26	26	57	139	195	239	248	239	232	199
Mar.	30	33	99	176	223	238	232	206	192	238
Apr.	35	76	144	196	225	221	196	156	135	262
May	38	107	168	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

40 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	20	20	20	74	154	205	241	252	254	133
Feb.	24	24	50	129	186	234	246	244	241	180
Mar.	29	29	93	169	218	238	236	216	206	223
Apr.	34	71	140	190	224	223	203	170	154	252
May	37	102	165	202	220	208	175	133	113	265
June	48	113	172	205	216	199	161	116	95	267
July	38	102	163	198	216	203	170	129	109	262
Aug.	35	71	135	185	216	214	196	165	149	247
Sep.	30	30	87	160	203	227	226	209	200	215
Oct.	25	25	49	123	180	225	238	236	234	177
Nov.	20	20	20	73	151	201	237	248	250	132
Dec.	18	18	18	60	135	188	232	249	253	113

44 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	17	17	17	64	138	189	232	248	252	109
Feb.	22	22	43	117	178	227	246	248	247	160
Mar.	27	27	87	162	211	236	238	224	218	206
Apr.	33	66	136	185	221	224	210	183	171	240
May	36	96	162	201	219	211	183	148	132	257
June	47	108	169	205	215	203	171	132	115	261
July	37	96	159	198	215	206	179	144	128	254
Aug.	34	66	132	180	214	215	202	177	165	236
Sep.	28	28	80	152	198	226	227	216	211	199
Oct.	23	23	42	111	171	217	237	240	239	157
Nov.	18	18	18	64	135	186	227	244	248	109
Dec.	15	15	15	49	115	175	217	240	246	89

48 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	15	15	15	53	118	175	216	239	245	85
Feb.	20	20	36	103	168	216	242	249	250	138
Mar.	26	26	80	154	204	234	239	232	228	188
Apr.	31	61	132	180	219	225	215	194	186	226
May	35	97	158	200	218	214	192	163	150	247
June	46	110	165	204	215	206	180	148	134	252
July	37	96	156	196	214	209	187	158	146	244
Aug.	33	61	128	174	211	216	208	188	180	223
Sep.	27	27	72	144	191	223	228	223	220	182
Oct.	21	21	35	96	161	207	233	241	242	136
Nov.	15	15	15	52	115	172	212	234	240	85
Dec.	13	13	13	36	91	156	195	225	233	65

52 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	13	13	13	39	92	155	193	222	230	62
Feb.	18	18	29	85	156	202	235	247	250	115
Mar.	24	24	73	145	196	230	239	238	236	169
Apr.	30	56	128	177	215	224	220	204	199	211
May	34	98	154	198	217	217	199	175	167	235
June	45	111	161	202	214	210	188	162	152	242
July	36	97	152	194	213	212	195	171	163	233
Aug.	32	56	124	169	208	216	212	197	193	208
Sep.	25	25	65	136	182	218	228	228	227	163
Oct.	19	19	28	80	148	192	225	238	240	114
Nov.	13	13	13	39	90	152	189	217	225	62
Dec.	10	10	10	19	73	127	172	199	209	42

56 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	10	10	10	21	74	126	169	194	205	40
Feb.	16	16	21	71	139	184	223	239	244	91
Mar.	22	22	65	136	185	224	238	241	241	149
Apr.	28	58	123	173	211	223	223	213	210	195
May	36	99	149	195	215	218	206	187	181	222
June	53	111	160	199	213	213	196	174	168	231
July	37	98	147	192	211	214	201	183	177	221
Aug.	30	56	119	165	203	216	215	206	203	193
Sep.	23	23	58	126	171	211	227	230	231	144
Oct.	16	16	20	68	132	176	213	229	234	91
Nov.	10	10	10	21	72	122	165	190	200	40
Dec.	7	7	7	7	47	92	135	159	171	23

60 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	7	7	7	7	46	88	130	152	164	21
Feb.	13	13	13	58	118	168	204	225	231	68
Mar.	20	20	56	125	173	215	234	241	242	128
Apr.	27	59	118	168	206	222	225	220	218	178
May	43	98	149	192	212	220	211	198	194	208
June	58	110	162	197	213	215	202	186	181	217
July	44	97	147	189	208	215	206	193	190	207
Aug.	28	57	114	161	199	214	217	213	211	176
Sep.	21	21	50	115	160	202	222	229	231	123
Oct.	14	14	14	56	111	159	193	215	221	67
Nov.	7	7	7	7	45	86	127	148	160	22
Dec.	4	4	4	4	16	51	76	100	107	9

64 Deg										
	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	HOR
Jan.	3	3	3	3	15	45	67	89	96	8
Feb.	11	11	11	43	89	144	177	202	210	45
Mar.	18	18	47	113	159	203	226	236	239	105
Apr.	25	59	113	163	201	219	225	225	224	160
May	48	97	150	189	211	220	215	207	204	192
June	62	114	162	193	213	216	208	196	193	203
July	49	96	148	186	207	215	211	202	200	192
Aug.	27	58	109	157	193	211	217	217	217	159
Sep.	19	19	43	103	148	189	213	224	227	101
Oct.	11	11	11	40	83	135	167	191	199	46
Nov.	4	4	4	4	15	44	66	87	93	8
Dec.	0	0	0	0	1	5	11	14	15	1

Tabla 8 B: Radiación solar a través de vidrios factor de ganancia máxima de calor solar para vidrios para una latitud de 0-24 grados

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	(ALL LATIT.) HOR
Jan.	31	31	31	32	34	36	37	37	38	16
Feb.	34	34	34	35	36	37	38	38	39	16
Mar.	36	36	37	38	39	40	40	39	39	19
Apr.	40	40	41	42	42	42	41	40	40	24
May	43	44	45	46	45	43	41	40	40	28
June	45	46	47	47	46	44	41	40	40	31
July	45	45	46	47	47	45	42	41	41	31
Aug.	42	42	43	45	46	45	43	42	42	28
Sept.	37	37	38	40	41	42	42	41	41	23
Oct.	34	34	34	36	38	39	40	40	40	19
Nov.	32	32	32	32	34	36	38	38	39	17
Dec.	30	30	30	31	32	34	36	37	37	15

Tabla 9A: Factor de carga de enfriamiento para vidrio.

Fenestration Facing	Room Construction	Solar Time, hr.																							
		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	0.79	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	0.74	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	0.24	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	0.03	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	0.05	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	0.08	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	0.03	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	0.05	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	0.08	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	0.35	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	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16
	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	0.14	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
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	0.15	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	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
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

Tabla 10A: Valores para lámparas fluorescentes

F_s		
Potencia de la lámpara	**Nº de lámparas por accesorio**	F_s
35 40	1	1.30
35 40	2	1.20
60 75	1	1.30
60 75	2	1.20
110	1	1.25
110	2	1.07
160	1	1.15
160	2	1.08
185 215	1	1.08
185 215	2	1.06

Tabla 11A: Tasas de ganancias de calor debido a los ocupantes

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado[b]			Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurante	150	520	130	170	580[c]	145	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo libro													
trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
Boliche		350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Baile moderado	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

[a] Nota: Los valores de la tabla se basan en una temperatura de bulbo seco de 78°F. Para 80°F BS, el calor total queda igual, pero el valor del calor sensible se debe disminuir en aproximadamente 8% y los valores del calor latente se deben aumentar proporcionalmente.

[b] La ganancia total ajustada de calor se basa en el porcentaje normal de hombres, mujeres y niños en la aplicación que se menciona, bajo la hipótesis de que la ganancia por mujer adulta representa un 85% de la del hombre adulto, y la de un niño el 75%.

[c] Calor total ajustado para comer en un restaurant, que incluye 60 BTU/h del alimento por individuo (30 BTU sensibles y 30 BTU latentes).

[d] Para el boliche, se considera una persona por pista tirando y las demás sentadas (400 BTU/h) o paradas y caminando lentamente (970 BTU/h)

Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals ASHRAE Handbook

Tabla 12A: Factores de calor sensible para cargas de enfriamiento debido a personas

Horas totales en el recinto	Horas después de cada entrada en el recinto																							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
10	0.3	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	092	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.8	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

Tabla 13A: Ganancia de calor debido a los aparatos

Area

Appliance	Capacity	Overall Dim., Inches Width × Depth × Height	Miscellaneous Data (Dimensions in Inches)	Manufacturer's Input Rating: Boiler hp or Watts	Manufacturer's Input Rating: Btuh	Probable Max. Hourly Input Btuh	Recommended Rate of Heat Gain, Btuh: Without Hood: Sensible	Without Hood: Latent	Without Hood: Total	With Hood[b]: All Sensible
Gas-Burning, Counter Type										
Broiler-griddle		31 × 20 × 18			36,000	18,000	11,700	6,300	18,000	3,600
Coffee brewer										
per burner			With *warm* position		5,500	2,500	1,750	750	2,500	500
Water heater burner			With storage tank		11,000	5,000	3,850	1,650	5,500	1,100
Coffee urn	3 gal	12-inch dia.			10,000	5,000	3,500	1,500	5,000	1,000
	5 gal.	14-inch dia.			15,000	7,500	5,250	2,250	7,500	1,500
	8 gal. twin	25-inch wide			20,000	10,000	7,000	3,000	10,000	2,000
Deep fat fryer	15 lb fat	14 × 21 × 15			30,000	15,000	7,500	7,500	15,000	3,000
Dry food warmer										
per sq ft of top					1,400	700	560	140	700	140
Griddle, frying										
per sq ft of top					15,000	7,500	4,900	2,600	7,500	1,500
Short order stove,										
per burner			Open grates		10,000	5,000	3,200	1,800	5,000	1,000
Steam table										
per sq ft of top					2,500	1,250	750	500	1,250	250
Toaster, continuous	360 slices/hr	19 × 16 × 30	2 slices wide		12,000	6,000	3,600	2,400	6,000	1,200
	720 slices/hr	24 × 16 × 30	4 slices wide		20,000	10,000	6,000	4,000	10,000	2,000
Gas-Burning, Floor Mounted Type										
Broiler, unit		24 × 26 grid	Same burner heats oven		70,000	35,000				7,000
Deep fat fryer	32 lb fat		14-in. kettle		65,000	32,500				6,500
	56 lb fat		18-in. kettle		100,000	50,000				10,000
Oven, deck, per sq ft			Same for 7 and 12							
of hearth area			high decks		4,000	2,000				400
Oven, roasting		32 × 32 × 60	Two ovens—24 × 28 × 15		80,000	40,000	Exhaust hood required	Exhaust hood required	Exhaust hood required	8,000
Range, heavy duty		32 × 42 × 33								
Top section			32 wide × 39 deep		64,000	32,000				6,400
Oven			25 × 28 × 15		40,000	20,000				4,000
Range, jr., heavy duty		31 × 35 × 33								
Top section			31 wide × 32 deep		45,000	22,500				4,500
Oven			24 × 28 × 15		35,000	17,500				3,500
Range, restaurant type										
Per 2 burner sect.			12 wide × 28 deep		24,000	12,000				2,400
Per oven			24 × 22 × 14		30,000	15,000				3,000
Per broiler-griddle			24 wide × 26 deep		35,000	17,500				3,500
Electric, Counter Type										
Coffee brewer										
per burner				625	2,130	1,000	770	230	1,000	340
per warmer				160	545	300	230	70	300	90
automatic	240 cups per hr	27 × 21 × 22	4-burner + water htr.	5,000	17,000	8,500	6,500	2,000	8,500	1,700
Coffee urn	3 gal.			2,000	6,800	3,400	2,550	850	3,400	1,000
	5 gal.			3,000	10,200	5,100	3,850	1,250	5,100	1,600
	8 gal. twin			4,000	13,600	6,800	5,200	1,600	6,800	2,100
Deep fat fryer	14 lb fat	13 × 22 × 10		5,500	18,750	9.400	2,800	6,600	9,400	3,000
	21 lb fat	16 × 22 × 10		8,000	27,300	13,700	4,100	9,600	13,700	4,300
Dry food warmer,				240	820	400	320	80	400	130
per sq ft of top										
Egg boiler	2 cups	10 × 13 × 25		1,100	3,750	1,900	1,140	760	1,900	600
Griddle, frying,				2,700	9,200	4,600	3,000	1,600	4,600	1,500
per sq ft of top										
Griddle-Grill		18 × 20 × 13	Grid, 200 sq in.	6,000	20,400	10,200	6,600	3,600	10,200	3,200
Hotplate		18 × 20 × 13	2 heating units	5,200	17,700	8,900	5,300	3,600	8,900	2,800
Roaster		18 × 20 × 13		1,650	5,620	2,800	1,700	1,100	2,800	900
Roll warmer		18 × 20 × 13		1,650	5,620	2,800	2,600	200	2,800	900
Toaster, continuous	360 slices/hr	15 × 15 × 28	2 slices wide	2,200	7,500	3,700	1.960	1,740	3,700	1,200
	720 slices/hr	20 × 15 × 28	4 slices wide	3,000	10,200	5,100	2,700	2,400	5,100	1,600
Toaster, pop-up	4 slice	12 × 11 × 9		2,540	8,350	4,200	2,230	1.970	4,200	1,300
Waffle iron		18 × 20 × 13	2 grids	1,650	5,620	2,800	1,680	1,120	2,800	900

TIPO DE APARATO	ELÉCTRICOS				DE GAS				DE VAPOR			
	Sin campana			Con campana[2]	Sin campana			Con campana[2]	Sin campana			Con campana[2]
	Sensible	Latente	Total	100% Sensible	Sensible	Latente	Total	100% Sensible	Sensible	Latente	Total	100% Sensible
Parrilla o asador de 31 in x 20 in x 18 in					11,700	6,300	18,000	3,600				
Cafetera y calentador de café					1,750	750	2,500	500				
por quemador	770	230	1,000	340								
por calentador	230	70	300	90								
Cafetera												
de 3 galones	2,550	850	3,400	1,000	3,500	1,500	5,000	1,000	2,180	1,120	3,300	1,000
de 5 galones	3,850	1,250	5,100	1,600	5,250	2,250	7,500	1,500	3,300	1,700	5,000	1,600
de 8 galones (gemelas)	5,200	1,600	6,800	2,100	7,000	3,000	10,000	2,000	4,350	2,250	6,600	2,100
Freidor de grasa:												
grasa # 15	2,800	6,600	9,400	3,000	7,500	7,500	15,000	3,000				
grasa # 21	4,100	9,600	13,700	4,300								
Calentador de platillos secos por pie cuadrado departe superior	320	80	400	130	560	140	700	140				
Plancha de freir por pie cuadrado de parte superior	3,000	1,600	4,600	1,500	4,900	2,600	7,500	1,500				
Comal (dos unidades de calentamiento)					5,300	3,600	8,900	2,800				
Estufa de órdenes rápidos (parrillas abiertas) por quemador					3,200	1,800	5,000	1,000				
Mesa de vapor, por pie cuadrado					750	500	1,250	250	500	325	825	260
Testador:												
Contínuo												
360 rebanadas por hora	1,960	1,740	3,700	1,200	3,600	2,400	6,000	1,200				
720 rebanadas por hora	2,700	2,400	5,100	1,600	6,000	4,000	10,000	2,000				
Con expulsor de 4 rebanadas	2,230	1,970	4,200	1,300								
Waflera de 18 in x 20 in x 13 in (2 parrillas)	1,680	1,120	2,800	900								
Secadora de pelo:												
Tipo ventilador	2,300	400	2,700									
Tipo casco	1,870	330	2,200									
Mecheros de laboratorio:												
De Bunsen					1,680	420	2,100					
Cola de pescado					2,800	700	3,500					
De Meeker					3,360	840	4,200					
Anuncios de neón, por pie de tubo	60		60									
Esterilizador	650	1,200	1,850									
Máquinas expendedoras:												
De bebidas calientes			1,200									
De bebidas frías			625									

Tabla 14A: factores de calor sensible para cargas de enfriamiento debido a aparatos eléctricos

Total Operational Hours	Hours after appliances are on																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.27	0.40	0.25	0.18	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.28	0.41	0.51	0.59	0.39	0.30	0.24	0.19	0.16	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
6	0.29	0.42	0.52	0.59	0.65	0.70	0.48	0.37	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
8	0.31	0.44	0.54	0.61	0.66	0.71	0.75	0.78	0.55	0.43	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06
10	0.33	0.46	0.55	0.62	0.68	0.72	0.76	0.79	0.81	0.84	0.60	0.48	0.39	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
12	0.36	0.49	0.58	0.64	0.69	0.74	0.77	0.80	0.82	0.85	0.87	0.88	0.64	0.51	0.42	0.36	0.31	0.26	0.23	0.20	0.18	0.15	0.13	0.12
14	0.40	0.52	0.61	0.67	0.72	0.76	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.67	0.54	0.45	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19	0.16
16	0.45	0.57	0.65	0.70	0.75	0.78	0.81	0.84	0.86	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.69	0.56	0.46	0.39	0.34	0.29	0.25	0.22
18	0.52	0.63	0.70	0.75	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.71	0.58	0.48	0.41	0.35	0.30

Table 4.11 Sensible Heat Cooling Load Factors for Unhooded Appliances, Motors, etc.

Total Operational Hours	Hours after appliances are on																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	0.56	0.64	0.15	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.57	0.65	0.71	0.75	0.23	0.18	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
6	0.57	0.65	0.71	0.76	0.79	0.82	0.29	0.22	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
8	0.58	0.66	0.72	0.76	0.80	0.82	0.85	0.87	0.33	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03
10	0.60	0.68	0.73	0.77	0.81	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.36	0.29	0.24	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05
12	0.62	0.69	0.75	0.79	0.82	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.93	0.38	0.31	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07
14	0.64	0.71	0.76	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.93	0.94	0.95	0.40	0.32	0.27	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10
16	0.67	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.42	0.34	0.28	0.24	0.20	0.18	0.15	0.13
18	0.71	0.78	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.43	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18

ç

Tabla 15A: Requisitos de ventilación para ocupantes

	Estimated persons/ 1000 ft² floor area.[g]	Required ventilation air, per human occupant	
		Minimum	Recommended
		cfm	cfm
RESIDENTIAL			
Single Unit Dwellings	5	5	7-10
General Living Areas, Bedrooms, Utility Rooms	—	20	30-50
Kitchens, Baths, Toilet Rooms[a]			
Multiple Unit Dwellings and Mobile Homes	7	5	7-10
General Living Areas, Bedrooms, Utility Rooms	—	20	30-50
Kitchens, Baths, Toilet Rooms[a]	—	1.5[b]	2-3[b]
Garages[b]			
COMMERCIAL			
Public Rest Rooms	100	15	20-25
General Requirements—Merchandising (Apply to all forms unless specially noted)			
Sales Floors (Basement and Ground Floors)	30	7	10-15
Sales Floor (Upper Floors)	20	7	10-15
Storage Areas (Serving Sales Areas and Storerooms)	5	5	7-10
Dressing Rooms	—	7	10-15
Malls and Arcades	40	7	10-15
Shipping and Receiving Areas	10	15	15-20
Warehouses	5	7	10-15
Elevators	—	7	10-15
Meat Processing Rooms[c]	10	5	5
Pharmacists' Workrooms	10	20	25-30
Pet Shops[b]	—	1.0[b]	1.5-2[b]
Florists[d]	10	5	7
Greenhouses[d,e]	1	5	7-10
Bank Vaults	—	5	5
Dining Rooms	70	10	15-20
Kitchens[f]	20	30	35
Cafeterias, Short Order; Drive-Ins, Seating Areas	100	39	35
Bars (Predominantly Stand-Up)	150	30	40-50
Cocktail Lounges	100	30	35-40

	Estimated persons/ 1000 ft² floor area.[g]	Required ventilation air, per human occupant	
		Minimum	Recommended
		cfm	cfm
Hotels, Motels, Resorts			
Bedrooms	5	7	10-15
Living Rooms (Suites)	20	10	15-20
Baths, Toilets (attached to bedrooms)[a]	—	20	30-50
Corridors	5	5	7-10
Lobbies	30	7	10-15
Conference Rooms (Small)	70	20	25-30
Assembly Rooms (Large)	140	15	20-25
Cottages (treat as single-unit dwellings) (See also Food Services, Industrial, Merchandising, Barber and Beauty Shops, Garages for associated Hotel/Motel Services)			
Dry Cleaners and Laundries			
Commercial[f,g]	10	20	25-30
Storage/Pickup Areas	30	7	10-15
Coin-Operated[g]	20	15	15-20
Barber, Beauty, and Health Services			
Beauty Shops (Hairdressers)	50	25	30-35
Reducing Salons (Exercise Rooms)	20	25	30-35
Sauna Baths and Steam Rooms	—	5	5
Barber Shops	25	7	10-15
Photo Studios			
Camera Rooms, Stages[h]	10	5	7-10
Darkrooms	10	10	15-20
COMMERCIAL			
Shoe Repair Shops (Combined Workrooms/Trade Areas)	10	10	15-20
Garages, Auto Repair Shops, Service Stations			
Parking Garages (enclosed)[b]	—	1.5[b]	2-3[b]
Auto Repair Workrooms (general)[b]	—	1.5[b]	2-3[b]
Service Station Offices	20	7	10-15
Theaters			
Ticket Booths	—	5	7-10
Lobbies, (Foyers and Lounges)	150	20	25-30
Auditoriums (No Smoking)	150	5	5-10
Auditoriums (Smoking Permitted)	150	10	10-20
Stages (with Proscenium and Curtains)[h,j]	70	10	12-15
Workrooms	20	10	12-15
Ballrooms (Public)	100	15	20-25
Bowling Alleys (Seating Area)	70	15	20-25
Gymnasiums and Arenas			
Playing Floors-Minimal or No Seating	70	20	25-30
Locker Rooms[k]	20	30[k]	40-50[k]
Spectator Areas	150	20	25-30
Ramps, Foyers, and Lobbies	150	10	15-20
Amusement Parlors and Pool Rooms	25	20	25-30
Tennis, Squash, Handball Courts	—	20	25-30
Swimming Pools	25	15	20-25
Ice-Skating, Curling, and Roller Rinks	70	10	15-20
Transportation			
Waiting Rooms	50	15	20-25
Ticket and Baggage Areas, Corridors, and Gate Areas	50	15	20-25
Control Towers	50	25	30-35
Hangars[l]	2	10	15-20
Platform	150	10	15-20
Concourses	150	10	15-20
Repair Shops	—	10	15-20

k. Anexo 02 Figuras

Figura 1A: Clasificación para puertas y ventanas

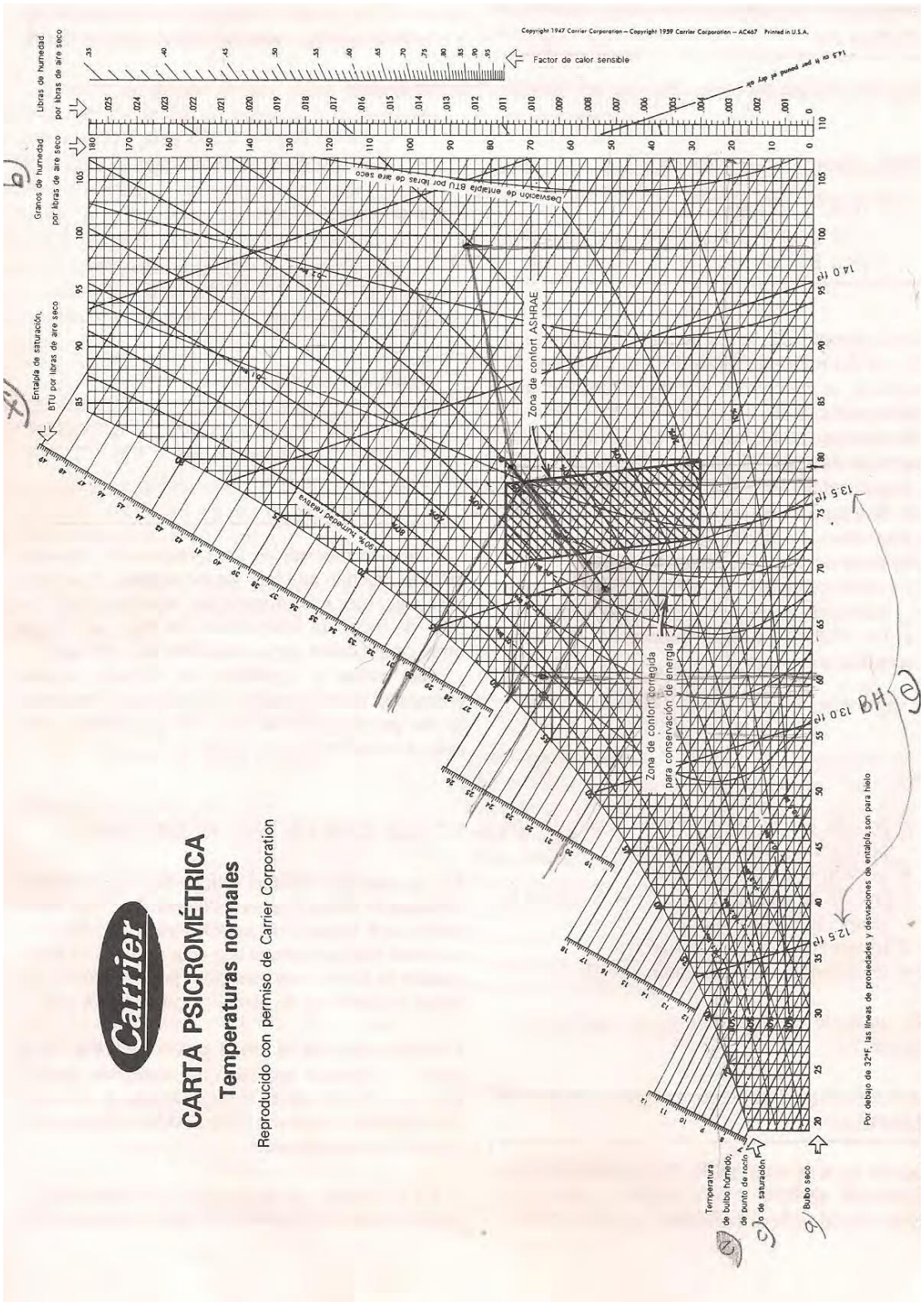
Table 5.6 Window Classification

	Wood Double-Hung (Locked)	Other Types
Tight Fitting Window k = 1.0	Weatherstripped Average Gap (1/64 in crack)	Wood Casement and Awning Windows; Weatherstripped
		Metal Casement Windows; Weatherstripped
Average Fitting Window k = 2.0	Non-Weatherstripped Average Gap (1/64 in. crack) or Weatherstripped Large Gap (3/32 in. crack)	All Types of Vertical and Horizontal Sliding Windows; Weatherstripped. Note: if average gap (1/64 in. crack) this could be tight fitting window
		Metal Casement Windows; Non-Weatherstripped Note: if large gap (3/32 in. crack) this could be a loose fitting window
Loose Fitting Window k = 6.0	Non-Weatherstripped Large Gap (3/32 in. crack)	Vertical and Horizontal Sliding Windows; Non-Weatherstripped

Table 5.7 Residential-Type Door Classification

Tight Fitting Door k = 1.0	Very small perimeter gap and perfect fit weatherstripping often characteristic of new doors
Average Fitting Door k = 2.0	Small perimeter gap having stop trim fitting properly around door and Weatherstripped
Loose Fitting Door k = 6.0	Large perimeter gap having poor fitting stop trim and weatherstripped or Small perimeter gap with no weatherstripping

Figura 2A: *Carta psicrométrica*



k. Anexo 03 Códigos de la programación

Programación para buscar lista de datos

CommandButton3

```
Private Sub ComboBox1_Change()
Dim Fila As Integer
Dim final As Integer
Me.ComboBox1.BackColor = &H80000005
If ComboBox1.Value = "" Then
    Me.txt_mater1 = ""
    Me.txt_U = ""
    Me.txt_peso = ""
    Me.txt_U1 = ""
    Me.txt_peso1 = ""
   Me.txt_descri = ""
   End If
    For Fila = 2 To 20
        If Hoja4.Cells(Fila, 1) = "" Then
            final = Fila - 1
            Exit For
        End If
    Next
    For Fila = 2 To final
        If (ComboBox1) = Hoja4.Cells(Fila, 1) Then
            Me.txt_mater1 = Hoja4.Cells(Fila, 2)
            Me.txt_U = Hoja4.Cells(Fila, 3)
            Me.txt_peso = Hoja4.Cells(Fila, 4)
            Me.txt_U1 = Hoja4.Cells(Fila, 5)
            Me.txt_peso1 = Hoja4.Cells(Fila, 6)
            Me.txt_descri = Hoja4.Cells(Fila, 9)
            Exit For
        End If
    Next
End Sub
```

```
Private Sub ComboBox1_Enter()
Dim Fila As Integer
Dim final As Integer
Dim Lista As String
For Fila = 1 To ComboBox1.ListCount
    ComboBox1.RemoveItem 0
Next
    For Fila = 2 To 20
        If Hoja4.Cells(Fila, 1) = "" Then
            final = Fila - 1
            Exit For
        End If
    Next
    For Fila = 2 To final
        Lista = Hoja4.Cells(Fila, 1)
        ComboBox1.AddItem (Lista)
    Next
End Sub
```

Programación para guardar la información seleccionada

CommandButton1

```
Private Sub CommandButton1_Click()
'Validación para evitar los controles vacíos--------
Titulo = "Aire Acondicionado"
If Me.ComboBox1 = "" Then
    Me.ComboBox1.BackColor = &HC0C0FF
    MsgBox "INGRESE TIPO DE PARED", , Titulo
    Me.ComboBox1.SetFocus
    Exit Sub
        ElseIf Me.ComboBox2 = "" Then
    Me.ComboBox2.BackColor = &HC0C0FF
    MsgBox "INGRESE LA ORIENTACION", , Titulo
    Me.ComboBox2.SetFocus
    Exit Sub
        ElseIf Me.ComboBox3 = "" Then
    Me.ComboBox3.BackColor = &HC0C0FF
    MsgBox "INGRESE LA HORA", , Titulo
    Me.ComboBox3.SetFocus
    Exit Sub
         ElseIf Me.txt_area = "" Then
    Me.txt_area.BackColor = &HC0C0FF
    MsgBox "INGRESE EL AREA", , Titulo
    Me.txt_area.SetFocus
    Exit Sub
End If
'CLTD-----------------------------------------------
For Fila = 3 To 3
        If Hoja4.Cells(Fila, 11) = "" Then
            final = Fila - 1
            Exit For
        End If
    Next
        Hoja4.Cells(final, 11) = Me.ComboBox1
        Hoja4.Cells(final, 12) = Me.ComboBox2
        Hoja4.Cells(final, 13) = Me.ComboBox3
For Fila = 5 To 6
        If Hoja4.Cells(Fila, 11) = "" Then
            final = Fila - 1
            Exit For
        End If
    Next
        Hoja4.Cells(final, 11) = Val(Me.txt_mater1)
        Hoja4.Cells(final, 12) = Val(Me.txt_orienta)
        Hoja4.Cells(final, 13) = Val(Me.txt_hora)
```

```
'LM-HOJA3-LM----------------------------------------
For Fila = 8 To 8
        If Hoja4.Cells(Fila, 11) = "" Then
            final = Fila - 1
            Exit For
        End If
    Next
        Hoja4.Cells(final, 11) = (Me.ComboBox2)

For Fila = 10 To 11
        If Hoja4.Cells(Fila, 11) = "" Then
            final = Fila - 1
            Exit For
        End If
    Next
        Hoja4.Cells(final, 11) = Val(Me.txt_orienta)

'VALOT-U-AREA----------------------------------------
For Fila = 14 To 14
        If Hoja4.Cells(Fila, 11) = "" Then
            final = Fila - 1
            Exit For
        End If
    Next
        Hoja4.Cells(final, 10) = (Me.txt_descri)
        Hoja4.Cells(final, 11) = (Me.txt_U)
        Hoja4.Cells(final, 12) = Val(Me.txt_area)
For Fila = 22 To 22
        If Hoja4.Cells(Fila, 11) = "" Then
            final = Fila - 1
            Exit For
        End If
    Next
        Hoja4.Cells(final, 11) = (Me.txt_U1)
'REGISTRO-DE-REPORTE--------------------------------
For Fila = 6 To 12
        If Hoja3.Cells(Fila, 1) = "" Then
            final = Fila
            Exit For
        End If
        Next
        Hoja3.Cells(final, 1) = Me.ComboBox1
        Hoja3.Cells(final, 4) = Me.ComboBox2
        Hoja3.Cells(final, 5) = Me.ComboBox3
        Hoja3.Cells(final, 6) = Me.txt_U
```

```
' Q-----------------------------------------------
Dim Datos As Variant
        Datos = Hoja4.Cells(19, 12)
        For Fila = 6 To 12
            If Hoja3.Cells(Fila, 8) = "" Then
                final = Fila
                Exit For
            End If
        Next
    Hoja3.Cells(final, 8) = Datos
'AREA-----------------------------------------------
Dim Datos1 As Variant
        Datos1 = Hoja4.Cells(16, 12)
        For Fila = 6 To 12
            If Hoja3.Cells(Fila, 7) = "" Then
                final = Fila
                Exit For
            End If
        Next
    Hoja3.Cells(final, 7) = Datos1
'REGISTRO-DE-REPORTE WATTS-------------------------
For Fila = 6 To 12
        If Hoja9.Cells(Fila, 1) = "" Then
            final = Fila
            Exit For
        End If
        Next
        Hoja9.Cells(final, 1) = Me.ComboBox1
        Hoja9.Cells(final, 4) = Me.ComboBox2
        Hoja9.Cells(final, 5) = Me.ComboBox3
        Hoja9.Cells(final, 6) = Me.txt_U1
' Q-----------------------------------------------
Dim Datos3 As Variant
        Datos3 = Hoja4.Cells(19, 14)
        For Fila = 6 To 12
            If Hoja9.Cells(Fila, 8) = "" Then
                final = Fila
                Exit For
            End If
        Next
    Hoja9.Cells(final, 8) = Datos3
'AREA-----------------------------------------------
Dim Datos4 As Variant
        Datos4 = Hoja4.Cells(13, 12)
        For Fila = 6 To 12
            If Hoja9.Cells(Fila, 7) = "" Then
                final = Fila
                Exit For
            End If
        Next
    Hoja9.Cells(final, 7) = Datos4
'LIMPIAR-CASILLAS-----------------------
Me.ComboBox1 = ""
Me.ComboBox2 = ""
Me.ComboBox3 = ""
Me.txt_area = ""

End Sub
```

Programación para tener el reporte

```
Private Sub CommandButton25_Click()
Dim Fila As Integer
Dim Fila2 As Integer
Dim Fila3 As Integer
Dim Fila4 As Integer
Dim Fila5 As Integer
Dim Fila6 As Integer
Dim Fila7 As Integer
Dim Fila8 As Integer
Dim Fila9 As Integer
Dim Fila10 As Integer
Dim final As Integer
Dim Final2 As Integer
Dim Final3 As Integer
Dim Final4 As Integer
Dim Final5 As Integer
Dim Final6 As Integer
Dim Final7 As Integer
Dim Final8 As Integer
Dim Final9 As Integer
Dim Final10 As Integer
Dim Registro As Integer
Dim Registro2 As Integer
Dim Registro3 As Integer
Dim Registro4 As Integer
Dim Registro5 As Integer
Dim Registro6 As Integer
Dim Registro7 As Integer
Dim Registro8 As Integer
Dim Registro9 As Integer
Dim Registro10 As Integer
Dim objExcel As Object
Dim SaldoTotal As Integer
Dim NombreArchivo As String
Dim ContarFilas As Double
Dim ContarFilasFilas2 As Double
Dim ContarFilasFilas2Filas3  As Double
Dim ContarFilasFilas2Filas3Filas4   As Double
Dim ContarFilasFilas2Filas3Filas4Filas5   As Double
Dim ContarFilasFilas2Filas3Filas4Filas5Filas6   As Double
Dim ContarFilasFilas2Filas3Filas4Filas5Filas6Filas7  As Double
Dim ContarFilasFilas2Filas3Filas4Filas5Filas6Filas7Filas8  As Double
Dim ContarFilasFilas2Filas3Filas4Filas5Filas6Filas7Filas8Filas9  As Double
Dim ContarFilasFilas2Filas3Filas4Filas5Filas6Filas7Filas8Filas9Filas10  As Double
    Set objExcel = Workbooks.Add
    objExcel.Activate
```

```
'pared-------------------------------------------------------------------------------------------------
   For Fila2 = 5 To 12
       If Hoja9.Cells(Fila2, 1) = "" Then
           Final2 = Fila2 - 1
           Exit For
       End If
   Next
ContarFilasFilas2 = 17
       For Registro2 = 1 To Final2
              ContarFilasFilas2 = ContarFilasFilas2 + 1
              Application.Workbooks(NombreArchivo).Worksheets(1).Cells(ContarFilasFilas2, 1) = Hoja9.Cells(Registro2, 1)
              Application.Workbooks(NombreArchivo).Worksheets(1).Cells(ContarFilasFilas2, 2) = Hoja9.Cells(Registro2, 2)
              Application.Workbooks(NombreArchivo).Worksheets(1).Cells(ContarFilasFilas2, 3) = Hoja9.Cells(Registro2, 3)
              Application.Workbooks(NombreArchivo).Worksheets(1).Cells(ContarFilasFilas2, 4) = Hoja9.Cells(Registro2, 4)
              Application.Workbooks(NombreArchivo).Worksheets(1).Cells(ContarFilasFilas2, 5) = Hoja9.Cells(Registro2, 5)
              Application.Workbooks(NombreArchivo).Worksheets(1).Cells(ContarFilasFilas2, 6) = Hoja9.Cells(Registro2, 6)
              Application.Workbooks(NombreArchivo).Worksheets(1).Cells(ContarFilasFilas2, 7) = Hoja9.Cells(Registro2, 7)
              Application.Workbooks(NombreArchivo).Worksheets(1).Cells(ContarFilasFilas2, 8) = Hoja9.Cells(Registro2, 8)
              Application.Workbooks(NombreArchivo).Worksheets(1).Cells(ContarFilasFilas2, 9) = Hoja9.Cells(Registro2, 9)
       Next
```

Programación para salir del programa

```
Private Sub img_Salir2_MouseMove(ByVal Button As Integer, ByVal Shift As Integer,
    Me.img_Salir2.Visible = False
End Sub
Private Sub UserForm_MouseMove(ByVal Button As Integer, ByVal Shift As Integer, I
        Me.img_Salir2.Visible = True
End Sub
Private Sub img_Salir1_Click()

        If ThisWorkbook.Saved = True Then
                ThisWorkbook.Application.Quit
            ElseIf MsgBox("Desea Guardar los cambios?", vbYesNo) = vbYes Then
                ThisWorkbook.Save
                ThisWorkbook.Application.DisplayAlerts = False
                ThisWorkbook.Application.Quit
            Else
                ThisWorkbook.Application.DisplayAlerts = False
                ThisWorkbook.Application.Quit
        End If
End Sub
Private Sub UserForm_QueryClose(Cancel As Integer, CloseMode As Integer)
    If CloseMode = 0 Then
            If ThisWorkbook.Application.Visible = False Then
                    Cancel = 1
                    CloseMode = 1
                Else
                    Unload Me
            End If
    End If
End Sub
```

CERTIFICACIÓN

Sra. AURA MARIA VILLA LEON

CERTIFICA:

Haber realizado la traducción del Resumen de la tesis de grado, cuyo tema versa en **"Desarrollo de una aplicación para el cálculo de cargas térmicas para aire acondicionado"**, previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por el señor egresado: **Kliover Omar Toledo Granda**.

Loja 26 de Julio del 2015

AURA MARIA VILLA LEON

CL. 1102519053