

ANEXO B. Cálculo de pérdidas y cargas térmicas en condiciones críticas

En el presente proyecto, para determinar la potencia del equipo seleccionado de climatización, se debe calcular como primera medida el calor perdido y las cargas térmicas o perturbaciones, de todos los componentes de cada una de las secciones, en condiciones críticas de temperatura. Se considera una pérdida cuando el calor fluye del interior hacia el exterior de forma no controlada; se denomina carga a todas las aportaciones térmicas del exterior o internas que generan calor indeseado en el local a climatizar.

Los resultados de los cálculos de pérdidas y cargas son valores instantáneos que suponen que los equipos de climatización eliminan o compensan el calor con la misma velocidad con que se produce y no tiene en cuenta el almacenamiento de calor en la estructura del edificio, la estratificación del calor y que los valores máximos de pérdidas o cargas no se producen simultáneamente; de esta forma, el cálculo de la potencia de los equipos con estos valores instantáneos, puede resultar sobredimensionado. En consecuencia, la potencia real que deben manejar los equipos de climatización puede ser inferior a la calculada con los valores instantáneos.

Por otra parte, las variables que afectan la determinación de cargas y pérdidas térmicas son numerosas, frecuentemente difíciles de definir en forma precisa y no siempre están mutuamente relacionadas permanentemente. La variación en los coeficientes de transmisión, la forma de construcción, orientación del edificio y la manera en que opera, son algunas de las variables que imposibilitan un cálculo preciso. Mientras que los procedimientos sean usados en forma razonable para

incluir estos factores, el cálculo es aceptado como correcto, para una buena estimación de la potencia de los equipos.

La Sociedad Americana de Ingeniería para Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración, ASHRAE reconoce la vigencia de cuatro métodos de cálculo de cargas térmicas para seleccionar la capacidad de los equipos de aire acondicionado. En el presente proyecto se sigue el Método de Cálculo de Cargas por Temperatura Diferencial y Factores de Carga de Enfriamiento (**cltd/clf**).

Se utiliza este método por ser simplificado y es la primera alternativa como método de cálculo manual. Así, la ecuación básica para determinar las pérdidas y cargas en superficies exteriores es:

$$Q = U * A * (te - ti)$$

Donde:

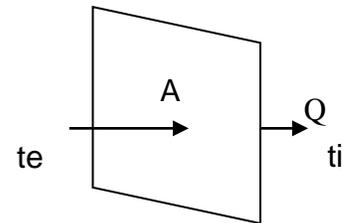
Q = Cantidad de calor, en kcal/h

U = coeficiente de transmisión global, en kcal/h*m²*°C

A = Área de transmisión de calor, en m²

te = temperatura exterior, en °C

ti = temperatura interior, en °C



Para los cálculos se debe tener en cuenta que, dependiendo de la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior de los locales, una pérdida puede convertirse en una carga y, viceversa, una carga puede convertirse en una pérdida. Independientemente del fenómeno que se presente se mantienen algunos valores tales como los coeficientes de transmisión, las dimensiones de las

superficies, etc. Por lo tanto los cálculos quedan determinados principalmente a la elección conveniente de las condiciones de temperaturas internas y externas críticas a evaluar. Así, con el fin de realizar el cálculo de las pérdidas y cargas térmicas, se desarrollan los siguientes pasos:

B.1 Elección de los valores de temperatura interior deseada. De acuerdo con las condiciones establecidas previamente en el capítulo de especificaciones, en el laboratorio se desea tener tres secciones climáticas con los siguientes rangos de temperatura interior para cada una de ellas:

Tabla B.1 Rangos de temperatura interior

	Clima Frío	Clima Templado	Clima Caliente
Temperatura	12°C – 19°C	19°C – 26°C	26°C – 33°C

En los cálculos se tomarán los límites de los rangos como las condiciones interiores críticas a tener en cuenta en cada uno de las secciones a controlar, sean pérdidas o cargas.

B.2 Elección de los valores de temperatura exterior críticos para el sistema. Las temperaturas exteriores seleccionadas deben ser las probables temperaturas más desfavorables que se presenten en la localidad y se le conoce como “**temperatura exterior de cálculo**”. No corresponde solo a la temperatura medida en el exterior con un termómetro sino que debe calcularse teniendo en cuenta todos los factores que influyen, tales como:

- **La temperatura exterior (t_e).** Estos valores se tomarán como los valores máximo y mínimo registrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y

Estudios Ambientales de Colombia IDEAM, para el año 2004 y los datos registrados en el anuario meteorológico del año 2003 del Comité de Cafeteros, Estación Manuel Mejía - Tambo (Cauca). Las temperaturas máximas y mínimas registradas por mes de los años 2003 – 2004, se muestran en la tabla B.2

Tabla B.2 Valores de temperaturas en °C máxima y mínima en el 2003 - 2004

Mes \ Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
T°C min- 03	10,6	11,4	11,8	13,0	13,4	11,2	8,20	10,4	10,4	11,8	11,8	11,4
T°C max- 03	27,2	27,4	26,8	28,2	26,6	26,2	26,8	28,8	28,2	27,0	26,4	25,2
T°C min- 04	11,0	10,0	12,2	12,4	12,8	10,0	10,2	10,0	9,8	12,0	10,0	9,8
T°C max- 04	28,8	27,6	29,0	29,7	29,0	28,5	27,6	29,0	30,2	28,0	26,5	29,0

Comité de Cafeteros, Anuario meteorológico 2003, pag. 122.

IDEAM, Información de Meteorología Aeronáutica, Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón – Santiago de Cali.

El valor máximo de temperatura registrado es **30,2 °C**: se toma este valor como el valor de temperatura exterior para los cálculos de cargas de calor al sistema. El valor mínimo de temperatura registrado es **8,2 °C**: se adopta este valor como el valor de temperatura exterior con el que se van a realizar los cálculos de pérdidas de calor.

- **La variación diurna de la temperatura exterior.** Para el cálculo de la variación diurna de temperatura se realiza la diferencia de los valores de temperatura máxima y mínima¹, día por día, y se promedian por mes. A su vez con los valores mensuales se obtiene un valor promedio de variación diurna de temperatura para el año, indicado en la tabla B.3.

Tabla B.3 Valores promedio de variación de la temperatura diaria en °C.

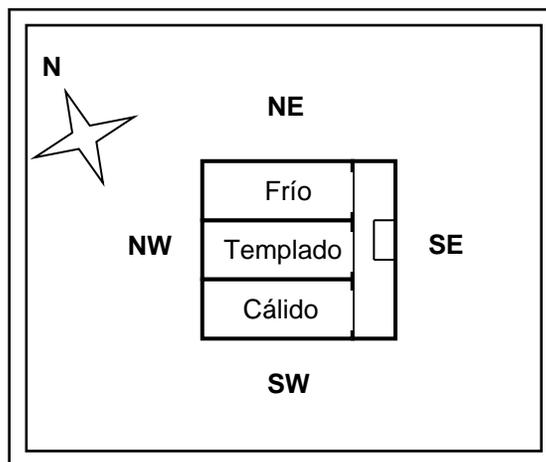
Enero	11,25 °C	Junio	13,95 °C
Febrero	12,27 °C	Julio	12,02 °C

¹ Se hace uso de los datos de registro suministrados por el IDEAM del año 2004.

Marzo	11,84 °C	Agosto	14,54 °C
Abril	10,71 °C	Septiembre	13,24 °C
Mayo	11,77 °C	Octubre	10,65 °C
Promedio variación diurna de temperatura			12,22 °C

- **La orientación de muros.** Queda definida en la figura B.1.

Figura B.1 Orientación del laboratorio



- **La hora, fecha y latitud.** Para la determinación de la temperatura exterior de cálculo se debe tener en cuenta la latitud de la localidad, evaluar diferentes horas del día y fechas del año. Se prescinde de variaciones debidas a fechas, con el fin de simplificar los cálculos, ya que las variaciones del clima no corresponden a un modelo estacionario debido a fenómenos naturales.
- **El color de la pared.** La recomendación para la construcción en cuanto a este factor es hacer uso de la influencia del color de las paredes exteriores en la transmisión de calor de tal forma que la sección de clima frío sea pintada de un color claro a fin de conseguir la menor absorción posible de calor (disturbio al

sistema de control); facilitar esta absorción de calor en la sección de clima caliente pintándola de un color oscuro, y , pintar la sección de clima templado de un color medio equilibrando la absorción de calor.

- **Las características térmicas y espesor de los materiales.** Los muros se clasifican, según la tabla B.4.

Tabla B.4 Clasificación de los muros en función del espesor del material

Espesor	cm.	15	30	40
	pies.	½	1	1 1/2
Mampostería u hormigón armado		C	E	-
Ladrillo macizo o calcáreo		B	D	E
Ladrillo hueco		A	C	D

Climatización - Cálculo e instalaciones 1980 - pag. 63

Con el fin de facilitar los cálculos se han elaborado, por personas o instituciones especializadas en estudios climáticos, tablas de la temperatura exterior de cálculo que relacionan todos los anteriores factores. Para el presente proyecto, se hace uso de una de estas tablas suministrada en el texto: “Climatización, cálculo e instalaciones”, donde se recogen las temperaturas exteriores de cálculo, “te”; dichos valores fueron calculados para una temperatura exterior “te” de 35 °C, una variación diurna de temperatura “td” de 11 °C, para una latitud media de 40° Norte. Además considera 8 orientaciones posibles, diferentes tipos de muros (tabla B.4), diferentes tipos de color, y diferentes horas. El texto referenciado también brinda un método para ajustar los valores de las tablas a los valores reales de temperatura exterior y variación diurna de temperatura de una determinada localidad. Fue necesario hacer uso de este método, ya que, es difícil y costoso el suministro de estas tablas para una latitud específica, y además, para el caso de Colombia no existen dichas tablas.

Las tablas B.5 y B.6 han sido extraídas de las tablas referenciadas y muestran los valores de temperatura exterior de cálculo para las 4 orientaciones posibles de las paredes del laboratorio, para diferentes tipos de cubiertas y muros.

Se seleccionan los valores de temperatura exterior de cálculo para cada una de las cubiertas y muros, evaluando 5 horas diferentes (10 a.m., 12m., 2, 4 y 6 p.m.) y se escogen los valores que proporcionen la menor temperatura que para el caso del cálculo de las pérdidas es crítico y la mayor temperatura para calcular las cargas máximas, considerando además su clasificación, orientación, y color.

En este caso se consideran los materiales de construcción de las paredes como tipo A (ladrillo hueco con un espesor de 15 cm. y peso estándar de 200 kg / m²) y las cubiertas como tipo B (tejas curvas con un peso estándar de 150 kg / m²). Estos valores son los más aproximados de los materiales del diseño real.

Tabla B.5 Temperatura de cálculo en muros, tec, en °C (te = 35°C td= 11°C)

ORIENTACIÓN		NE					NW				
CLASIFICACIÓN DEL MURO		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
PESO Kg/m ²	Hrs	200	300	400	550	700	200	300	400	550	700
Muros de color oscuro	10	40.3	40.3	34.7	29.7	30.3	27.0	27.0	28.1	30.3	31.4
	12	36.4	38.1	37.0	33.1	30.3	29.2	28.1	29.2	30.3	30.3
	14	33.1	32.5	33.6	34.8	34.8	37.5	33.7	32.5	30.8	30.8

	16	34.2	33.7	33.1	33.6	34.8	47.0	44.8	39.8	33.1	31.4
	18	34.8	34.8	34.2	33.1	32.5	48.6	47.0	43.1	35.8	32.5
Muros de color medio	10	36.7	36.7	32.6	29	29.5	26.7	26.7	27.6	29.9	30.3
	12	34.3	35.3	34.5	31.6	29.5	28.9	27.8	28.6	29.5	29.5
	14	32.6	31.9	32.5	32.9	32.8	36.0	32.8	31.7	30.0	29.5
	16	34.1	33.4	32.5	32.4	33.1	43.6	41.7	37.5	32.0	30.6
	18	34.5	34.5	33.6	32.4	31.7	44.9	43.7	40.2	34.2	31.7
Muros de color claro	10	33.8	33.8	31.0	28.5	28.8	26.5	26.5	27.3	28.8	29.4
	12	32.7	33.1	32.5	30.3	28.8	28.7	27.6	28.2	28.8	28.8
	14	32.3	31.5	31.6	31.5	31.3	34.8	32.2	31.0	29.3	28.8
	16	34.0	33.2	32.1	31.4	31.8	41.0	39.3	35.8	31.1	29.9
	18	34.3	34.3	33.1	31.4	31.0	41.9	41.0	38.0	33.0	31.0
ORIENTACIÓN		SE					SW				
PESO Kg/m2	Hrs	200	300	400	550	700	200	300	400	550	700
Muros de color oscuro	10	39.7	38.1	34.2	30.8	31.4	26.4	25.9	27.5	29.7	30.3
	12	42.6	42.6	39.2	33.1	30.3	29.2	28.1	28.6	29.7	30.3
	14	40.6	40.9	38.9	35.9	34.8	32.5	31.4	30.3	29.7	30.3
	16	36.4	37.0	37.0	36.4	35.9	37.0	33.7	32.0	30.3	30.3
	18	34.8	34.8	34.8	35.3	35.9	46.4	43.7	38.7	32.5	31.4
Muros de color medio	10	36.2	35.0	32.2	30.4	30.3	26.3	25.9	27.2	29.0	29.5
	12	38.9	38.7	36.2	31.6	29.5	28.9	27.8	28.2	29.0	29.5
	14	38.2	38.2	36.5	36.8	32.8	32.2	31.1	30.0	29.2	29.5
	16	35.7	35.9	35.4	34.4	33.9	36.1	33.4	31.7	29.8	29.7
	18	34.5	34.5	34.0	33.8	34.2	43.2	41.2	36.9	31.7	30.8
Muros de color claro	10	32.9	31.4	30.1	29.1	29.4	26.2	25.9	27.0	28.5	28.8
	12	36.1	35.6	33.7	30.3	28.8	28.7	27.6	27.9	28.5	28.8
	14	36.4	36.1	34.5	32.1	31.3	32.0	30.9	29.8	28.7	28.8
	16	35.2	35.0	34.2	33.9	32.4	35.5	33.2	31.5	29.5	29.3
	18	34.3	34.3	33.4	32.7	32.9	40.7	39.2	35.5	31.1	30.4

Climatización - Cálculo e instalaciones 1980 - pag. 71 - 74

Tabla B.6 Temperatura de cálculo en cubiertas tec, en °C (te = 35°C td= 11°C)

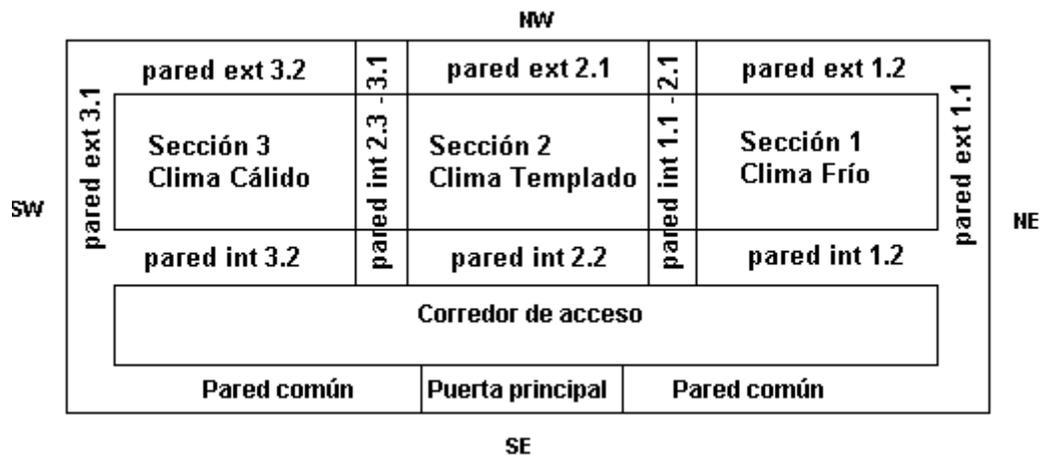
TIPO		TEJA PLANA	TEJA CURVA	FORJADO DE VIGUETAS	LOSA DE HORMIGON
CLASIFICACIÓN		A	B	C	D
PESO Kg/m2	Hrs	100	150	200	300
Sombra	10	27.0	26.4	25.9	25.9
	12	30.3	29.2	28.1	27.0
	14	33.7	32.5	31.4	29.2

	16	34.8	34.2	33.7	31.4
	18	33.7	33.7	33.7	32.5
Color oscuro	10	28.1	29.2	30.3	31.4
	12	35.9	35.9	35.9	35.9
	14	43.7	43.1	42.6	42.0
	16	49.8	48.9	48.1	46.4
	18	50.9	50.3	49.8	48.7
Color medio	10	27.8	28.5	29.2	30.0
	12	34.5	34.2	33.9	33.7
	14	41.2	40.4	39.8	38.8
	16	46.0	45.2	44.5	42.6
	18	46.6	46.1	45.8	44.6
Color claro	10	27.6	27.9	28.3	28.9
	12	33.4	32.9	32.4	31.9
	14	39.2	38.3	37.6	36.2
	16	43.3	42.3	41.6	39.6
	18	43.0	42.8	42.5	41.4

Climatización - Cálculo e instalaciones 1980 - pag. 75.

Para facilitar la selección de los valores de temperatura exterior de cálculo para cada una de las paredes y cubiertas y los posteriores cálculos, se etiqueta numéricamente cada una de las paredes según la sección a la que pertenecen como se muestra en la figura B.2. La figura muestra también la respectiva orientación de los muros.

Figura B.2 Etiquetas para muros



De acuerdo a lo anterior para la pared tipo A, etiquetada como “ext 3.1” que se encuentra localizada al SW, de color oscuro por pertenecer a la sección 3 (cálida), se toman los valores de: 46,4 como temperatura exterior de calculo máxima y 26,4 como la mínima. Los valores de las demás paredes se encuentran resaltados en la tabla B.5. Todas las cubiertas se consideran de color medio, tipo B. En la tabla B.6 de resaltan los valores de temperatura exterior de cálculo seleccionados para todos los techos (máxima de 46,1 y mínima de 28,5).

Como ya se mencionó, es necesario realizar un ajuste de los valores seleccionados de temperatura exterior de cálculo, a las condiciones de temperatura exterior y variación diurna de temperatura reales para Popayán.

Los valores de la temperatura exterior, deben ser ajustados bajo las siguientes reglas:

1. Si la temperatura exterior es diferente a 35°C, la diferencia positiva o negativa, será añadida, o restada al valor de las tablas.

2. En el caso de que la variación diurna sea mayor de 11°C, el exceso se restará; si es menor, se sumará a razón de ½ grado de corrección por cada grado de variación.

En el ajuste se usan las ecuaciones:

$$tec_r = tec + Ct$$

$$Ct = (te - 35) + 0.5(\Delta t_d - 11)$$

Donde:

tec_r: temperatura exterior de cálculo real para el diseño, en °C.

tec: temperatura exterior de cálculo según las tablas B.5 y B.6, en °C.

Ct: factor de ajuste.

Δt_d : Variación diurna de temperatura en Popayán, en °C.

Aplicando las ecuaciones anteriores se obtienen los valores de temperatura exterior de cálculo ajustados a Popayán, con temperatura promedio de 19 °C y promedio de variación diurna de temperatura de 12,2, que se presentan en las tablas B.7 y B.8.

Tabla B.7 Valores de temperatura exterior de cálculo real máximas y mínimas para muros exteriores

Tº. Máxima	Orient	Clasif.	Color	tec°C	te°C	td°C	tec _{rmax}
------------	--------	---------	-------	-------	------	------	---------------------

Pared ext 1.1	NE	A200	claro	34,3	30	12,22	29,91
Pared ext 1.2	NW	A200	claro	41,9	30	12,22	37,51
Pared ext 2.1	NW	A200	medio	44,9	30	12,22	40,51
Pared ext 3.2	NW	A200	oscuro	48,6	30	12,22	44,21
Pared ext 3.1	SW	A200	oscuro	46,4	30	12,22	42,01
Pared común	SE	A200	Medio	38,9	30	12,22	34,51
Tº. Mínima	Orient	Clasif.	Color	Tec	Te	Td	Tec_{rmin}
Pared ext 1.1	NE	A200	Claro	32,3	8	12,22	5,91
Pared ext 1.2	NW	A200	Claro	26,5	8	12,22	0,11
Pared ext 2.1	NW	A200	Medio	26,7	8	12,22	0,31
Pared ext 3.2	NW	A200	Oscuro	27	8	12,22	0,61
Pared ext 3.1	SW	A200	Oscuro	26,4	8	12,22	0,01
Pared común	SE	A200	Medio	34,5	8	12,22	8,11

Tabla B.8 Valores de temperatura exterior de cálculo real máximas y mínimas para cubiertas por sección

Temperatura Máxima	Clasif.	Color	Tec^oC	Te^oC	Td^oC	Tec_{rmax}
Sección frío	B150	claro	42,8	30	12,22	38,41
Sección templado	B150	medio	46,1	30	12,22	41,71
Sección caliente	B150	oscuro	50,3	30	12,22	45,91
Temperatura Mínima	Clasif.	Color	Tec	Te	Td	Tec_{rmin}
Sección frío	B150	Claro	27,9	8	12,22	1,51
Sección templado	B150	Medio	28,5	8	12,22	2,11
Sección caliente	B150	Oscuro	29,2	8	12,22	2,81

B.3 Determinación de las condiciones críticas de diferencias de temperaturas a evaluar. Primero, se consideran los siguientes ítems:

- Se determinan los límites inferior y superior de los rangos a controlar como valores de temperatura interior. Cada cálculo se realizará con los dos límites.
- Las condiciones de los locales adjuntos influyen en el comportamiento de las variables a controlar; por tanto, en el análisis de cada sección deben tenerse en cuenta también la temperatura de la sección o secciones adjuntas críticas para el sistema, tomadas como temperaturas exteriores para la sección analizada.
- Se propone considerar el peor de los casos, que es, que el corredor no funcione como una cámara de aire que aisle las secciones controladas, situación específica que puede presentarse si la puerta principal se deja abierta durante un período de tiempo considerable, equilibrando la temperatura del corredor a la temperatura exterior. Bajo esa situación se supone que el corredor tendría la temperatura exterior de cálculo real calculada para el muro que soportan la puerta principal, etiquetada como: “Pared común”.
- Con el fin de establecer la diferencia de temperaturas exterior e interior para los cálculos de infiltraciones por la puerta principal, se considera el corredor como un área interna, asumiendo como sus valores de temperatura los valores límites del rango de control de todo el laboratorio (33°C y 12°C), según sea, para el cálculo de cargas o pérdidas respectivamente.

Considerando lo anterior, se establecen las condiciones de diferencias de temperatura críticas a evaluar para cada una de las paredes y cubiertas de cada sección de forma general como:

Para el cálculo de pérdidas:

Por Transmisión.

1. Para el muro exterior (xy): Valor de temperatura t_{eCrmin} - Valor inferior del rango de temperatura interior de la sección
2. Para el muro exterior (xy): Valor de temperatura t_{eCrmin} - Valor superior del rango de temperatura interior de la sección.
3. Para la cubierta exterior (x): Valor de temperatura t_{eCrmin} - Valor inferior del rango de temperatura interior de la sección.
4. Para la cubierta exterior (x): Valor de temperatura t_{eCrmin} - Valor superior de del rango de temperatura interior de la sección.
5. Para el muro interior adjunto a una sección (xy): Valor de temperatura inferior del rango del local adjunto - Valor inferior del rango de temperatura interior de la sección.
6. Para el muro interior adjunto a una sección (xy): Valor de temperatura inferior del rango del local adjunto - Valor superior del rango de temperatura interior de la sección.
7. Para el muro interior adjunto al corredor (xy): Valor de temperatura mínimo en el corredor - Valor inferior del rango de temperatura interior de la sección.
8. Para el muro interior adjunto al corredor (xy): Valor de temperatura mínimo en el corredor - Valor superior del rango de temperatura interior de la sección.

Por Infiltraciones.

9. Por la puerta principal: Valor de temperatura t_{eCrmin} para el muro común exterior – Valor de temperatura máximo en el corredor (33°C).
10. Por las puertas de acceso a las secciones: Valor de temperatura mínimo en el corredor (12°C) - Valor superior del rango de temperatura interior de la sección.

Para el cálculo de Cargas:

Por Transmisión.

11. Para el muro exterior (xy): Valor de temperatura $t_{eC_{max}}$ para muros - Valor inferior del rango de temperatura interior de la sección.
12. Para el muro exterior (xy): Valor de temperatura $t_{eC_{max}}$ para muros - Valor superior del rango de temperatura interior de la sección.
13. Para la cubierta exterior (x): Valor de temperatura $t_{eC_{max}}$ para cubiertas - Valor inferior del rango de temperatura interior de la sección.
14. Para la cubierta exterior (x): Valor de temperatura $t_{eC_{max}}$ para cubiertas - Valor superior de temperatura interior del rango de la sección.
15. Para el muro interior adjunto a una sección (xy): Valor de temperatura superior del rango del local adjunto - Valor inferior del rango de temperatura interior de la sección.
16. Para el muro interior adjunto a una sección (xy): Valor de temperatura superior del rango del local adjunto - Valor superior del rango de temperatura interior de la sección.
17. Para el muro interior adjunto al corredor (xy): Valor de temperatura máximo en el corredor - Valor inferior del rango de temperatura interior de la sección.
18. Para el muro interior adjunto a una sección (xy): Valor de temperatura máximo en el corredor - Valor superior del rango de temperatura interior de la sección.

Por Infiltraciones.

19. Por la puerta principal: Valor de temperatura $t_{eC_{max}}$ para el muro común exterior – Valor de temperatura mínimo en el corredor (12°).
20. por las puertas de acceso a las secciones: Valor de temperatura máximo en el corredor (33°C) - Valor inferior del rango de temperatura interior de la sección.

A fin de facilitar la determinación de las diferencias de temperatura exterior e interior críticas, para los muros y techos de cada sección, se denota cada valor de temperatura crítico con un rótulo, así:

Tabla B.9 Etiquetas de temperaturas a evaluar

Tfmin	Límite inferior del rango de temperatura clima frío.
Tfmax	Límite superior del rango de temperatura clima frío.
Ttmin	Límite inferior del rango de temperatura clima templado
Ttmax	Límite superior del rango de temperatura clima templado
Tcmin	Límite inferior del rango de temperatura clima caliente
Tcmax	Límite superior del rango de temperatura clima caliente
tec _{rmu} min	Temperatura de calculo real para muros mínima
tec _{rmu} max	Temperatura de calculo real para muros máxima
tec _{rcu} min	Temperatura de cálculo real para cubierta mínima
tec _{rcu} max	Temperatura de cálculo real para cubierta máxima
Tcomin	Temperatura del corredor mínima (como exterior)
Tcomax	Temperatura del corredor máxima (como exterior)
tcomin*	Temperatura del corredor mínima (12°C) (como interior)
tcomax*	Temperatura del corredor máxima (33°C) (como interior)

Por ejemplo, para el cálculo de las pérdidas por transmisión a través de la pared “ext 2.1” la diferencia de temperatura critica a evaluar será: temperatura exterior de calculo real mínima para la pared “ext 2.1” menos cada uno de los valores del rango de control de la sección 2, es decir:

$$(te - ti)_1 = tec_{rmin} - ttmin = (0,31 - 19) = -18,69 \text{ y}$$

$$(te - ti)_2 = tec_{rmin} - ttmax = (0,31 - 26) = - 25,69$$

B.4 Elección de los coeficientes de transmisión global de los materiales proyectados para la construcción del Laboratorio. Los coeficientes de transmisión global se establecen según las especificaciones de diseño de los materiales adaptándose a los presentados en el tratado de Refrigeración y Aire

Acondicionado, Carrier Air Conditioning Company, Pág. 61, 65, 69. En la tabla B.10 se presentan los coeficientes de transmisión global seleccionados para las paredes, puertas, ventanas y cubiertas, de acuerdo a los materiales propuestos para la construcción del laboratorio. Entre paréntesis aparece la descripción literal, como aparece en la fuente.

Tabla B.10 Coeficientes de transmisión global U en kcal/h*m²*°C

Superficies	Características	Valor de U
Paredes interiores	Paneles de yeso o concreto, Espesor: 5 cm, pintura epóxica, con panel aislante de 12 mm (construcción ligera, tipo industrial - fibrocemento ondulado panel aislante 12 mm)	0,83
Ventanas	Marco en aluminio, doble acristalamiento, espesor vidrio 5 – 6 mm, espesor cámara 6 mm,	3,50
Puertas	En aluminio de corredera con aislante térmico en el medio (espesor de la puerta 5,1 cm, doble chasis)	1,4
Techo	Lámina de fibrocemento con asbesto (ethernit), con estructura metálica, cielo raso en paneles de yeso, pintura epóxica, con panel aislante (tejas de plana de fibrocemento, papel sobre contraplacado, panel aislante de 25 mm)*	0,88
Piso²	Losa primario en concreto simple. Tendido superior de baldosa en concreto tipo premolda.	0,6 de ↑ a ↓ 0,8 de ↓ a ↑

² Los cálculos de pérdidas y cargas por piso, no se consideran cuando el local esta apoyado directamente sobre el suelo o los cimientos.

B.5 Medición de las áreas de las superficies de la construcción. Las áreas de cálculo para paredes, puertas, ventanas y cubiertas se describen en la tabla B.11

Tabla B.11 Dimensiones de las áreas de las superficies de la construcción

Componentes	Ancho	Alto	Área	Componentes	Ancho	Alto	Área	Componentes	Ancho	Alto	Área			
Dimensiones Sección 1				Dimensiones Sección 2				Dimensiones Sección 3						
Pared interior 1.1	5,55	2,50	13,88	Pared interior 2.1	5,55	2,50	13,88	Pared interior 3.1	5,55	2,50	13,88			
Pared interior 1.2	8,48	2,50	21,20	Pared interior 2.2	8,48	2,50	21,20	Pared interior 3.2	8,48	2,50	21,20			
Pared exterior 1.1	5,55	2,50	13,88	Pared interior 2.3	5,55	2,50	13,88	Pared exterior 3.1	5,55	2,50	13,88			
Pared exterior 1.2	9,48	2,50	23,70	Pared exterior 2.1	9,48	2,50	23,70	Pared exterior 3.2	9,48	2,50	23,70			
Ventana 1	1,00	1,00	1,00	Ventana 2	1,00	1,00	1,00	Ventana 3	1,00	1,00	1,00			
Puerta 1	1,00	1,00	1,00	Puerta 2	1,00	1,00	1,00	Puertas	1,00	1,00	1,00			
Cielo raso	5,55	9,48	52,61	Cielo raso	5,55	9,48	52,61	Cielo raso	5,55	9,48	52,61			
Pisos	5,55	9,48	52,61	Pisos	5,55	9,48	52,61	Pisos	5,55	9,48	52,61			
Otros componentes comunes														
Corredor		28,70	1,00	28,70	Puerta principal		2,00	1,50	3,00	Secciones		9,485	5,55	52,64

B.6 Cálculo de las pérdidas de calor en condiciones críticas.

El calor se pierde por:

- a. Transmisión directa a través de las paredes, techos y piso de un local.
- b. Por infiltraciones de aire a través de las juntas de las puertas y ventanas.

La pérdida total del calor es la suma del calor disipado por transmisión y del que se pierde por infiltraciones. Las pérdidas deben ser calculadas como ya se dijo para los componentes externos y para los internos o adjuntos a cada sección controlada. No se suele tomar en cuenta la penetración a través de pavimentos apoyados directamente sobre la tierra o sobre sótanos sin ventilación ni calefacción.

a. Cálculo de las pérdidas de calor por transmisión. Las pérdidas por transmisión son definidas por:

$$H = \sum A * U * \Delta t$$

$$H = \sum A * U * (tex - tin)$$

$$H = \sum A * U * (tec_r - tin)$$

$$H = \sum A * U * ((tec + Ct) - tin)$$

Donde:

H: Cantidad de calor, en kcal.

A: Dimensiones del componente sobre el que se transmite el calor, en mt^2 .

U: Coeficiente de transmisión global, en $kcal/h * m^2 * ^\circ C$.

Δt : Diferencial de temperatura exterior crítica e interior crítica, en $^\circ C$.

tex: Temperatura exterior, en $^\circ C$.

- tin: Temperatura interior, en °C.
tecr: Temperatura exterior de cálculo real, en °C.
tec: Temperatura exterior de cálculo en °C.
Ct: Factor de ajuste.

A continuación se realiza el cálculo de pérdidas de cantidad de calor por transmisión para cada uno de los componentes de la edificación, por secciones, para las condiciones críticas. Se obtienen dos valores de cantidad de calor H porque como ya se ha mencionado se evalúan los dos límites del rango a controlar. H1 responde al cálculo realizado utilizando el límite inferior del rango de control y H2 corresponde al cálculo tomando el valor de límite superior del rango de control.

En las tablas B.12, B.13 y B.14 se indican los resultados obtenidos de los cálculos de pérdidas por cada uno de los componentes de cada sección en condiciones críticas de temperatura, el signo menos indica un escape de calor del interior al exterior. Por ejemplo, en la tabla B.12, para la pared exterior 1.1, se tiene un área de 13,88 m², un coeficiente de transmisión global U de 0,83, y se evalúa la condición de diferencia de temperatura exterior de cálculo real mínima igual a 5,91°C, conforme a los datos presentados en la tabla B.8 menos los valores límite del rango de temperatura interior de la sección 1. Entonces:

$$H1 = 13,88 \text{ m}^2 * 0,83 \text{ kcal/h} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C} * (5,91 - 12) ^\circ\text{C} = -70,13 \text{ Kcal/h.}$$

$$H2 = 13,88 \text{ m}^2 * 0,83 \text{ kcal/h} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C} * (5,91 - 19) ^\circ\text{C} = -150,75 \text{ Kcal/h.}$$

Para cada uno de los demás componentes se procede de la misma manera considerando los valores límites de los rangos de control de cada sección y los valores de temperatura exterior de cálculo real de cada componente.

Tabla B.12 Pérdidas de calor por transmisión - sección 1 clima frío

SECCIÓN 1 - CLIMA FRÍO						
Componentes Ext.	A (m^2)	U ($\text{kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$)	Tecrmin – tfmin ($^\circ\text{C}$)	H1 (Kcal/h)	Tecrmin – tfmax ($^\circ\text{C}$)	H2 (Kcal/h)
Pared exterior 1.1	13,88	0,83	$5,91 - 12 = -6,09$	-70,13	$5,91 - 19 = -13,09$	-150,75
Pared exterior 1.2	23,70	0,83	$0,11 - 12 = -11,89$	-233,89	$0,11 - 19 = -18,89$	-371,59
Cubierta 1	52,64	0,88	$1,51 - 12 = -10,49$	-485,95	$1,51 - 19 = -17,49$	-810,22
Componentes Int.	A	U	ttmin– tfmin		ttmin – tfmax	
Pared interior 1.1	13,88	0,83	$19 - 12 = 7$	80,61	$19 - 19 = 0$	-
Componentes Int.	A	U	tcomin – tfmin		tcomin – tfmax	
Pared interior 1.2	21,20	0,83	$8,11 - 12 = -3,89$	-68,45	$8,11 - 19 = -10,89$	-191,62
Ventana 1	1,00	3,5	$8,11 - 12 = -3,89$	-13,62	$8,11 - 19 = -10,89$	-38,12
Puerta 1	1,00	1,4	$8,11 - 12 = -3,89$	-5,45	$8,11 - 19 = -10,89$	-15,25
			Subtotal 1	-796,86	Subtotal 2	-1.577,53

Tabla B.13 Pérdidas de calor por transmisión - sección 2 clima templado

SECCIÓN 2 - CLIMA TEMPLADO						
Componentes Ext.	A (mt ²)	U (kcal/h*m ² *°C)	Tecrmin - ttmin (°C)	H1 (Kcal/h)	Tecrmin – ttmax (°C)	H2 (Kcal/h)
Pared exterior 2.1	23,70	0,83	0,31 -19= -18,69	-367,65	0,31 – 26= -25,69	-505,35
Cubierta 2	52,64	0,88	2,11 - 19= -16,89	-782,42	2,11 – 26 = -23,89	-1106,70
Componentes Int.	A	U	tfmin– ttmin		tfmin – ttmax	
Pared interior 2.1	13,88	0,83	12 – 19 = -7	-80,61	12- 26 = -14	-161,23
Componentes Int.	A	U	tcmin– ttmin		tcmin – ttmax	
Pared interior 2.3	13,88	0,83	26 – 19 = 7	80,61	26 – 26 = 0	-
Componentes Int.	A	U	tcomin – ttmin		tcomin – ttmax	
Pared interior 2.2	21,20	0,83	8,11 – 19 = -10,89	-191,62	8,11-26 = -17,89	-314,79
Ventana 2	1,00	3,5	8,11 – 19 = -10,89	-38,12	8,11 – 26= -17,89	-62,62
Puerta 2	1,00	1,4	8,11 – 19 = -10,89	-15,25	8,11 – 26 = -17,89	-25,05
			Subtotal 1	-1.395,06	Subtotal 2	- 2.175,73

Tabla B.14 Pérdidas de calor por transmisión - sección 3 clima cálido

SECCIÓN 3 - CLIMA CÁLIDO						
Componentes Ext.	A (m ²)	U (kcal/h*m ² *°C)	Tecrmin - tcmin (°C)	H1 (Kcal/h)	Tecrmin – tcmax (°C)	H2 (Kcal/h)
Pared exterior 3.1	13,88	0,83	0,01- 26= -25,99	-299,31	0,01 – 33= -32,99	-379,92
Pared exterior 3.2	23,70	0,83	0,61 – 26 = -5,39	-499,45	0,61 – 33= -32,39	-637,14
Cubierta 3	52,64	0,88	2,81 – 26 = -3,19	-1074,27	2,81 – 33 = -30,19	-1398,54
Componentes Int.	A	U	ttmin– tcmin		ttmin – tcmax	
Pared interior 3.1	13,88	0,83	19 – 26 = -7	-80,61	19 – 33 = -14	-161,23
Componentes Int.	A	U	tcomin – tcmin		tcomin – tcmax	
Pared interior 3.2	21,20	0,83	8,11 – 26= -17,89	-314,79	8,11 – 33 = -24,89	-437,96
Ventana 3	1,00	3,5	8,11 – 26= -17,89	-62,62	8,11 – 33 = -24,89	-87,12
Puerta 3	1,00	1,4	8,11 – 26= -17,89	-25,05	8,11 – 33 = -24,89	-34,85
			Subtotal 1	-2.356,09	Subtotal 2	- 3.136,76

b. Cálculo de las pérdidas por infiltración - método de rendija (verano o invierno). Las pérdidas de calor por infiltraciones son determinadas por la cantidad de aire infiltrado y por la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior, ya que el calor se transmite de un lugar de mayor a uno de menor temperatura. Así la condición crítica a evaluar será cuando la temperatura exterior sea la más baja, tanto en el ambiente normal para los cálculos de infiltraciones por la puerta principal, como en el corredor interior para los cálculos de las puertas de acceso a las secciones controladas; se debe recordar las consideraciones hechas en la sección B.3 “condiciones críticas a evaluar”, sobre las temperaturas asumidas en el corredor para cada caso.

La cantidad de calor perdido por filtraciones de aire esta definida como:

$$H = 0.29 * (\text{Cantidad de aire infiltrado } m^3 / h) * \Delta t$$

Donde:

H: Cantidad de calor, en kcal.

0,29: Producto del calor específico del aire, que es de 0,2415 kcal por kg y grado centígrado, por el peso específico del aire, que es de 1.210 kg por mt³.

Δt : Diferencia de temperatura exterior e interior, en °C.

La cantidad de aire infiltrado esta determinada por la velocidad del viento y el tipo de puerta a utilizar. Para determinar la cantidad de aire infiltrado a través de las puertas y ventanas se hace uso de datos basados en experiencias de la ASHRAE recopilados en la tabla B.15.

Tabla B.15 Infiltraciones por puertas - método de las rendijas - puertas en fachada expuestas

TIPO DE PUERTA	m ³ /h por metro lineal de rendija					
	Velocidad del viento					
	8	16	24	32	40	48
Puerta de vidrio						
Instalación correcta - rendija 3 mm	17,8	35,6	54,5	72,4	89,1	105
Instalación media - rendija 5 mm	26,7	55,6	78,0	111	134	161
Instalación mediocre - rendija 6.5 mm	35,6	72,4	105	145	145	212
Puerta ordinaria, madera o metal						
Inst. correcta - Con burlete	2,5	3,3	5,0	7,2	9,5	11,7
Inst. media - Sin burlete	5,0	6,7	10,0	14,5	18,4	23,4
Inst. mediocre – Sin burlete	5,0	12,8	20,6	29,0	36,8	46,8
Puerta de fabrica - rendija 3 mm	17,8	35,6	54,5	72,4	89,1	105

Tratado de Refrigeración y Aire Acondicionado, Carrier Air Conditioning Company, pag. 90

Las características de diseño clasifican la puerta principal como una puerta ordinaria, en metal, instalación correcta con burlete de estanqueidad, con una velocidad del viento en el exterior de 24 km/h, la cantidad de aire infiltrado por la puerta principal es: 5 m³/h; este valor se multiplica por 1,5 metros lineales de rendija. Las puertas de acceso a las secciones controladas se clasifican como puertas ordinarias, en metal, instalación correcta con burlete, además se considera que en el interior la velocidad del viento es la mas baja considerada en la tabla, o sea de 8 km/h, ya que no se cuenta con datos sobre infiltraciones en puertas no expuestas al exterior, por tanto la cantidad de aire infiltrado es: 2,5 m³/h, que debe multiplicarse por 1 metro lineal de rendija. Rendija se entiende como la ranura entre la puerta y el piso. Los resultados de los cálculos de infiltraciones por puertas se muestran la tabla B.16

Tabla B.16 Pérdidas de calor por infiltraciones

SECCION 1 - CLIMA FRIO						
Componentes Ext.	A (m²)	Vel. del Viento	Cant. aire Infiltrado	Rendija (mt lineal)	t_{comin} – t_{fmax} (°C)	H (Kcal/h)
Puerta 1	1,00	8,00	2,5	1	8,11 – 19= -10,89	-7,90
SECCION 2 - CLIMA TEMPLADO						
Componentes Ext.	A	Vel. del Viento	Cant. aire Infiltrado	Rendija	t_{comin} – t_{tmax}	H
Puerta 2	1,00	8,00	2,5	1	8,11 – 26= -17,89	-12,97
SECCION 3 - CLIMA CÁLIDO						
Componentes Ext.	A	Vel. del Viento	Cant. aire Infiltrado	Rendija	t_{comin} – t_{cmax}	H
Puerta 3	1,00	8,00	2,5	1	8,11 – 33= -24,89	-18,05
PUERTA PRINCIPAL						
Componentes Ext.	A	Vel. del Viento	Cant. aire Infiltrado	Rendija	t_{ec_{rmin}} – t_{comax}*	H
	3,00	24,00	5,00	1,5	8,11 – 33= -24,89	-54,14
TOTAL						-93,05

Las máximas pérdidas por sección y en total para todo el laboratorio como la sumatoria de las pérdidas por transmisión y por infiltraciones bajo condiciones críticas se presentan en la tabla B.17, que muestra el resumen de los cálculos de pérdidas en condiciones críticas.

Tabla B.17 Pérdidas de calor máximas totales en condiciones críticas (todo en KCal/h)

	Transmisión	Infiltraciones	Subtotal 1
Sección 1	-1.577,53	-7,90	- 1.585,43
Sección 2	- 2.175,73	-12,97	- 2.188,70
Sección 3	-3.136,76	-18,05	- 3.169,54
Puerta Ppal.		-54,14	- 54,14
Subtotal 2	- 6.904,75	-93,05	
Total Pérdidas en el Laboratorio			- 6.997,8

De los anteriores resultados se analiza de forma general que, en la sección 3 se presentan la mayor cantidad de pérdidas (principalmente por transmisión), y de los resultados obtenidos en el cálculo de pérdidas por transmisión, se concluye que es por las cubiertas por donde más se pierde calor; y, es por las puertas y ventanas por donde menos se pierde. Los valores por infiltraciones se pueden considerar mínimos. Además, los valores de pérdidas por secciones, y total, se pueden considerar relativamente pequeños comparados con datos de ejemplos de los textos guías.

Lo anterior, permite resaltar la importancia de que la construcción haya sido diseñada de forma tal que las secciones se encuentren aisladas del exterior, y entre sí. De llevarse a cabo la construcción en otros materiales o con otro diseño los cálculos podrían variar considerablemente, y en consecuencia la potencia y costo de los equipos del sistema de control.

B.7 Cálculo de las cargas de calor en condiciones críticas. Son el total de las aportaciones calóricas que durante una hora recibe el recinto y que, lógicamente deben ser restadas de él por un medio artificial, para mantener el equilibrio interno deseado. Existen dos tipos de cargas a considerar:

Cargas Externas:

Transmisión a través de muros, techos, suelos.

Infiltraciones.

Radiación Solar a través de puertas y ventanas.

Entradas del aire exterior ya sea buscado o impuesto (renovación o ventilación).

Cargas Internas:

Aportación calórica de las personas.

Emisiones de aparatos eléctricos o de gas.

Lámparas.

Tubería, depósitos, ventiladores y bombas de distribución de fluidos (Sistema de climatización).

- **Carga externa: transmisión de muros, techos, suelos, puertas y ventanas.** Para determinar la cantidad de calor por hora que ha de ser restada para compensar las cargas por transmisión se sigue el mismo procedimiento que en el cálculo de las pérdidas, ya que están determinadas por la misma ecuación, cambiando únicamente la diferencia de temperaturas exterior e interior. A continuación se realiza el Cálculo de Cargas de Calor por transmisión para las condiciones críticas.

Tabla B.18 Cargas de calor por transmisión - sección 1 clima frío

SECCIÓN 1 - CLIMA FRÍO						
Componentes Ext.	A (m^2)	U ($\text{kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$)	Tecrmax – tfmin ($^\circ\text{C}$)	H1 (Kcal/h)	Tecrmax – tfmax ($^\circ\text{C}$)	H2 (Kcal/h)
Pared exterior 1.1	13,88	0,83	29,91-12 = 17,91	206,26	29,91 – 19=10,91	125,64
Pared exterior 1.2	23,70	0,83	37,51 – 12= 25,51	501,81	37,51 – 19= 18,51	364,11
Cubierta 1	52,64	0,88	38,41 – 12= 26,41	1223,44	38,41 – 19= 19,41	899,16
Componentes Int.	A	U	Ttmax– tfmin		ttmax – tfmax	
Pared interior 1.1	13,88	0,83	26 – 12= 14,00	161,23	26 – 19 = 7,00	80,61
Componentes Int.	A	U	tcomax – tfmin		tcomax – tfmax	
Pared interior 1.2	21,20	0,83	34,31 – 12= 22,31	392,57	34,31 – 19= 15,31	269,39
Ventana 1	1,00	3,5	34,31 – 12= 22,31	78,09	34,31 – 19= 15,31	53,59
Puerta 1	1,00	1,4	34,31 – 12= 22,31	31,23	34,31 – 19= 15,31	21,43
			Subtotal 1	2.594,61	Subtotal 2	1.813,94

Tabla B.19 Cargas de calor por transmisión - sección 2 clima templado

SECCION 2 - CLIMA TEMPLADO						
Componentes Ext.	A (m^2)	U ($\text{kcal/h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$)	Tecrmax – ttmin ($^\circ\text{C}$)	H1 (Kcal/h)	Tecrmax – ttmax ($^\circ\text{C}$)	H2 (Kcal/h)
Pared exterior 2.1	23,70	0,83	40,51 – 19= 21,51	423,12	40,51 – 26= 14,51	285,43
Cubierta 2	52,64	0,88	41,71 – 19= 22,71	1052,03	41,71 – 26= 15,71	727,76
Componentes Int.	A	U	Tfmax– ttmin		tfmax – ttmax	
Pared interior 2.1	13,88	0,83	19 – 19 = 0	-	-7,00	-80,61
Componentes Int.	A	U	tcmx– ttmin		tcmx – ttmax	
Pared interior 2.3	13,88	0,83	33 – 19 = 14,00	161,23	7,00	80,61
Componentes Int.	A	U	tcomax – ttmin		tcomax – ttmax	
Pared interior 2.2	21,20	0,83	34,31 – 19= 15,31	269,39	34,31 – 26= 8,31	146,22
Ventana 2	1,00	3,5	34,31 – 19= 15,31	53,59	34,31 – 26= 8,31	29,09
Puerta 2	1,00	1,4	34,31 – 19= 15,31	21,43	34,31 – 26= 8,31	11,63
Subtotal 1				1.980,80	Subtotal 2	1.200,13

Tabla B.20 Cargas de calor por transmisión - sección 3 clima caliente

SECCION 3 - CLIMA CÁLIDO						
Componentes Ext.	A (mt ²)	U (kcal/h*m ² *°C)	Tecrmax – tmin (°C)	H1 (Kcal/h)	Tecrmax – tcmax (°C)	H2 (Kcal/h)
Pared exterior 3.1	13,88	0,83	42,01 – 26= 16,01	184,38	44,21 – 33= 11,21	103,76
Pared exterior 3.2	23,70	0,83	44,21 – 26= 18,21	358,21	42,01 – 33= 9,01	220,51
Cubierta 3	52,64	0,88	45,91 – 26= 19,91	922,33	45,91 – 33= 12,91	598,05
Componentes Int.	A	U	ttmax– tmin		ttmax – tcmax	
Pared interior 3.1	13,88	0,83	26 - 26= 0	-	-7,00	-80,61
Componentes Int.	A	U	tcomax – tmin		tcomax – tcmax	
Pared interior 3.2	21,20	0,83	34,31 – 26= 8,31	146,22	34,31 – 33= 1,31	23,05
Ventana 3	1,00	3,5	34,31 – 26= 8,31	29,09	34,31 – 33= 1,31	4,59
Puerta 3	1,00	1,4	34,31 – 26= 8,31	11,63	34,31 – 33= 1,31	1,83
			Subtotal 1	1.651,85	Subtotal 2	951,80

- **Cargas externas: filtraciones.** Para el caso de las cargas por infiltraciones se realiza el cálculo con el mismo procedimiento seguido para el cálculo de las pérdidas, igualmente dependiendo de la temperatura del aire que se infiltre al local y de la temperatura deseada en este. La condición crítica a evaluar dentro de las cargas será cuando la temperatura exterior sea la más alta y la temperatura interior sea la más baja, tanto para la puerta principal como para las puertas de acceso a las secciones. Los cálculos de cargas por infiltraciones se indican en la tabla B.21
- **Carga externa: radiación solar.** Es importante resaltar que la carga por radiación solar solo se presenta si existen ventanas o techos con vidrios o materiales traslucidos; es por eso que la carga de la radiación solar no se considera para este proyecto ya que el laboratorio no tendrá ventanas ni materiales traslucidos externos o en contacto con la radiación solar debido a las condiciones específicas del laboratorio.
- **Carga externa: aire procedente del exterior o ventilación.** El aire que se toma del exterior para la necesaria renovación del aire de los locales no se incluyen en el cálculo de las cantidades de calor que hay que eliminar en las habitaciones, pero sí afecta el cálculo de las capacidades de los aparatos de acondicionamiento y de los conductos de aire, por tanto, se deja este cálculo para cuando se realicen los cálculos de potencia de los equipos de climatización.

Tabla B.21 Cargas de calor por infiltraciones

SECCION 1 - CLIMA FRIO						
Componentes Ext.	A (mt²)	Vel. del Viento (km/h)	Cant. aire Infiltrado (m³/h)	Rendija (mt lineal)	tcomax – tfmin (°C)	H (kcal/h)
Puerta 1	1,00	8,00	2,5	1,00	34,31 – 12= 22,31	16,17
SECCION 2 - CLIMA TEMPLADO						
Componentes Ext.	A	Vel. del Viento	Cant. aire Infiltrado	mt lineal de rendija	tcomax – ttmin	H
Puerta 2	1,00	8,00	2,5	1,00	34,31 – 19= 15,31	11,10
SECCION 3 - CLIMA CÁLIDO						
Componentes Ext.	A	Vel. del Viento	Cant. aire Infiltrado	mt lineal de rendija	tcomax – tcmin	H
Puerta 3	1,00	8,00	2,5	1,00	34,31 – 26= 8,31	6,02
PUERTA PRINCIPAL						
Componentes Ext.	A	Vel. del Viento	Cant. aire Infiltrado	mt lineal de rendija	tec_{rmax} – tcomin*	H
	3,00	24,00	5	1,50	34,31 – 12= 22,31	48,52
					TOTAL	81,81

- **Carga interna: aporte calórico de las personas.** Las personas tienen un doble comportamiento como carga térmica que debe ser contrarrestada. El cuerpo según su mayor o menor actividad, emite calor fundamentalmente por radiación y por convección (calorías sensibles), y, también vapor de agua (calorías latentes). Contrarrestar esta carga exige bajar la temperatura y condensar el agua en estado de vapor que hubiere en exceso. Teniendo en cuenta que las secciones del laboratorio deben ser bastante restringidas los ocupantes pueden clasificarse en: concurrentes y visitantes.

Concurrentes se refiere a las personas que van a estar dentro de una sección controlada realizando una actividad específica, como: prácticas o trabajos de investigación. Visitantes son las personas que ingresan a observar el laboratorio desde el corredor y tienen restringido el acceso a las secciones. Según las condiciones establecidas en el capítulo de especificaciones el número normal de ocupantes debe ser de tres personas y un máximo de 5 personas por cada sección climática y para el área del corredor se estableció un número normal de 10 ocupantes y un máximo de 15, que pueden permanecer en espera o circular dentro de ésta sección.

Para determinar la cantidad de calor aportada, con un número normal de ocupantes establecido en las especificaciones entregadas por la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se siguen los pasos:

- **Determinar la cantidad de calor latente y sensible emitido por las personas según la actividad a realizar.** Para este paso se hace uso de la tabla B.22.

Tabla B.22 Calorías sensibles y latentes por individuo en cuanto a la actividad de la persona ocupante

	Calor Sensible	Calor Latente
PERSONAS	Kcal/h	g/h
Niños	53	58
Institutos	54	76
Oficinas y almacén	54	98
Trabajo medio	62	211
Trabajo duro	122	405
Pasillos	55	118

Climatización, Cálculo e instalaciones – José Fernández – Ámigo, 1980. pag. 81

Para los cálculos de las cargas de calor por las personas en las secciones se escogen los valores de 54 Kcal/h de calor sensible y 98 g/h de calor latente, correspondiente a una oficina, debido a que, las actividades a realizar en ellas son de baja frecuencia y de poco esfuerzo físico. Para los cálculos en el corredor se toman los valores de 55Kcal/h de calor sensible y 118 g/h de calor latente establecidos para pasillos. Los valores de calor latente por persona no se consideran en este anexo.

- **Cálculo de la aportación calórica de las personas como carga interna.** El valor total de calor sensible y calor latente resulta de multiplicar el aporte por persona por el número de ocupantes; los cálculos se realizan para el número normal y máximo de personas. En la tabla B.23 se indican los resultados de los cálculos de cargas sensibles y latentes aportadas por las personas.

Tabla B.23 Cálculo de las cargas por aportación calórica de las personas

para ocupación normal y máxima

	# Normal personas	Calorías Sensibles (kcal/h)	Calorías Latentes (g/h)	Total Sensible (kcal/h)	Total Latente (g/h)
Secciones	3	54	98	162	294
Pasillo	10	55	118	550	1180
Total (número normal de personas)				712	1474
	# máximo personas	Calorías Sensibles (kcal/h)	Calorías Latentes (g/h)	Total Sensible (kcal/h)	Total Latente (g/h)
Secciones	5	54	98	270	490
Pasillo	15	55	118	825	1770
Total (número máximo de personas)				1095	2260

- **Carga interna: cálculo de calor aportado por aparatos o equipos en las áreas del Laboratorio.** Para estimar el cálculo de las cargas internas debido a los aportes calóricos emitidos por aparatos eléctricos, es necesario conocer los equipos que se van a instalar dentro del local, sus referencias técnicas (especialmente su potencia y consumo) para poder determinar la carga total. En las tres secciones climáticas del laboratorio no se va a instalar ningún equipo u aparato eléctrico de trabajo, por lo tanto se desprecian las cargas de este tipo.

- **Carga Interna: aporte calórico de las Lámparas.** La cantidad de calor equivalente a 1 vatio es de 0,860 kcal/h. La cantidad de calor producida por hora por la iluminación eléctrica debería ser igual, por lo tanto, en kcal, al número total de vatios de la instalación multiplicado por 0,860, pero este número puede ser modificado por un coeficiente de uso que represente la fracción de la potencia total instalada que funciona simultáneamente.

Sin embargo se asume un coeficiente de uso de 1, evaluando la condición crítica de tener todos los bloques en funcionamiento, es decir, todas las lámparas

³ encendidas. Para una hora se tiene que:

Potencia total de iluminación: 14 lámparas de 17 vatios por peldaño de bloque, cada bloque tendrá 5 peldaños, o sea 70 lámparas por bloque, para un total de 1190 vatios por bloque. Si en cada sección climática del laboratorio se distribuyen 8 bloques de almacenamiento como se diseñó en el capítulo de especificaciones, se tiene un total de 9520 vatios instalados por sección.

$$17 \text{ vatios} \times 14 \text{ tubos por peldaño de un bloque} \times 5 \text{ peldaños} \times 8 \text{ bloques} \\ = \mathbf{9520 \text{ vatios por sección}}$$

Entonces:

$$q = \text{potencia total de la iluminación} \times \text{coeficiente de uso} \times 0,860 \text{ kcal/h}$$

$$q = 9520 \text{ vatios} \times 1 \times 0,860 \text{ kcal/h}$$

$$q = \mathbf{8187 \text{ kcal/h} = \text{Carga Interna por aporte calórico de lámparas}}$$

Las máximas cargas de calor por sección y en total para todo el laboratorio como la sumatoria de las cargas externas e internas, en condiciones críticas, se presenta en la tabla B.24.

Tabla B.24 Cargas de calor máximas totales en condiciones críticas (todo en KCal/h)

	Transmisión	Infiltración	Personas	Lámparas	Subtotal 1
--	-------------	--------------	----------	----------	------------

³ Los valores para el cálculo de esta carga se toman del capítulo 3 “Diseño del sistema de iluminación”.

Sección 1	2.594,61	15,23	270	8.256	11.135,84
Sección 2	1.980,80	11,10	270	8.256	10.517,90
Sección 3	1.580,80	6,02	270	8.256	10.112,82
Puerta Ppal		48,96	-		48,96
Corredor		-	825		825,00
Subtotal 2	6.156,21	81,31	1.635	24.768	
Total cargas en el Laboratorio					32.640,52

Se puede observar que, el valor más alto de carga se presenta por efecto del sistema de iluminación en las tres secciones, además, la mayor cantidad de carga en condiciones críticas se presentan en la sección 1 de clima frío. Las cargas por secciones y total, son comparativamente, más altos que los valores de las pérdidas; por esto deben considerarse especialmente en el cálculo de la potencia del equipo de control de temperatura.