



**INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE TUXTLA GUTIERREZ**

INFORME DE PROYECTO

**CÁLCULO DE LA CARGA
TÉRMICA PARA LAS AULAS
DE LA ESCUELA SECUNDARIA
TÉCNICA No. 64**

Que para acreditar su:

RESIDENCIA PROFESIONAL

Presenta

SALOMON CRUZ VENTURA

No. Control: 05270415

INGENIERIA MECANICA

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Junio 2011

Índice

	Pág.
1 Introducción	
2 Justificación -----	4
3 Objetivos -----	5
4 Características del área en que se participo -----	5
5 Problema a resolver -----	6
6 Alcance y limitaciones -----	6
7 Fundamento teórico -----	7
7.1 Antecedentes -----	7
7.2 Definición de climatización-----	8
7.3 Importancia del aire acondicionado-----	8
7.4 Aire acondicionado para confort -----	9
7.5 Composición del aire -----	11
7.6 Propiedades termodinámicas del aire -----	12
8 Procedimiento -----	14
8.1 Condiciones del proyecto-----	14
8.2 Datos del proyecto -----	15
9 Resultados, planos y gráficos-----	16
9.1 Cálculos de las cargas térmicas para el edificio 1 y 2 -----	16
9.2 Selección del equipo -----	33
9.3 Diseño de la ductería de inyección y retorno para la planta alta -----	35
9.3.1 Diseño de la tubería de inyección por el método de presión constante -----	35
9.3.2 Cálculo de fricción máxima del sistema -----	36
9.3.3 Cálculo de la cantidad de lámina y aislante necesario para los ductos de inyección del edificio 1 y 2 -----	38
9.3.4 Diseño de la ductería de retorno -----	39
9.3.5 Cálculo de la cantidad de lámina y aislante necesaria para los ductos de retorno del edificio 1 y 2 -----	40
9.3.6 Selección del difusor y rejilla de retorno -----	40
9.4 Diseño de la ductería de inyección y retorno para la planta baja -----	42
9.4.1 Cálculo de la tubería de inyección por el método de presión constante -----	42
9.4.2 Cálculo de la fricción total del sistema -----	43

9.4.3 Cálculo de la cantidad de lámina y aislante necesario para los ductos de inyección del edificio 1 y 2 -----	45
9.4.4 Diseño de la ductería de retorno -----	46
9.4.5 Cálculo de la cantidad de lámina y aislante requerida para la construcción del sistema de ductos de retorno del edificio 1 y 2 -----	47
9.4.6 Selección del difusor y rejilla de retorno -----	47
9.5 Cálculo de la carga térmica para el “aula 13” representada en el plano 3 ---	49
9.6 Cálculo de la carga térmica de aire acondicionado para el “aula 14-16” y “aula 15-17” que se representa en el plano 4 -----	54
9.7 Cálculo de la carga térmica de aire acondicionado para el “laboratorio de computo/biblioteca” que se representa en el plano 5 -----	62
9.8 Cálculo de la carga térmica de aire acondicionado para el edificio “área administrativa/dirección” que se representa en el plano 6 -----	67
10 Conclusión y recomendaciones -----	72
Anexos -----	73
Referencias bibliográficas -----	87

1 INTRODUCCION

Si bien nos damos cuenta que cuando entablamos una conversación de una u otra manera siempre se toca un tema, el del clima, pues si, no es de sorprendernos que este sea muchas veces el centro de nuestras conversaciones.

¿Y por qué tiene que ser el clima un tema tan recurrente? Esto no es de sorprender ya que siempre nos interesa saber el estado del tiempo, porque de esto depende mucho nuestra comodidad y muchas veces nuestra felicidad. Cuando nos encontramos trabajando y de repente el día esta soleado y el espacio en el cual estamos laborando no se preste para que nos brinde cierta comodidad tendemos rápidamente a sentirnos incómodos y muchas veces a salirnos de nuestros cabales y terminar haciendo mal nuestro trabajo.

Este tema tiene mucha relación con lo que se conoce en la práctica como “acondicionar un espacio”, ¿y a qué se refiere esto?, se refiere al hecho de que a cualquier espacio que así se desee, se le pueda llevar a condiciones de temperatura estable y que se pueda crear con ello un ambiente cómodo. Para ello se debe de realizar un estudio de las condiciones del medio ambiente en el lugar deseado para ser “acondicionado”. También de las condiciones de la edificación y orientación respecto a la cual se encuentra.

Una vez fijadas las condiciones de comodidad e higiene a las cuales se quieren llegar, se debe de tener en cuenta las variaciones de temperatura que tienen lugar en todo el año y también los tipos de materiales de los cuales están hechos los espacios habitacionales para poder tomarlos en cuenta en los estudios.

El tema central de este trabajo será conocer las cantidades de calor que se generan en las aulas de la escuela secundaria técnica No. 64 en la cual se realiza este proyecto, y con estas cantidades se puede por medio de manuales obtener los datos necesarios para poder adquirir un equipo de aire acondicionado que se adecue a el espacio en el cual se realiza el estudio, la decisión será tomada en su momento.

2 JUSTIFICACION

Una persona rinde mucho mas en cada una de las actividades en que participa siempre y cuando las condiciones de trabajo sean satisfactorias y el ambiente en que se desarrolla es agradable y cumple con los requerimientos de comodidad, además la sensación de experimentar el aire fresco es siempre reconfortante y estimula al trabajo efectivo.

El proyecto se lleva a cabo en las instalaciones de la escuela secundaria técnica No. 64, donde se tiene una demanda de estudiantes muy elevada y las condiciones del medio ambiente son muy calurosas, los beneficios que trae contar con un sistema de aire acondicionado serian muy provechosos. Un hecho importante a considerar es que la zona donde se ubican las aulas es un lugar donde la mayor parte del tiempo la temperatura es elevada y la humedad significativa. Si a esto le agregamos que las aulas siempre están ocupadas por los alumnos sin falta prácticamente todos los días del año estos son factores determinantes en lugares como este. Dado que la comodidad de los alumnos es siempre importante para tener de ellos la mayor atención posible y con ello un mayor desarrollo intelectual y social por parte del alumnado, la comodidad e higiene juegan un papel muy decisivo en este tema, considerando la edad de los alumnos que fluctúa entre 12-16 años, que es la edad donde los jóvenes empiezan a tener conciencia de lo que pueden y quieren que sea su vida, pues centrarlos en temas que le sean de interés es muy importante y si no se cuenta con herramientas tales como un espacio limpio y agradable, no se les instruirá adecuadamente en el futuro.

Para poder llevar a una edificación a condiciones agradables es necesario contar con equipos de aire acondicionado, con lo que se deben de realizar estudios específicos de los espacios que se deseen acondicionar, para tales estudios se tienen memorias de calculo y éstas nos llevaran a los resultados para poder así conocer la cantidad y tamaño de estos equipos.

3 OBJETIVOS

- Conocer las cantidades de calor que se generan en las edificaciones de la secundaria técnica No. 64 es de primer interés ya que de esto parten los cálculos para los siguientes puntos.
- Otro punto después de la cantidad de calor que se generan en las edificaciones es elegir el equipo para las aulas que así sea prudente su elección.
- Luego un punto después de la selección del equipo es el diseño y calculo de los ductos de inyección y retorno para el espacio acondicionado donde será propuesto el equipo.
- Por ultimo la cantidad de lámina que se necesitará para los ductos de inyección y retorno.

4 CARACTERISTICAS DEL AREA EN QUE SE PARTICIPO

La Escuela Secundaria Técnica No. 64 está ubicada en Calzada Guerrero Km. 1.3 de la Carretera Juan Crispín-La Chacona.

Esta ubicación pertenece a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez que se ubica en dieciséis grados con cuarenta y cinco minutos latitud Norte y noventa y tres grados con siete minutos latitud Oriente.

Como toda institución educativa, la formación de los estudiantes es de gran interés para la población en general y para el gobierno, por lo que dicha escuela proporciona los medios para el desarrollo intelectual del alumno y los parámetros iniciales para desarrollarse en la vida.

Las actividades generales que se llevan a cabo en esta escuela son las siguientes:

Brindar educación a los alumnos inscritos

Formar alumnos académica e intelectualmente

Orientar a los alumnos para ser buenas personas

5 PROBLEMA A RESOLVER

El problema a resolver es el de climatizar por medio de equipos de aire acondicionado los edificios 1 y 2 de la escuela secundaria técnica No. 64, esto se lograra realizando un estudio de las condiciones de generación de calor que se presentan en las edificaciones y luego en base a estos datos se elegirá el equipo que mejor se ajuste.

6 ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance de este proyecto esta en acondicionar los edificios 1 y 2 de la escuela secundaria técnica No. 64, dado que los edificios 1 y 2 son de igual características, teniendo los cálculos y la capacidad del equipo para el edificio 1 se podrá tener también los datos del edificio 2.

La única limitante es que todo el análisis solo será para los edificios 1 y 2, con lo que solo se realizara el diseño de ductos para una parte de la escuela y no será así para toda ella.

7 FUNDAMENTO TEORICO

7.1 ANTECEDENTES

Orígenes del aire acondicionado:

- a) Se puede decir que la climatización nace en la prehistoria con el hombre de las cavernas cuando descubre el fuego y lo utiliza para agregar calor a estas.
- b) También los romanos hicieron los primeros intentos en los diseños de climatización con sistemas de calefacción y ventilación por debajo del suelo.
- c) Leonardo Da Vinci construyó un artefacto para ventilación a fines del siglo XV y Robert Boyle enunció su famosa ley en 1659.
- d) En 1755 el Dr. Escocés William Cullen hizo un vacío en un recipiente con agua para obtener hielo.
- e) La historia de la refrigeración pre-mecánica en lo relativo a la producción y almacenamiento de frío se extiende a la utilización de la nieve o al hielo de los lagos. Estos combinados con algunas mezclas como la sal lograban baños refrigerantes utilizados para la conservación de carnes y pescado.
- f) Algunas de estas mezclas como el cloruro de calcio y nieve se aplicaron para fines comerciales, haciendo posible lograr temperaturas de hasta $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- g) La invención de la refrigeración por compresión que es el método más común en la obtención de frío artificial se debe a Jacob Perkins en 1834 cuando obtuvo una patente por una máquina de fabricar hielo en ciclo cerrado. Perkins especifica en su patente la utilización de éter y otros elementos como fluidos refrigerantes.
- h) En el año 1850 el profesor Alexander Twining de la ciudad de Connecticut, en los Estados Unidos recogiendo las ideas de Perkins comenzó a proyectar y construir plantas de fabricación de hielo, usando éter etílico como refrigerante.
- i) Como podemos ver todos los esfuerzos apuntaban a la fabricación de hielo para conservación y a la industria cervecera hasta fines del siglo XIX.

Willis Haviland Carrier puede considerarse como el iniciador de la técnica de tratamiento de aire para aplicaciones de climatización. Quien durante su brillante carrera contribuyó en más de una forma al avance de esta industria. En 1911 presentó un trabajo sobre las propiedades del aire, las cuales fueron las bases para la primera carta psicométrica que llegó a ser la autoridad para todos los cálculos fundamentales del aire acondicionado. Hoy Carrier es una de las empresas más grandes de climatización del mundo, desarrollando una gama innumerable de equipos y controles electrónicos, y fabricas en todo el mundo.

7.2 DEFINICION DE CLIMATIZACION

Los términos climatización, acondicionamiento térmico y control ambiental son sinónimos, son expresiones que se aplican a lo mismo, pero difieren en su origen, unos utilizados en Europa y otros en los Estados Unidos. Es importante mencionar que la expresión más utilizada pero incorrecta es Aire acondicionado, que se emplea normalmente para citar todos estos conceptos, pero esta tiene errores semánticos.

El acondicionamiento de aire es un proceso de tratamiento que controla el ambiente interior de una vivienda o local: en verano mediante la refrigeración y en invierno con la calefacción. Cuando se cubren ambos servicios se habla de climatización.

Los acondicionadores de aire pueden pertenecer a dos familias básicas:

- ❖ Sólo frío, cuando únicamente proporcionan refrigeración (conocidos como aparatos de aire acondicionado).
- ❖ Bomba de calor, cuando además de refrigeración proporcionan calefacción.

7.3 IMPORTANCIA DEL AIRE ACONDICIONADO

Para conseguir una sensación de bienestar hay que tener en cuenta la humedad del aire, su temperatura, velocidad, etc. El aire contiene un 0.03% de CO₂, que al ser respirado por el organismo humano sale a 37 °C con un 4% de CO₂. Asimismo, el ser humano en reposo absorbe 25 litros de O₂ por hora, equivalentes a 400 litros de aire por hora, consumo que crece con la actividad.

El aire de una habitación cerrada se llega a enrarecer por la presencia de un 2% de CO₂ llevando a la gente a un estado de excitación; para un 3 % de CO₂ se llega a un estado de depresión general que puede llegar al desfallecimiento.

En ambientes habitacionales, no industriales, se considera como índice de habitabilidad un porcentaje de CO₂, que es fácil de medir y que da una idea bastante exacta de la pureza del ambiente; el límite máximo admisible es de 0.1%, llegándose a admitir en situaciones excepcionales, (refugios), porcentajes de hasta un 3 %. El cuerpo humano goza de un sistema regulador de su temperatura, que es de 37 °C, pudiendo vivir en ambientes cuyas temperaturas oscilan entre -70 °C y +50 °C.

La temperatura varía de una a otra parte del cuerpo, consiguiéndose este equilibrio mediante un consumo de energía interior y de aislamiento con vestidos. La temperatura ambiente más agradable al cuerpo humano, con respecto a una situación de actividad nula, es del orden de 20 °C. Respecto a la respiración, la temperatura ideal del aire oscila entre 15 °C y 18 °C.

El ser humano elimina al exterior calor y humedad por medio de la respiración y la transpiración, cuestiones a tener en cuenta a la hora de proyectar una instalación. La cantidad total de calor que elimina el cuerpo humano en forma de calor sensible (radiación y convección), y calor latente (transpiración), viene repartido en la siguiente forma: el agua eliminada por una persona en reposo, a 22 °C de temperatura ambiental, y con una humedad relativa comprendida entre un 30% y un 70%, es de 50 g/h. El calor sensible que una persona elimina al exterior, a una temperatura media de 18 °C, se compone de 35 Kcal. /h por radiación y 25 Kcal. /h por convección.

7.4 AIRE ACONDICIONADO PARA CONFORT

El ser humano estará confortable bajo una serie de combinaciones de temperatura y humedad. La mayoría de la gente está confortable en una atmósfera con una humedad relativa entre 30% y 70%, y a una temperatura entre 21 °C y 29 °C.

La razón por la cual existe la industria del acondicionamiento del aire (refrigeración, ventilación y calefacción), es porque la naturaleza no siempre proporciona las condiciones ideales anteriores.

Un sistema de aire acondicionado, debe modificar las condiciones existentes, utilizando diferentes procesos para lograr las condiciones deseadas. Estos procesos pueden moldearse sobre la carta psicrométrica.

En el interior, es posible controlar completamente los factores que determinan el confort en un espacio encerrado. Estos factores son:

- Temperatura.
- Humedad.
- Movimiento del aire.
- Limpieza.

El movimiento de aire es otro factor en consideración para las condiciones de confort, basada en un movimiento del aire con velocidad de 15 a 25 pies/min.

La temperatura efectiva cae bruscamente cuando se incrementa la velocidad. Esto parecería deseable para aire acondicionado de verano, pero este aire se introduce usualmente de 15 a 20 °C, bajo las condiciones del cuarto; si la velocidad se aproxima a 100 pies/min, se notarían ráfagas frías. Los sistemas forzados de calefacción con aire, están sujetos a ráfagas, particularmente cuando se enciende el ventilador.

Parece que la piel reacciona más rápidamente a las corrientes de aire tibio y una buena regla general es no exceder una velocidad de 50 pies/min en la zona de comodidad.

Recientes discusiones sugieren limitar la velocidad para todo el año a 70 pies/min.

Debe evitarse la poca circulación de aire, ya que la gente tiende a sentirse "encerrada". Esta puede ser una desventaja de los sistemas de calefacción sin ductos que dependen de la circulación por gravedad y no tienen métodos de filtración. La situación se hace aún más crítica cuando la estructura es bien aislada y la infiltración del aire exterior es muy poca.

Limpieza y ventilación, son las dos últimas necesidades para el tratamiento apropiado del aire; están estrechamente relacionadas y trabajan una con la otra. Respiramos 36 libras de aire por día, comemos 3.8 libras de alimentos y bebemos 4.3 libras de agua. El aire libre es importante para la salud y la comodidad. El aire ordinario está contaminado con impurezas tales como polvos, polen, humo, vapores y productos químicos.

La eficiencia de filtración depende del tipo de sistema. Algunas tienen la capacidad de remover más del 95% de impurezas. Sin embargo, aún con el filtro más fino, se requiere un buen porcentaje de aire fresco para eliminar esa sensación de aire muerto y también diluir olores y suplir oxígeno para respirar.

Existen varios métodos para la limpieza del aire, cada uno de ellos tiene distinta eficiencia y costo, por ello son utilizados en diversos procesos:

- Filtros secos
- Filtros húmedos
- Filtros viscosos
- Ciclónicos
- Electrostáticos

7.5 COMPOSICION DEL AIRE

El aire es una mezcla de gases, que cuando está seco tiene la siguiente composición:

Nombre	Símbolo Químico	% es Peso	% en Volumen
Nitrógeno	N ₂	75.47	78.03
Oxígeno	O ₂	23.19	20.99
Bióxido de carbono	CO ₂	0.04	0.03
Hidrogeno	H ₂	0.00	0.01
Gases raros	----	1.30	0.94

Tabla 7.1. Composición del aire seco

En áreas congestionadas o industriales, también puede haber gases conteniendo azufre, carbono, plomo y ciertos ácidos.

Cada uno de estos gases que componen el aire, se comporta de acuerdo a la ley de Dalton. Brevemente, esta ley nos dice que una mezcla de dos o más gases, pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo, y que cada uno actúa independientemente de los demás, como si los otros no estuvieran allí. Esto es, si un cuarto está completamente lleno de aire, también está lleno de oxígeno, nitrógeno, vapor de agua, etc., cada uno independiente del otro.

Otro constituyente importante del aire es el vapor de agua. Este vapor generalmente se tiene como vapor sobrecalentado como un gas invisible. Sin embargo, cuando el aire es enfriado a cierta temperatura (el llamado punto de rocío), el vapor de agua contenido en el aire empieza a condensarse y puede ser visible como neblina o llovizna, o como cuando se tiene condensación en una superficie fría (rocío). El contenido de vapor de agua que puede contener la atmósfera, se incrementará grandemente cuando la temperatura aumenta. A cualquier temperatura dada, la cantidad de vapor de agua puede variar prácticamente desde cero hasta la cantidad máxima que corresponda a dicha temperatura. La cantidad máxima de vapor de agua que puede estar contenida en un espacio de un pie cúbico, depende de la

temperatura, siendo independiente del peso y de la presión del aire que simultáneamente se tenga en el mismo espacio.

La cantidad máxima de vapor de agua ocurrirá cuando el espacio está saturado, esto es, para cuando se consiga tener un equilibrio de la relación presión-temperatura.

Si para estas condiciones se atomizara agua en el espacio a la temperatura de saturación, esta permanecería como tal, posiblemente en forma de llovizna o niebla, pero no se incrementaría el contenido de vapor de agua en el espacio. Más aun, si se enfriara el aire saturado a su grado mínimo, sería posible que se tuviera un aumento en la humedad del aire y el exceso de condensado se tendría en forma de neblina o rocío. La presión de saturación será menor para un aire saturado de menor temperatura.

7.6 PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DEL AIRE

1) Temperatura de bulbo seco (TBS)

Es la temperatura medida en un termómetro ordinario.

2) Temperatura de bulbo húmedo (TBH)

Es la temperatura que resulta de la evaporación del agua, en una gasa húmeda, colocada sobre un termómetro común.

Esta evaporación está en función de la capacidad que tenga el aire para absorber esta humedad, debido a esto, el termómetro registrará un valor menor a la temperatura de bulbo seco. Cuando este termómetro es movido por un espacio que contiene aire saturado, no habrá evaporación del agua y tampoco habrá lecturas menores. Entonces, cuando ambas lecturas son iguales se dice que el aire está saturado.

3) Temperatura del punto de rocío (TP_{ROCIO})

Es la temperatura de saturación, a la cual tiene lugar la condensación del vapor de agua contenido en el aire atmosférico. Un ejemplo, es la humedad sobre un vaso de agua con hielo. El vidrio frío reduce la temperatura del aire por debajo de su punto de rocío y la humedad que se condensa forma gotas sobre la superficie del vidrio.

4) Humedad específica (W_s)

Es la masa real de vapor de agua en el aire seco, expresada en granos de vapor o libras de vapor por libras de aire seco.

5) Humedad relativa (ϕ)

Es la relación del vapor de agua real en el aire, comparado a la máxima cantidad que estaría presente a la misma temperatura, expresada como un porcentaje (%).

6) Volumen específico (v)

Es el volumen que ocupa una libra-masa de mezcla aire-vapor de agua, en ft^3/lbm .

7) Calor sensible (Q_s)

Es la cantidad de calor necesaria para incrementar la temperatura de bulbo seco del aire. Dado generalmente en (Btu/lbm).

8) Calor latente (Q_L)

Es el calor requerido para evaporar la humedad contenida en el aire. Esta evaporación ocurre a temperatura constante.

8 PROCEDIMIENTO

8.1 CONDICIONES DEL PROYECTO

Se considera que la altura a la cual se encuentra el emplazamiento es la de 536 m S.N.M., y que las temperaturas promedio son obtenidas de la tabla 8.1.

Parámetros climáticos promedio de Tuxtla Gutiérrez [ocultar] [ocultar]													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima registrada (°C)	37	40	42	44	42	41	37	36	39	37	38	37	39
Temperatura diaria máxima (°C)	29	31	34	36	36	33	32	32	31	31	31	30	35
Temperatura diaria mínima (°C)	15	16	18	20	22	21	20	20	20	19	18	16	18
Temperatura mínima registrada (°C)	7	9	10	11	15	17	14	17	10	13	10	9	11
Precipitación total (mm)	0.8	2.7	3.5	13	80	208	161	191	193	45	17	3.2	921

Fuente: ² 19 de septiembre del 2008

Tabla 8.1. Parámetros climáticos promedio de Tuxtla Gutiérrez. Servicio Meteorológico Nacional. Consultado el 19 de septiembre de 2008

En la Tabla 8.1, se aprecia que la temperatura máxima anual es de 35° C y se considera que las aulas estarán a una temperatura promedio de 22° C.

El horario para realizar los cálculos de carga térmica en las aulas fue en el horario de 14:00 a 17:00 horas de la tarde, ya que se considera que en este horario es cuando los rayos del sol tienen mayor influjo sobre las edificaciones.

Las condiciones del aire atmosférico se tomarán de tablas.

8.2 DATOS NECESARIOS

El procedimiento se llevará a cabo utilizando tablas y factores para desarrollar las partidas de cálculos que se presentan en el apartado de resultados, planos y graficas.

Datos necesarios:

Los datos que a continuación se presentan, serán utilizados en todo el desarrollo del proyecto y se mencionan al comienzo de los cálculos para que no sean expuestos a cada momento.

Horario 14:00-17:00 horas

Temperatura exterior: 95 °F

Temperatura interior: 72 °F

Diferencial de temperatura 23 °F

Altura de Tuxtla Gutiérrez: 536 m Sobre el Nivel del Mar

Humedad relativa: 50 %

Utilizando el programa *Engineering Equation Solver* que es proporcionado en el libro de textos: *Termodinámica de Cengel – 5ª edición*, editado por la Mc Graw Hill, se obtienen los siguientes parámetros que serán utilizados durante el cálculo:

$\Delta W_s = 57.04$ granos de humedad por libra de aire seco.

$$v_{\text{exterior}} = 13.54 \frac{\text{ft}^3}{\text{lbm}}$$

Además, se calculan previamente algunos parámetros que serán utilizados también en los diversos cálculos de la carga térmica de los diferentes espacios. Estos valores son obtenidos de las tablas 1 y 2 respectivamente, mostradas en el anexo 1 de este trabajo:

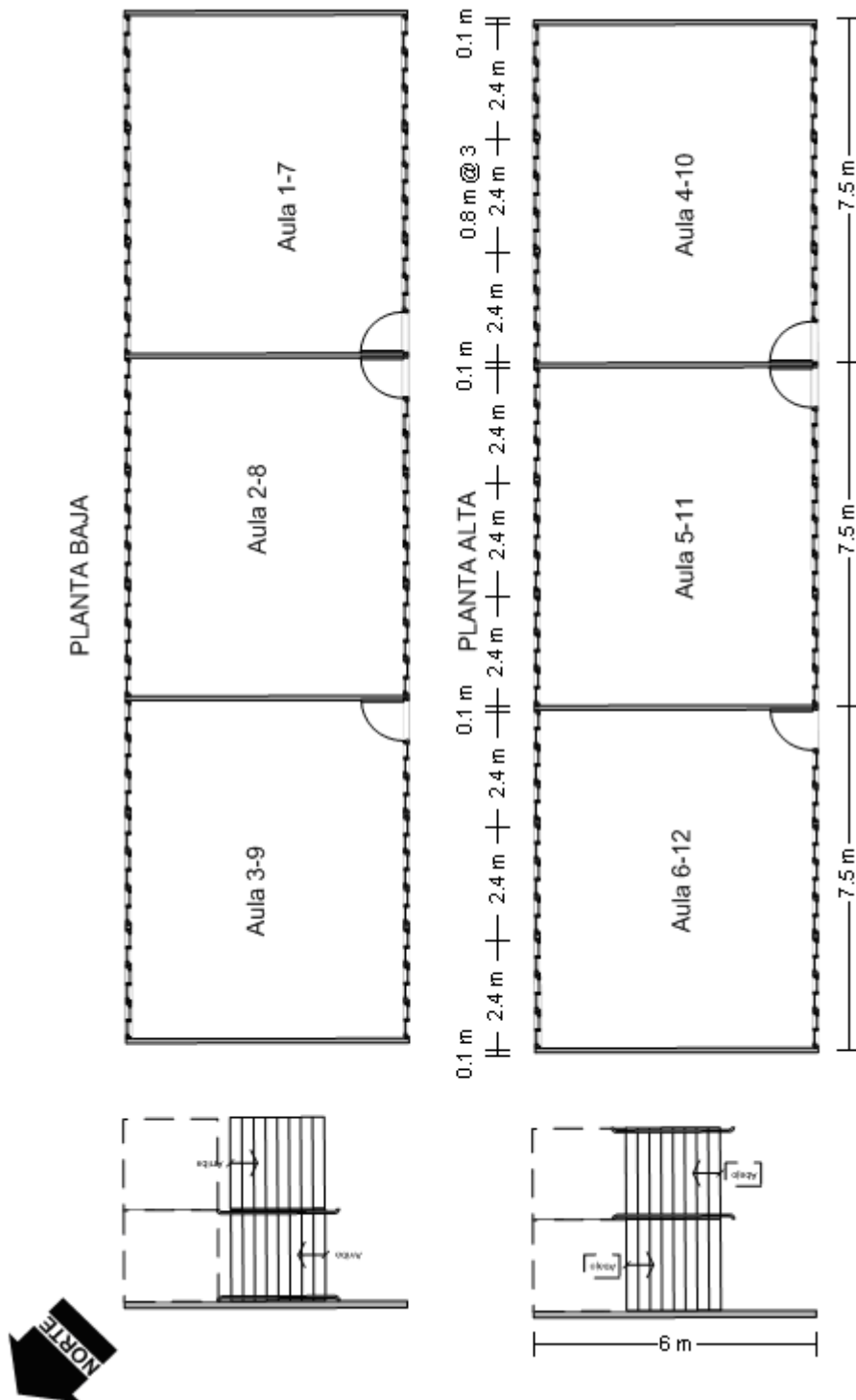
$$F_s = 1.0064$$

$$C_p = 0.2404 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}^\circ\text{F}}$$

Finalmente, para un diferencial de temperatura arriba de 23 °F, se le agregará un factor de ajuste de 16 a algunos factores que lo requieran.

9 RESULTADOS, PLANOS Y GRAFICOS

9.1 CÁLCULOS DE LAS CARGAS TÉRMICAS PARA EL EDIFICIO 1-2



Plano 9.1. Vista superior del edificio 1 y 2 de la escuela secundaria # 64

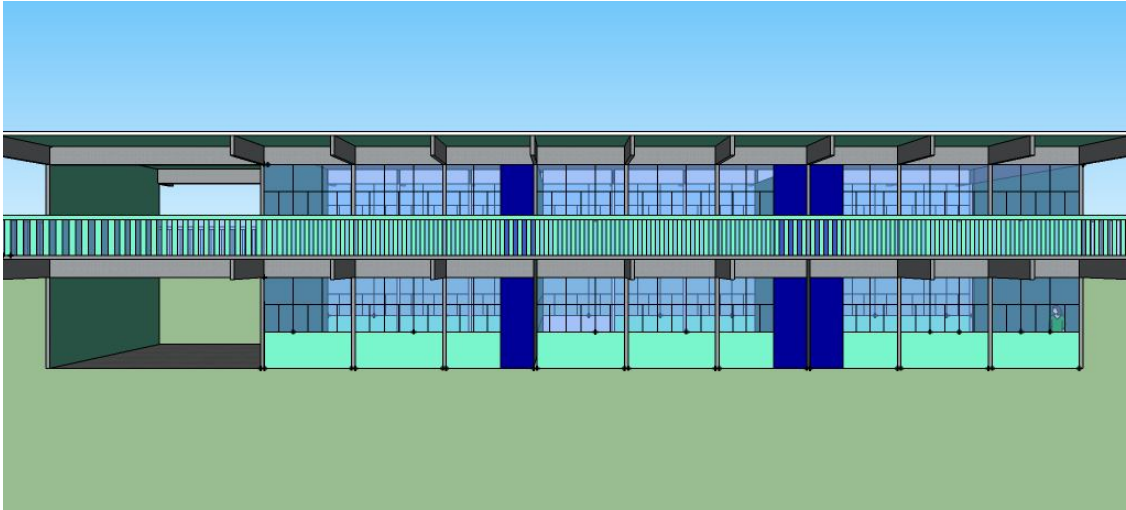


Figura 9.1. Vista frontal del edificio 1-2 de la escuela secundaria # 64

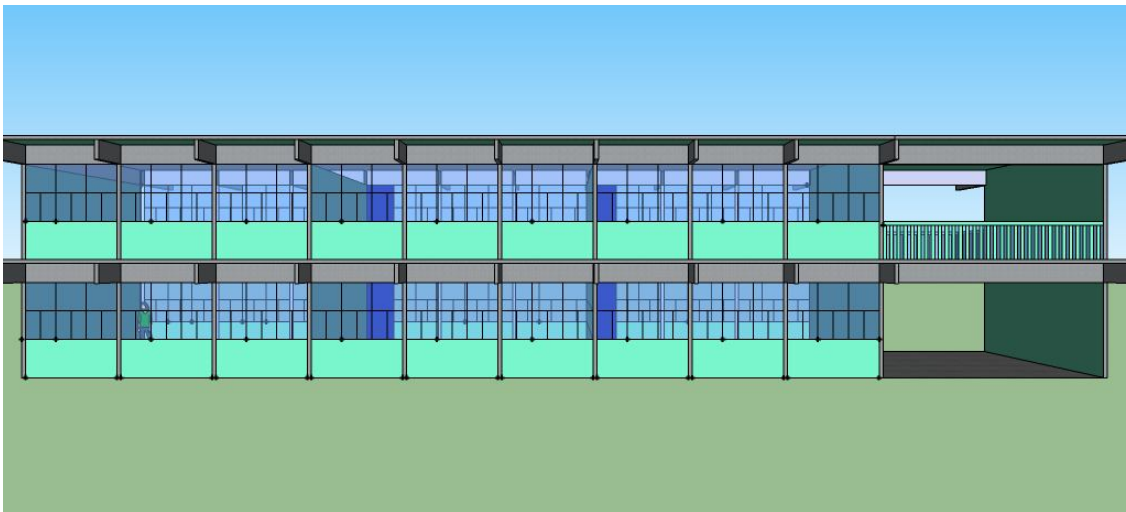


Figura 9.2. Vista anterior del edificio 1-2 de la escuela secundaria # 64

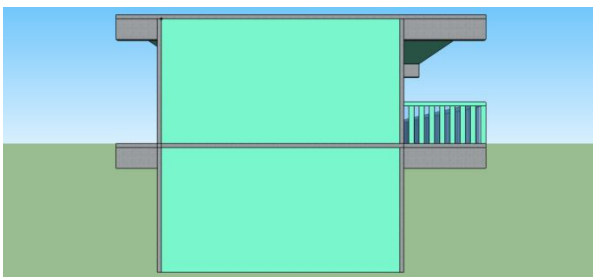


Figura 9.3. Vista lateral derecha del edificio
1-2 de la escuela secundaria # 64

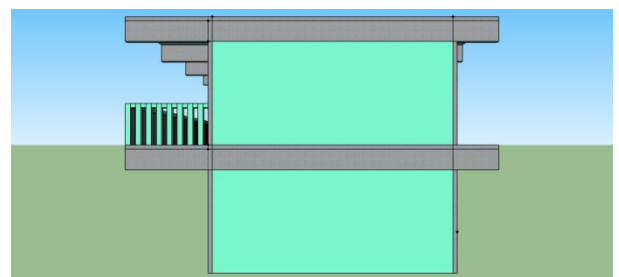


Figura 9.4. Vista lateral izquierda del edificio
1-2 de la escuela secundaria #64

El edificio 1-2 se refiere a dos edificios de las mismas características como se representa en el croquis general de la escuela y por lo tanto esto simplifica los cálculos para estas.

El edificio 1-2 cuenta con 2 plantas y 6 aulas que están representadas en el plano 9.1 por la notación siguiente:

- ✚ Aula 1-7
- ✚ Aula 2-8
- ✚ Aula 3-9
- ✚ Aula 4-10
- ✚ Aula 5-11
- ✚ Aula 6-12

A. Cálculo de la carga térmica del aula 1-7

Esta aula cuenta con las siguientes características:

- Pared exterior de construcción ligera sin aislamiento.
Las paredes son de las dimensiones siguientes:
6 m x 3 m (SE),
7.5 m x 3 m (NE y SO)
- Pared interior de construcción ligera entre un espacio acondicionado.
La dimensión es de 6 m x 3 m (NO)
- Ventanas vidrio claro
Se cuenta con ventanas de las siguientes dimensiones:
3 ventanas de 2.4 m x 1.5 m (NE),
1 ventana de 1.6 m x 1.5 m (SO), y
2 de 2.4 m x 1.5 m (SO)
- Techo debajo de un espacio acondicionado
6 m x 7.5 m
- Piso firme sobre la tierra
6 m x 7.5 m
- 42 personas como máximo sentados en reposo
- Aparatos: 9 lámparas de 45 watts y un televisor de 65 watts.
- Considerando 15 PCM por cada persona (Oficinas generales - tabla 3)

	DIRECCIÓN	CANTIDAD [m ²]	FACTOR	CALOR [Btu/h]
PARED EXTERIOR	SE	18	55+16	1 278
(Factores - tabla 4)	NE	11.7	55+16	830.7
	SO	12.9	110+16	1 625.4
PARED INTERIOR	NO	18	0+16	288
(Factores - tabla 4)				
VENTANAS	NE	10.8	380+80	4 968
(Factores - tabla 5)	SO	9.6	1260+80	12 864
TECHO		45	0+16	720
(Factores - tabla 6)				
PISO		45	0	0
(Factores - tabla 7)				
PARED EXTERIOR				
AIRE EXTERIOR SENSIBLE				14 582.736
CALOR SENSIBLE GENERADO POR PERSONAS				7 560
CALOR SENSIBLE GENERADO POR APARATOS				1 945.095
CALOR SENSIBLE TOTAL				46 661.931
AIRE EXTERIOR LATENTE				25 154.64
CALOR LATENTE GENERADO POR PERSONAS				6 300
CALOR LATENTE GENERADO POR APARATOS				0
CALOR LATENTE TOTAL				31 454.64
CALOR TOTAL				78 116.571

Cálculo del calor sensible y latente del aire

Ventilación

$$\begin{array}{rclclcl}
 \text{No de personas} & \times & \text{PCM por persona} & = & \text{PCM totales} & \\
 \hline
 42 & \times & 15 & = & 630 & \text{PCM} \\
 \hline
 \end{array}$$

Infiltración

$$\begin{array}{rclclcl}
 \text{Volumen Total (m}^3\text{)} & \times & 0.6 & = & & \\
 \hline
 135 & \times & 0.6 & = & 81 & \text{PCM} \\
 \hline
 + & & & & & \\
 \text{Extracción (Volumen en ft}^3\text{ x No de renovación por minuto)} & = & & & 0 & \text{PCM} \\
 & & & & \hline
 \text{Total} & = & & & 81 & \text{PCM} \\
 & & & & \hline
 \end{array}$$

Nota: Se utiliza el valor más grande obtenido arriba para el cálculo de calor sensible y calor latente.

Calor sensible exterior:

$$\begin{array}{rclclcl}
 \text{PCM total} & \times & f s & \times & \Delta T (\text{°F}) & = & Q_s \\
 \hline
 630 & \times & 1.0064 & \times & 23 & = & 14\,582.736 \text{ Btu/h} \\
 \hline
 \end{array}$$

Calor latente exterior:

$$\begin{array}{rclclcl}
 \text{PCM total} & \times & 0.7 & \times & \Delta W_s \text{ (Granos de vapor/Lbm de a.s.)} & = & Q_L \\
 \hline
 630 & \times & 0.7 & \times & 57.04 & = & 25\,154.64 \text{ Btu/h} \\
 \hline
 \end{array}$$

Cálculo de calor sensible y latente que generan las personas [Btu/h]

(Factores - tabla 8)

Actividad	Cantidad	Factor	Q_s	Factor	Q_L
Sentados en reposo	42	180	7 560	150	6 300
			7 560		6 300

Cálculo de calor sensible y latente que generan los aparatos [Btu/h]

(Factores - tabla 9)

Lámparas y Aparatos	Cantidad	Factor	Q_s	Factor	Q_L
9 amparas	405	4.25	1 721.25	0	0
Televisor	65	3.413	221.845	0	0
			1 945.095		0

Para los cálculos sucesivos, las cantidades de calor que se generan por el número de personas y los aparatos contenidos en las aulas son las mismas. Entonces, el calor sensible y latente tanto del aire exterior, el generado por las personas y el que generan los aparatos son iguales. Se procede a tomar estas cantidades para los demás cálculos.

B. Cálculo de la carga térmica del aula 2-8

- Pared exterior de construcción ligera sin aislamiento
La pared tiene las siguientes dimensiones:
7.5 m x 3 m (NE y SO)
- Pared interior de construcción ligera entre un espacio acondicionado
Las dimensiones son de 6 m x 3 m (NO y SE)
- Ventanas vidrio claro
Se cuenta con ventanas de las siguientes dimensiones:
3 ventanas de 2.4 m x 1.5 m (NE)
1 ventana de 1.6 m x 1.5 m (SO), y
2 ventanas de 2.4 m x 1.5 m (SO)
- Techo debajo de un espacio acondicionado
6 m x 7.5 m
- Piso firme sobre la tierra
6 m x 7.5 m
- 42 personas como máximo sentados en reposo
- Aparatos: 9 lámparas de 45 watts y un televisor de 65 W
- Considerando 15 PCM por cada persona (Oficinas generales - tabla 5)

	DIRECCIÓN	CANTIDAD [m ²]	FACTOR	CALOR [Btu/h]
PARED EXTERIOR	NE	11.7	55+16	830.7
(Factores - tabla 4)	SO	12.9	110+16	1 625.4
PARED INTERIOR	NO	18	0+16	288
(Factores - tabla 4)	SE	18	0+16	288
VENTANAS	NE	10.8	380+80	4 968
(Factores - tabla 5)	SO	9.6	1260+80	12 864
TECHO		45	0+16	720
(Factores - tabla 6)		45	0	0
PISO6				
(Factores - tabla 7)				
AIRE EXTERIOR SENSIBLE				14 582.736
CALOR SENSIBLE GENERADO POR PERSONAS				7 560
CALOR SENSIBLE GENERADO POR APARATOS				1 945.095
CALOR SENSIBLE TOTAL				45 671.931
AIRE EXTERIOR LATENTE				25 154.64
CALOR LATENTE GENERADO POR PERSONAS				6 300
CALOR LATENTE GENERADO POR APARATOS				0
CALOR LATENTE TOTAL				31 454.64
CALOR TOTAL				77 126.571

C. Cálculo de la carga térmica del aula 3-9

Esta aula tiene las siguientes características:

- Pared exterior de construcción ligera sin aislamiento
La pared tiene las siguientes dimensiones:
7.5 m x 3 m (NE y SO)
6 m x 3m (NO)
- Pared interior de construcción ligera entre un espacio acondicionado
Las dimensiones son de 6 m x 3 m (SE)
- Ventanas vidrio claro
Se cuenta con ventanas de las siguientes dimensiones:
3 ventanas de 2.4 m x 1.5 m (NE)
1 ventana de 1.6 m x 1.5 m (SO), y
2 ventanas de 2.4 m x 1.5 m (SO)
- Techo debajo de un espacio acondicionado
6 m x 7.5 m
- Piso firme sobre la tierra
6 m x 7.5 m
- 42 personas como máximo sentados en reposo
- Aparatos: 9 lámparas de 45 watts y un televisor de 65 W
- Considerando 15 PCM para oficinas generales (tabla 5)

	DIRECCIÓN	CANTIDAD [m ²]	FACTOR	CALOR [Btu/h]
PARED EXTERIOR	NE	11.7	55+16	830.7
(Factores - tabla 4)	SO	12.9	110+16	1 625.4
	NO	18	110+16	2 268
PARED INTERIOR	SE	18	0+16	288
(Factores - tabla 4)				
VENTANAS	NE	10.8	380+80	4 968
(Factores - tabla 5)	SO	9.6	1260+80	12 864
TECHO		45	0+16	720
(Factores - tabla 6)		45	0	0
PISO				
(Factores - tabla 7)				
AIRE EXTERIOR SENSIBLE				14 582.736
CALOR SENSIBLE GENERADO POR PERSONAS				7 560
CALOR SENSIBLE GENERADO POR APARATOS				1 945.095
CALOR SENSIBLE TOTAL				47 651.931
AIRE EXTERIOR LATENTE				25 154.64
CALOR LATENTE GENERADO POR PERSONAS				6 300
CALOR LATENTE GENERADO POR APARATOS				0
CALOR LATENTE TOTAL				31 454.64
CALOR TOTAL				79 106.571

D. Cálculo de la carga térmica del aula 4-10

Esta aula cuenta con las siguientes características:

- Pared exterior de construcción ligera sin aislamiento
La pared tiene las siguientes dimensiones:
7.5 m x 3 m (NE y SO)
6 m x 3 m (SE)
- Pared interior de construcción ligera entre un espacio acondicionado
Las dimensiones son de 6 m x 3 m (NO)
- Ventanas vidrio claro
Se cuenta con ventanas de las siguientes dimensiones:
3 ventanas de 2.4 m x 1.5 m (NE)
1 ventana de 1.6 m x 1.5 m (SO), y
2 ventanas de 2.4 m x 1.5 m (SO)
- Techo solo sin aislamiento
6 m x 7.5 m
- Piso firme sobre la tierra
6 m x 7.5 m
- 42 personas como máximo sentados en reposo
- Aparatos: 9 lámparas de 45 watts y un televisor de 65 W
- Considerando 15 PCM para oficinas generales (tabla 5)

	DIRECCIÓN	CANTIDAD [m ²]	FACTOR	CALOR [Btu/h]
PARED EXTERIOR	NE	11.7	55+16	830.7
(Factores - Tabla 4)	SO	12.9	110+16	1 625.4
	SE	18	55+16	1 278
PARED INTERIOR	NO	18	0+16	288
(Factores - Tabla 4)				
VENTANAS	NE	10.8	380+80	4 968
(Factores - Tabla 5)	SO	9.6	1260+80	12 864
TECHO		45	180+16	8 820
(Factores - Tabla 6)		45	0	0
PISO				
(Factores - Tabla 7)				
AIRE EXTERIOR SENSIBLE				14 582.736
CALOR SENSIBLE GENERADO POR PERSONAS				7 560
CALOR SENSIBLE GENERADO POR APARATOS				1 945.095
CALOR SENSIBLE TOTAL				54 761.931
AIRE EXTERIOR LATENTE				25 154.64
CALOR LATENTE GENERADO POR PERSONAS				6 300
CALOR LATENTE GENERADO POR APARATOS				0
CALOR LATENTE TOTAL				31 454.64
CALOR TOTAL				86 216.571

E. Cálculo de la carga térmica del aula 5-11

Esta aula cuenta con las siguientes características:

- Pared exterior de construcción ligera sin aislamiento
La pared tiene las siguientes dimensiones:
7.5 m x 3 m (NE y SO)
- Pared interior de construcción ligera entre un espacio acondicionado
Las dimensiones son de 6 m x 3 m (NO y SE)
- Ventanas vidrio claro
Se cuenta con ventanas de las siguientes dimensiones:
3 ventanas de 2.4 m x 1.5 m (NE)
1 ventana de 1.6 m x 1.5 m (SO), y
2 ventanas de 2.4 m x 1.5 m (SO)
- Techo solo sin aislamiento
6 m x 7.5 m
- Piso firme sobre la tierra
6 m x 7.5 m
- 42 personas como máximo sentados en reposo
- Aparatos: 9 lámparas de 45 watts y un televisor de 65 W
- Considerando 15 PCM por persona (Oficinas generales - tabla 5)

	DIRECCIÓN	CANTIDAD [m ²]	FACTOR	CALOR [Btu/h]
PARED EXTERIOR	NE	11.7	55+16	830.7
(Factores - Tabla 4)	SO	12.9	110+16	1 625.4
PARED INTERIOR	NO	18	0+16	288
(Factores - Tabla 4)	SE	18	0+16	288
VENTANAS	NE	10.8	380+80	4 968
(Factores - Tabla 5)	SO	9.6	1260+80	12 864
TECHO		45	180+16	8 820
(Factores - Tabla 6)		45	0	0
PISO				
(Factores - Tabla 7)				
AIRE EXTERIOR SENSIBLE				14 582.736
CALOR SENSIBLE GENERADO POR PERSONAS				7 560
CALOR SENSIBLE GENERADO POR APARATOS				1 945.095
CALOR SENSIBLE TOTAL				53 771.931
AIRE EXTERIOR LATENTE				25 154.64
CALOR LATENTE GENERADO POR PERSONAS				6 300
CALOR LATENTE GENERADO POR APARATOS				0
CALOR LATENTE TOTAL				31 454.64
CALOR TOTAL				85 226.571

F. Cálculo de la carga térmica del aula 6-12

Esta aula cuenta con las siguientes características:

- Pared exterior de construcción ligera sin aislamiento
La pared tiene las siguientes dimensiones:
7.5 m x 3 m (NE y SO)
6 m x 3 m (NO)
- Pared interior de construcción ligera entre un espacio acondicionado
Las dimensiones son de 6 m x 3 m (SE)
- Ventanas vidrio claro
Se cuenta con ventanas de las siguientes dimensiones:
3 ventanas de 2.4 m x 1.5 m (NE)
1 ventana de 1.6 m x 1.5 m (SO), y
2 ventanas de 2.4 m x 1.5 m (SO)
- Techo solo sin aislamiento
6 m x 7.5 m
- Piso firme sobre la tierra
6 m x 7.5 m
- 42 personas como máximo sentados en reposo
- Aparatos: 9 lámparas de 45 watts y un televisor de 65 W
- Considerando 15 PCM para oficinas generales (tabla 5)

	DIRECCIÓN	CANTIDAD [m ²]	FACTOR	CALOR [Btu/h]
PARED EXTERIOR	NE	11.7	55+16	830.7
(Factores - tabla 4)	SO	12.9	110+16	1 625.4
	NO	18	110+16	2 268
PARED INTERIOR	SE	18	0+16	288
(Factores - tabla 4)				
VENTANAS	NE	10.8	380+80	4 968
(Factores - tabla 5)	SO	9.6	1260+80	12 864
TECHO		45	180+16	8 820
(Factores - tabla 6)		45	0	0
PISO				
(Factores - tabla 7)				
AIRE EXTERIOR SENSIBLE				14 582.736
CALOR SENSIBLE GENERADO POR PERSONAS				7 560
CALOR SENSIBLE GENERADO POR APARATOS				1 945.095
CALOR SENSIBLE TOTAL				54 291.931
AIRE EXTERIOR LATENTE				25 154.64
CALOR LATENTE GENERADO POR PERSONAS				6 300
CALOR LATENTE GENERADO POR APARATOS				0
CALOR LATENTE TOTAL				31 454.64
CALOR TOTAL				85 746.571

Haciendo un resumen, se presentan los resultados obtenidos del cálculo de las cantidades de aire que se debe suministrar y la carga térmica en toneladas de refrigeración para cada aula.

El flujo volumétrico de aire que se debe suministrar a cada espacio, se calcula a partir de la ecuación:

$$\bar{Q} = \frac{v_{exterior} * Q_s * h / 60 \text{ min}}{C_p * \Delta T} \quad (9.1)$$

La planta baja cuenta con las aulas 1-7, 2-8 y 3-9:

Edificio 1-2	Calor Sensible Total (Btu/h)	Calor Total (Btu/h)	\bar{Q} (PCM)	Carga térmica (Ton de Refrig)
Aula 1-7	46 661.931	78 116.571	1 907.6163	6.3430
Aula 2-8	45 671.931	77 126.571	1 836.5346	6.4272
Aula 3-9	47 651.931	79 106.571	1 948.0892	6.5922
Total	139 985.793	234 349.713	5 692.2401	19.3624

La planta alta cuenta con las aulas 4-10, 5-11, 6-12:

Edificio 1-2	Calor Sensible Total (Btu/h)	Calor Total (Btu/h)	\bar{Q} (PCM)	T:R: en las aulas
Aula 4-10	54 761.931	86 216.571	2 238.7576	7.1847
Aula 5-11	53 771.931	85 226.571	2 198.2849	7.1022
Aula 6-12	54 291.931	85 746.571	2 219.5433	7.1455
Total	162 825.793	257 189.713	6 656,5858	21.4324

9.2 SELECCIÓN DEL EQUIPO

De acuerdo al catalogo de



(Tabla 10 y 11 de la Anexos)

Propondremos un equipo que se adecue a la capacidad calculada. Si no existe un equipo que sea totalmente exacto a lo provisto, tomaremos el equipo de capacidad inmediata superior.

Planta Alta

CALOR TOTAL: 257 189.713 Btu/h

CAPACIDAD CALCULADA: 21.4324 T.R.

AIRE A REMOVER: 66566.5858 PCM

Con lo que se puede escoger del manual (tabla10 y 11 - Anexos) el siguiente equipo.

MARCA: CARRIER.

TIPO: CAPACIDAD ESTANDAR.

MODELO: 50A5025

CAPACIDAD COMERCIAL: 25 T. R.

CAPACIDAD DE PCM: 7500 PCM

CAPACIDAD TOTAL DE ENFRIAMIENTO: 309 000 Btu/h.

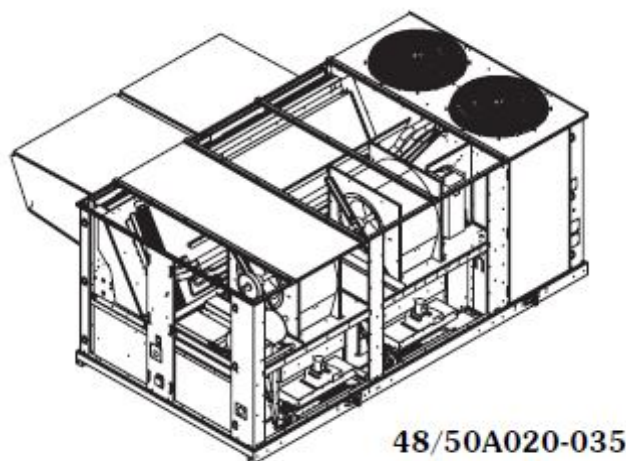


Figura 9.5 Equipo de aire acondicionado propuesto

Planta Baja

CALOR TOTAL: 234 349.713 Btu/h

CAPACIDAD CALCULADA: 19.3624 T.R.

AIRE A REMOVER: 5692.2401 PCM

Con lo que se puede escoger del manual (tabla12 y 13) el siguiente equipo.

MARCA: CARRIER.

TIPO: CAPACIDAD ESTANDAR.

MODELO: 50A5020

CAPACIDAD COMERCIAL: 20 T. R.

CAPACIDAD DE PCM: 6000 PCM

CAPACIDAD TOTAL DE ENFRIAMIENTO: 264 000 Btu/h.

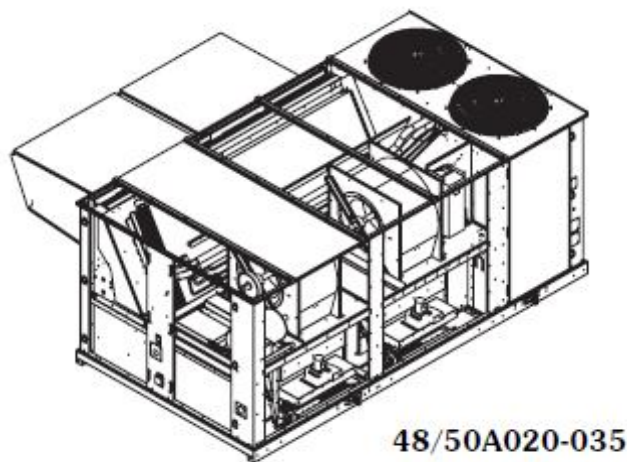


Figura 9.6 Equipo de aire acondicionado propuesto

9.3 DISEÑO DE LA DUCTERÍA DE INYECCIÓN Y RETORNO PARA LA PLANTA ALTA



Figura 9.7. Representación de los ductos de inyección y retorno para el edificio 1-2 en la planta alta

9.3.1 Diseño de la tubería de inyección por el método de presión constante

Considerando primeramente el ducto principal: Tramo V-C

$$Q = 7500 \text{ PCM}$$

$$V = 1150 \text{ ft/min (recomendado en la tabla 16 presentada en los Anexos)}$$

Por definición:

$$A = Q/V = 7500 \text{ PCM}/1150 \text{ ft/min} = 6.52174 \text{ ft}^2 = 939.13 \text{ in}^2$$

Se calcula el diámetro equivalente a partir del área:

$$A = \frac{\pi d_e^2}{4}$$

$$d_e = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 34.5794 \text{ in}$$

-Utilizando la figura 1 del Anexo de este trabajo: $f_s = 0.05 \text{ inH}_2\text{O}/100 \text{ ft}$

Una vez obtenido la pérdida de presión en el tramo principal (f_s) se utiliza este dato para diseñar los demás tramos del sistema de ductos, considerando los criterios óptimos de Ingeniería y el procedimiento siguiente:

$$A = W \cdot H \quad \text{y} \quad W/H = 6$$

$$A = 6 \cdot H^2$$

$$A = 939.13 \text{ in}^2$$

$$H = \sqrt{\frac{A}{6}} = 12.51 \text{ in}$$

$$W = 75.06 \text{ in}$$

Se presentan los resultados obtenidos con este método en la tabla siguiente:

TRAMO	PCM (ft ³ /min)	L		h (inH ₂ O/ 100 ft)	d _e (in)	V ft/min	Área (in ²)	W/H	W (in)	H (in)
		(m)	(ft)							
V-C	7500	3.75	12.3	0.05	34.5	1150	900	6	75	12
C-D	4170	1.25	4.101	0.05	27	1050	600	6	60	10
D-E	3336	2.5	8.202	0.05	25	1000	486	6	54	9
E-F	2506	2.5	8.202	0.05	22	900	384	6	48	8
F-G	1668	2.5	8.202	0.05	19	800	294	6	42	7
G-H	834	2.5	8.202	0.05	15	700	181.5	6	33	5.5
C-I	3336	1.25	4.101	0.05	25	1000	486	6	54	9
I-J	2502	2.5	8.202	0.05	22	900	384	6	48	8
J-K	1668	2.5	8.202	0.05	19	800	294	6	42	7
K-L	834	2.5	8.202	0.05	15	700	181.5	6	33	5.5

9.3.2 Cálculo de fricción máxima del sistema

El cálculo de la fricción se realiza en el ducto más largo que tiene que recorrer el aire.

La longitud máxima de la ductería es:

$$L_L = 15 \text{ m} = 49.212 \text{ ft}$$

Una vez conocido L_L , se procede al cálculo de la longitud equivalente de los ductos en el tramo más largo, considerando para ello:

- Para determinar la relación R/W se considera lo siguiente:

$$\begin{aligned} 0 < H/W < 1.5 &\rightarrow R/W = 1.5 \\ 1.5 < H/W < 3 &\rightarrow R/W = 0.75 \end{aligned}$$

- La relación L_{eq}/W es determinada a partir de la ecuación:

$$L_{eq}/W = \left[0.33 R/W \right]^{2.13} \left(\frac{H}{W} \right)^{0.126} \quad (9.2)$$

TRAMO	CODO	W (in)	H (in)	H/W	R/W	L_e/W	L_e
V-A	A	75	12.5	0.1667	1.5	3.305	247.875
A-B	B	75	12.5	0.1667	1.5	3.305	247.875
C-D	C	60	10	0.1667	1.5	3.305	198.3

La longitud equivalente total en los ductos:

$$L_e = 694.05 \text{ in} = 57.837 \text{ ft}$$

La longitud total es la suma de la longitud equivalente en ductos más la longitud en la ductería:

$$L_T = L_L + L_e = 107.0495 \text{ ft}$$

Considerando que la pérdida por fricción es 0.05 inH₂O /100 ft, entonces en 107.0495 ft de ductos, la fricción del sistema es:

$$f_s = 0.05 \text{ inH}_2\text{O} /100 \text{ ft} (L_T) = 0.0535 \text{ inH}_2\text{O}$$

Se determina la fricción en accesorios (recomendado de la tabla 17 de los anexos):

Filtro de aire = 0.3 inH ₂ O	}	$f_{\text{accesorios}} = 0.7275 \text{ inH}_2\text{O}$
Entrada del ventilador = 0.0525 inH ₂ O		
Evaporador = 0.225 inH ₂ O		
Rejilla = 0.151 inH ₂ O		

Finalmente, se determina la fricción total del sistema:

$$f_{total} = f_s + f_{accesorios} = 0.7831 \text{ inH}_2\text{O}$$

El equipo puede vencer una presión estática de 0.2 a 2 inH₂O. Se concluye que el equipo no tendrá problemas con la fricción calculada.

9.3.3 Cálculo de la cantidad de lámina y aislante necesario para los ductos de inyección del edificio 1 y 2

TRAMO	L	W	H	Semi-perímetro	Calibre	Factor lámina	Total lámina	Factor aislante	Total aislante
	(m)	(in)	(in)			Kg/m	Kg	m ² /m	m ²
V-A	2	75	12	87	20	53.92	107.84	5.258	10.516
A-B	0.75	75	12	87	20	53.92	40.44	5.258	3.9435
B-C	1	75	12	87	20	53.92	53.92	5.258	5.258
C-D	1.25	60	10	70	22	36.33	45.4125	4.272	5.34
D-E	2.5	54	9	63	22	32.85	82.125	3.866	9.665
E-F	2.5	48	8	56	22	29.36	73.4	3.460	8.65
F-G	2.5	42	7	49	22	25.87	64.675	3.054	7.635
G-H	2.5	33	5.5	38.5	24	16.77	41.925	2.474	6.185
C-I	1.25	54	9	63	22	32.85	41.0625	3.866	9.665
I-J	2.5	48	8	56	22	29.36	73.4	3.460	8.65
J-K	2.5	42	7	49	22	25.87	64.625	3.054	7.635
K-L	2.5	33	5.5	38.5	24	16.77	41.925	2.474	6.185

DATOS OBTENIDOS DE LA TABLA 14 y 15

Resumen de la cantidad de lámina y aislante requerido:

Calibre	Lámina	+15 % desperdicio	Total (Kg)
20	202.2	30.33	233
22	444.7	66.705	512
24	83.85	12.5775	97
Aislante	Aislante	+15 % desperdicio	Total (kg)
2"	84.495	12.67425	98

9.3.4 Diseño de la ductería de retorno

En la figura 9.7 se representa la configuración utilizada para este cálculo y se considera que un 40% del aire suministrado debe retornar por lo que se retornaran 3000 PCM y una caída de presión constante de 0.05 inH₂O /100 ft.

Se utiliza el método de caída de presión constante.

Considerando primeramente el último tramo del ducto: Tramo F1-G1 / J1-K1

$$Q = 345 \text{ PCM}$$

$$f_s = 0.05 \text{ inH}_2\text{O} / 100 \text{ ft}$$

Utilizando la figura 1 del anexo se obtienen los siguientes datos.

$$d_e = 11 \text{ in}$$

$$v = 600 \text{ fpm}$$

$$A = 95 \text{ in}^2$$

$$H = 3.979 \text{ in}$$

$$W = 23.878 \text{ in}$$

Se presentan los resultados obtenidos con este método en la tabla siguiente:

TRAMO	PCM (ft ³ /min)	L		h (inH ₂ O/ 100 ft)	d _e (in)	V (fpm)	Área (in ²)	W/H	H (in)	W (in)	Δ p (inH ₂ O/ 100 ft)
		(m)	(ft)								
V-A1	3000	2	6.5616	0.05	24	975	452	6	9	52	0.328
A1-B1	3000	3	9.8424	0.05	24	975	452	6	9	52	0.492
B1-C1	3000	1	3.2808	0.05	24	975	452	6	9	52	0.164
C1-D1	1500	2.5	8.202	0.05	18	800	255	6	7	39	0.4101
D1-E1	1125	2.5	8.202	0.05	16	750	201	6	6	35	0.4101
E1-F1	750	2.5	8.202	0.05	14	700	154	6	5	30	0.4101
F1-G1	375	2.5	8.202	0.05	11	600	95	6	4	24	0.4101
C1-H1	1500	2.5	8.202	0.05	18	800	255	6	7	39	0.4101
H1-I1	1125	2.5	8.202	0.05	16	750	201	6	6	35	0.4101
I1-J1	750	2.5	8.202	0.05	14	700	154	6	5	30	0.4101
J1-K1	375	2.5	8.202	0.05	11	600	95	6	4	24	0.4101

9.3.5 Cálculo de la cantidad de lámina y aislante necesaria para los ductos de retorno del edificio 1 y 2

TRAMO	L	W	H	SEMI-PERIMETRO	CALIBRE	FACTOR LAMINA	TOTAL LAMINA	FACTOR AISLANTE	TOTAL AISLANTE
	(m)	(in)	(in)			Kg/m	Kg	m ² /m	M ²
V-A1	2	52	9	61	22	31.85	63.7	3.75	7.5
A1-B1	3	52	9	61	22	31.85	95.55	3.75	11.25
B1-C1	1	52	9	61	22	31.85	31.85	3.75	3.75
C1-D1	2.5	39	7	46	22	24.38	60.95	2.88	7.2
D1-E1	2.5	35	6	41	22	21.89	54.725	2.59	6.475
E1-F1	2.5	30	5	35	24	15.16	37.9	2.242	5.605
F1-G1	2.5	24	4	28	24	12.33	30.825	1.836	4.59
C1-H1	2.5	39	7	46	22	24.38	60.95	2.88	7.2
H1-I1	2.5	35	6	41	22	21.89	54.725	2.59	6.475
I1-J1	2.5	30	5	35	24	15.16	37.9	2.242	5.605
J1-K1	2.5	24	4	28	24	12.33	30.825	1.836	4.59

DATOS OBTENIDOS DE LA TABLA 14 y 15

Resumen de lámina y aislante

Calibre	Lamina	+15 % desperdicio	Total (Kg)
22	422.45	63.3675	486
24	137.45	20.6175	158
Aislante	Aislante	+15 % desperdicio	Total (Kg)
2"	70.24	10.536	81

9.3.6 Selección del difusor y rejilla de retorno

Difusor:

Volumen = 834 PCM = 1417.026 m³/h ≈ 1400 m³/h

Velocidad de salida = 500 ft/min (recomendado)

Nivel de ruido = 90 dB (recomendado)

Usando el manual Vermont (tabla 18 - Anexos)



Figura 9.8. Difusor modelo 50-FR-4, 21x21 nominal

Rejilla:

Volumen = 375 PCM = 637.1523 m³/h aprox.= 700 m³/h

Velocidad de salida = 250 fpm (recomendado)

Nivel de ruido = 45 dB (recomendado)

Usando el manual Vermont (tabla 19)



Figura 9.9. Rejilla modelo RH, 14 x 8 nominal

9.4 DISEÑO DE LA DUCTERÍA DE INYECCIÓN Y RETORNO PARA LA PLANTA BAJA

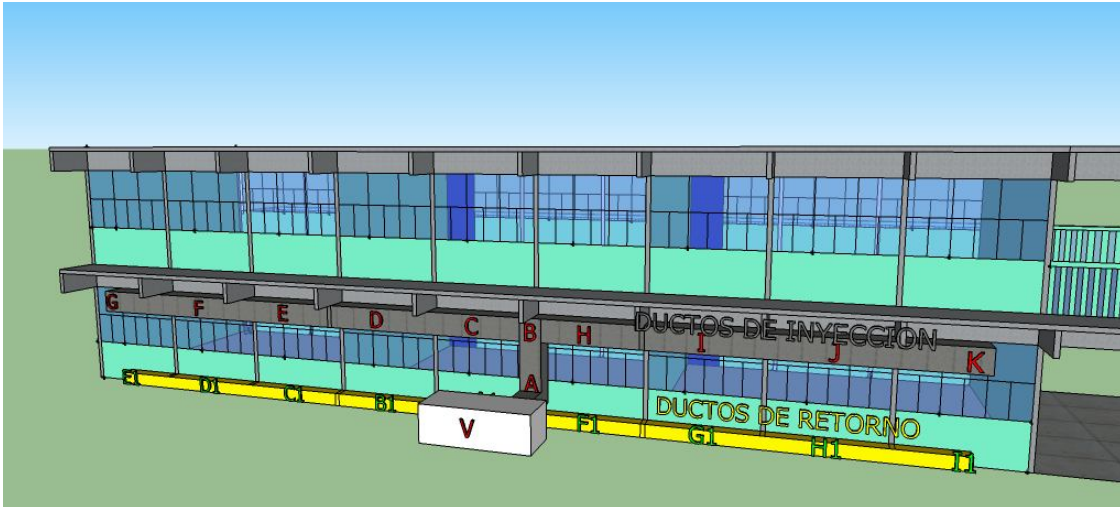


Figura 9.10. Ductos de inyección y retorno para el edificio 1-2 en la planta baja

9.4.1 Cálculo de la tubería de inyección por el método de presión constante

Se inicia en el tramo principal, tramo V-C, siguiendo el mismo procedimiento de la planta alta de este edificio:

$$Q = 6000 \text{ PCM}$$

$$V = 1150 \text{ ft/min (recomendado en la tabla 16 de los anexos)}$$

$$A = Q/V = 6000 \text{ pcm}/1150 \text{ ft/min} = 5.21739 \text{ ft}^2 = 751.30416 \text{ in}^2$$

De manera análoga se determina el diámetro equivalente:

$$A = \frac{\pi d_e^2}{4}$$

$$d_e = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 30.9288 \text{ in}$$

Utilizando la figura 1 del anexo:

$$f_s = 0.05 \text{ inH}_2\text{O} / 100 \text{ ft}$$

Una vez obtenido la pérdida de presión en el tramo principal (f_s) se utiliza este dato para diseñar los demás tramos del ducto.

Los resultados obtenidos son presentados en la siguiente tabla:

TRAMO	PCM (ft ³ /min)	L		h (inH ₂ O/ 100 ft)	d _e (in)	V ft/min	Área (in ²)	W/H	W (in)	H (in)
		(m)	(ft)							
V-B	6000	3	9.8424	0.05	31	1150	752	6	66	11
B-C	3335	1.25	4.101	0.05	25	1000	491	6	54	9
C-D	2668	2.5	8.202	0.05	22	925	380	6	48	8
D-E	2001	2.5	8.202	0.05	21	875	346	6	45	7.5
E-F	1334	2.5	8.202	0.05	18	800	255	6	39	6.5
F-G	667	2.5	8.202	0.05	13.5	675	149	6	30	5
B-H	2668	1.25	4.101	0.05	22	925	380	6	48	8
H-I	2001	2.5	8.202	0.05	21	875	346	6	45	7.5
I-J	1334	2.5	8.202	0.05	18	800	254	6	39	6.5
J-K	667	2.5	8.202	0.05	13.5	675	149	6	30	5

9.4.2 Cálculo de la fricción total del sistema

El cálculo de la fricción se realiza en el ducto más largo que tiene que recorrer el aire.

La longitud máxima de la ductería es:

$$L_L = 14.25 \text{ m} = 46.7514 \text{ ft}$$

Una vez conocido L_L , se procede al cálculo de la longitud equivalente de los ductos en el tramo más largo, considerando para ello:

- Para determinar la relación R/W se considera lo siguiente:

$$\begin{aligned} 0 < H/W < 1.5 &\rightarrow R/W = 1.5 \\ 1.5 < H/W < 3 &\rightarrow R/W = 0.75 \end{aligned}$$

- La relación L_{eq}/W es determinada a partir de la ecuación:

$$L_{eq}/W = [0.33 R/W]^{-2.13} (H/W)^{0.126} \quad (3.1)$$

TRAMO	CODO	W (in)	H (in)	H/W	R/W	L _{eq} /W	L _e (in)
V-A	A	66	11	0.1667	1.5	3.305	218.13
A-B	B	66	11	0.1667	1.5	3.305	218.13

La longitud equivalente total en los ductos:

$$L_e = 436.26 \text{ in} = 36.355 \text{ ft}$$

La longitud total es la suma de la longitud equivalente en ductos más la longitud en la ductería:

$$L_T = L_L + L_e = 83.1064 \text{ ft}$$

Considerando que la pérdida por fricción es 0.05 inH₂O /100 ft, entonces en 107.0495 ft de ductos, la fricción del sistema es:

$$f_s = 0.05 \text{ inH}_2\text{O} /100 \text{ ft} (L_T) = 0.0415532 \text{ inH}_2\text{O}$$

Se determina la fricción en accesorios (recomendado de la tabla 17 de los anexos):

Filtro de aire = 0.3 inH ₂ O	}	$f_{\text{accesorios}} = 0.7275 \text{ inH}_2\text{O}$
Entrada del ventilador = 0.0525 inH ₂ O		
Evaporador = 0.225 inH ₂ O		
Rejilla = 0.151 inH ₂ O		

Finalmente, se determina la fricción total del sistema:

$$f_{\text{total}} = f_s + f_{\text{accesorios}} = 0.7690532 \text{ inH}_2\text{O}$$

El equipo puede vencer una presión estática de 0.2 a 2 inH₂O. Se concluye que el equipo no tendrá problemas con la fricción calculada.

9.4.3 Cálculo de la cantidad de lámina y aislante necesario para los ductos de inyección del edificio 1 y 2

TRAMO	L	W	H	Semi-Perímetro	Calibre	Factor lamina	Total lamina	Factor aislante	Total aislante
	(m)	(in)	(in)			Kg/m	Kg	m ² /m	m ²
V-A	1	66	11	77	20	46.47	46,67	4.678	4.678
A-B	2	66	11	77	20	46.97	93.34	4.678	9.356
B-C	1.25	54	9	63	22	32.85	41.0625	3.866	4.8325
C-D	2.5	48	8	56	22	29.36	73.4	3.460	8.65
D-E	2.5	45	7.5	52.5	22	27.87	69.675	3.386	8.215
E-F	2.5	39	6.5	45.5	22	24.38	60.95	2.880	7.2
F-G	2.5	30	5	35	24	15.16	37.9	2.242	5.605
B-H	1.25	48	8	56	22	29.36	36.7	3.460	4.325
H-I	2.5	45	7.5	52.5	22	27.87	69.675	3.286	8.215
I-J	2.5	39	6.5	45.5	22	24.38	60.95	2.880	72
J-K	2.5	30	5	35	24	15.16	37.9	2.242	5.605

DATOS OBTENIDOS DE LA TABLA 14 y 15

Resumen de la cantidad de lámina y aislante:

Calibre	Lamina	+15 % desperdicio	Total (Kg)
20	140.01	21.0015	161
22	412.4125	61.861875	474
24	30.32	4.548	35
Aislante	Aislante	+15 % desperdicio	Total (Kg)
2"	73.8815	11.082225	85

9.4.4 Diseño de la ductería de retorno

En la figura 9.10 se representa la configuración utilizada para este calculo y se considera que un 40% del aire suministrado debe retornar por lo que se retornaran 2400 PCM y una caída de presión constante de 0.05 inH₂O/100 ft.

Se utiliza el método de caída de presión constante.

Considerando primeramente el último tramo del ducto: Tramo D1-E1 / H1-I1

$$Q = 300 \text{ PCM}$$

$$f_s = 0.05 \text{ inH}_2\text{O} / 100 \text{ ft}$$

Utilizando la figura 1 del anexo se obtienen los siguientes datos.

$$d_e = 10 \text{ in}$$

$$v = 550 \text{ fpm}$$

$$A = 78.54 \text{ in}^2$$

$$H = 3.618 \text{ in}$$

$$W = 21.71 \text{ in}$$

Se presentan los resultados obtenidos con este método en la tabla siguiente:

TRAMO	PCM (ft ³ /min)	L		h (inH ₂ O/ 100 ft)	d _e (in)	V (fpm)	Área (in ²)	W/H	H (in)	W (in)	Δ p (inH ₂ O/ 100 ft)
		(m)	(ft)								
V-A1	2400	1	3.2808	0.05	22	900	380	6	8	48	0.16404
A1-B1	1200	2.5	8.202	0.05	16	750	201	6	6	36	0.4101
B1-C1	900	2.5	8.202	0.05	15	700	176	6	5.5	33	0.4101
C1-D1	600	2.5	8.202	0.05	13	650	132	6	4.5	27	0.4101
D1-E1	300	2.5	8.202	0.05	10	550	79	6	3.5	21	0.4101
A1-F1	1200	2.5	8.202	0.05	16	750	201	6	6	36	0.4101
F1-G1	900	2.5	8.202	0.05	15	700	176	6	5.5	33	0.4101
G1-H1	600	2.5	8.202	0.05	13	650	132	6	4.5	27	0.4101
H1-I1	300	2.5	8.202	0.05	10	550	79	6	3.5	21	0.4101

9.4.5 Cálculo de la cantidad de lámina y aislante requerida para la construcción del sistema de ductos de retorno del edificio 1 y 2

TRAMO	L	H	W	SEMI-PERIMETRO	CALIBRE	FACTOR LAMINA	TOTAL LAMINA	FACTOR AISLANTE	TOTAL AISLANTE
	m	(in)	(in)			Kg/m	Kg	m ² /m	m ²
V-A1	1	8	48	56	22	29.36	29.36	3.46	3.46
A1-B1	2.5	6	36	42	22	22.39	55.975	2.648	6.62
B1-C1	2.5	5.5	33	38.5	24	16.77	41.925	2.474	6.185
C1-D1	2.5	4.5	27	31.5	24	13.95	34.875	2.068	5.17
D1-E1	2.5	3.5	21	24.5	24	11.12	27.8	1.662	4.155
A1-F1	2.5	6	36	42	22	22.39	55.975	2.648	6.62
F1-G1	2.5	5.5	33	38.5	24	16.77	41.925	2.474	6.185
G1-H1	2.5	4.5	27	31.5	24	13.95	34.875	2.068	5.17
H1-I1	2.5	3.5	21	24.5	24	11.12	27.8	1.662	4.155

DATOS OBTENIDOS DE LA TABLA 14 y 15

Resumen de lámina y aislante

Calibre	Lamina	+15 % desperdicio	Total (Kg)
22	141.31	21.1965	163
24	209.2	31.38	241
Aislante	Aislante	+15 % desperdicio	Total (Kg)
2"	47.72	7.158	55

9.4.6 Selección del difusor y rejilla de retorno

Difusor

Volumen = 834 PCM = 1417.026 m³/h ≈ 1400 m³/h

Velocidad de salida = 500 ft/min (recomendado)

Nivel de ruido = 90 dB (recomendado)

Usando el manual Vermont (tabla 18)



Figura 9.11. Difusor modelo 50-FR-4, 21x21 nominal

Rejilla

Volumen = 300 PCM = 509.7218 m³/h aprox.= 500 m³/h

Velocidad de salida = 250 fpm (recomendado)

Nivel de ruido = 45 dB (recomendado)

Usando el manual Vermont (tabla 19)

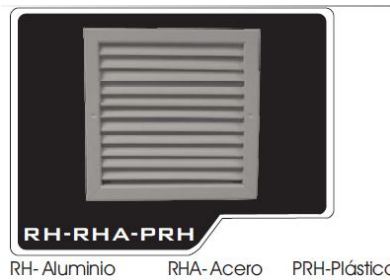
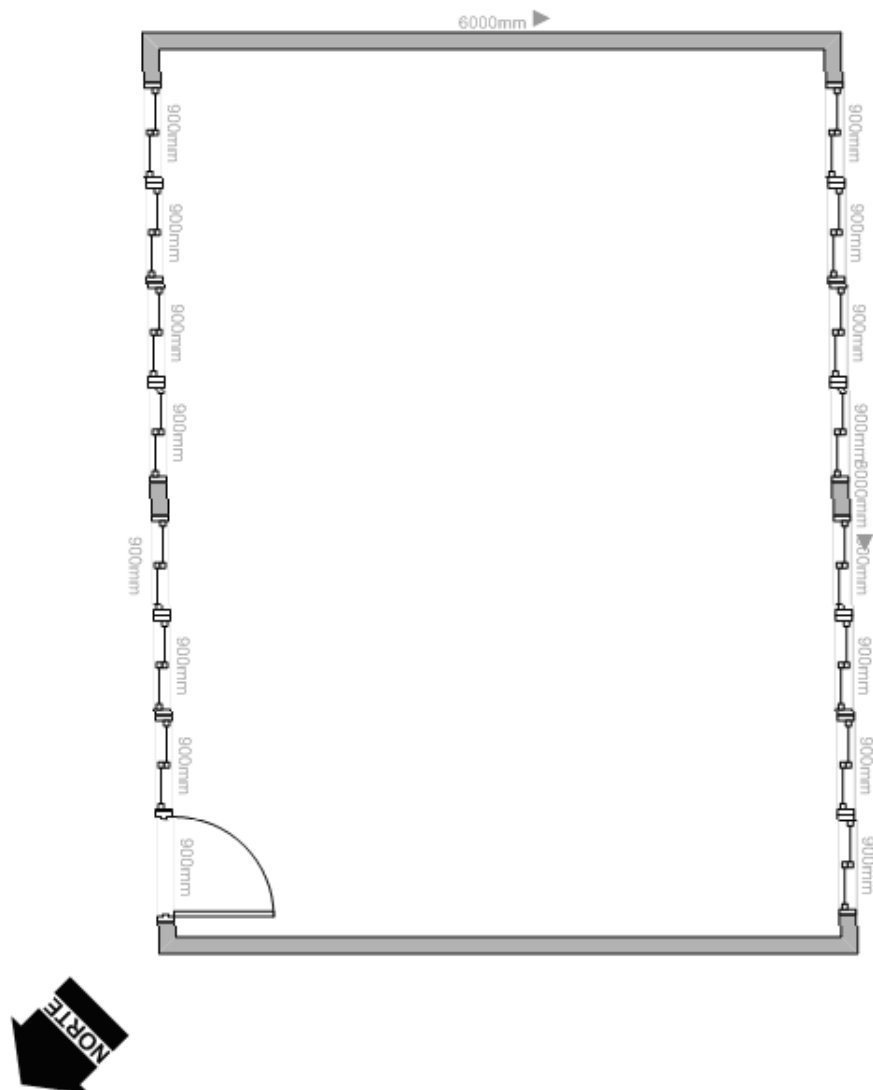


Figura 9.12. Rejilla modelo RH-RHA-PRH, 10 x 6 nominal

9.5 Cálculo de la carga térmica para el “Aula 13” representada en el plano 3



Plano 9.2. Vista superior “Aula 13” de la escuela secundaria # 64

Esta aula cuenta con las siguientes características.

- Pared exterior de construcción pesada sin aislamiento
Las paredes tienen las dimensiones siguientes:
6 m x 2.8 m (SE)
7.8 m x 2.8 m (SO y NE)
- Pared interior de entre un espacio sin acondicionar
La dimensión es de 6 m x 2.8 m (NO)
- Ventanas vidrio claro
Se cuenta con ventanas de las siguientes dimensiones:
2 ventanas de 3.6 m x 1.5 m (SO)
1 ventana de 2.7 m x 1.5 m (SO), y
1 ventana de 3.6 m x 1.5 m (NE)
- Techo solo sin aislamiento
6 m x 7.8 m
- Piso firme sobre la tierra
6 m x 7.8 m
- 42 personas como máximo sentados en reposo
- Aparatos: 9 lámparas de 45 W
- Considerando 15 PCM por persona (Oficinas generales tabla 5 del Anexo de este trabajo).

	DIRECCIÓN	CANTIDAD [m ²]	FACTOR	CALOR [Btu/h]
PARED EXTERIOR	SO	11.04	40+16	618.24
(Factores - tabla 4)	SE	16.8	80+16	1 612.8
	NE	12.39	80+16	1 189.44
PARED INTERIOR	NO	16.8	40+16	940.8
(Factores - tabla 4)				
VENTANAS	SO	10.8	1260+80	14 472
(Factores - tabla 5)	NE	9.45	380+80	4 347
TECHO		46.8	180+16	9 172.8
(Factores - tabla 6)				
PISO		46.8	0	0
(Factores - tabla 7)				
AIRE EXTERIOR SENSIBLE				14 582.736
CALOR SENSIBLE GENERADO POR PERSONAS				7 560
CALOR SENSIBLE GENERADO POR APARATOS				1 721.25
CALOR SENSIBLE TOTAL				49 417.066
AIRE EXTERIOR LATENTE				25 154.464
CALOR LATENTE GENERADO POR PERSONAS				6 300
CALOR LATENTE GENERADO POR APARATOS				0
CALOR LATENTE TOTAL				31 454.464
CALOR TOTAL				80 871.53

Cálculo del calor sensible y latente del aire

Ventilación

No de personas	x	PCM por persona	=	PCM totales	
42	x	15	=	630	PCM
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>					

Infiltración

Volumen Total (m ³)	x	0.6	=		
131.04	x	0.6	=	78.624	PCM
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>					
+					
Extracción (Volumen en ft ³ x No de renovación por minuto)			=	0	PCM
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>					
Total			=	78.624	PCM

Nota: Se utiliza el valor más grande obtenido arriba para el cálculo de calor sensible y calor latente.

Calor sensible exterior:

PCM total	X	f s	x	ΔT (°F)	=	Qs	
630	X	1.0064	x	23	=	14 582.736	Btu/h
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>							

Calor latente exterior:

PCM total	X	0.7	X	ΔWs	=	Q _L	
630	X	0.7	X	57.04	=	25 154.464	Btu/h
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>							

Cálculo de calor sensible y latente que generan las personas [Btu/h]

(Factores - tabla 8)

Actividad	Cantidad	Factor	Q _s	Factor	Q _L
SENTADOS EN REPOSO	42	180	7 560	150	6 300
			7 560		6 300

Cálculo de calor sensible y latente que generan los aparatos [Btu/h]

(Factores - tabla 9)

Lámparas y Aparatos	Cantidad	Factor	Q _s	Factor	Q _L
9 LAMPARAS	405	4.25	1 721.25	0	0
			1 721.25		0

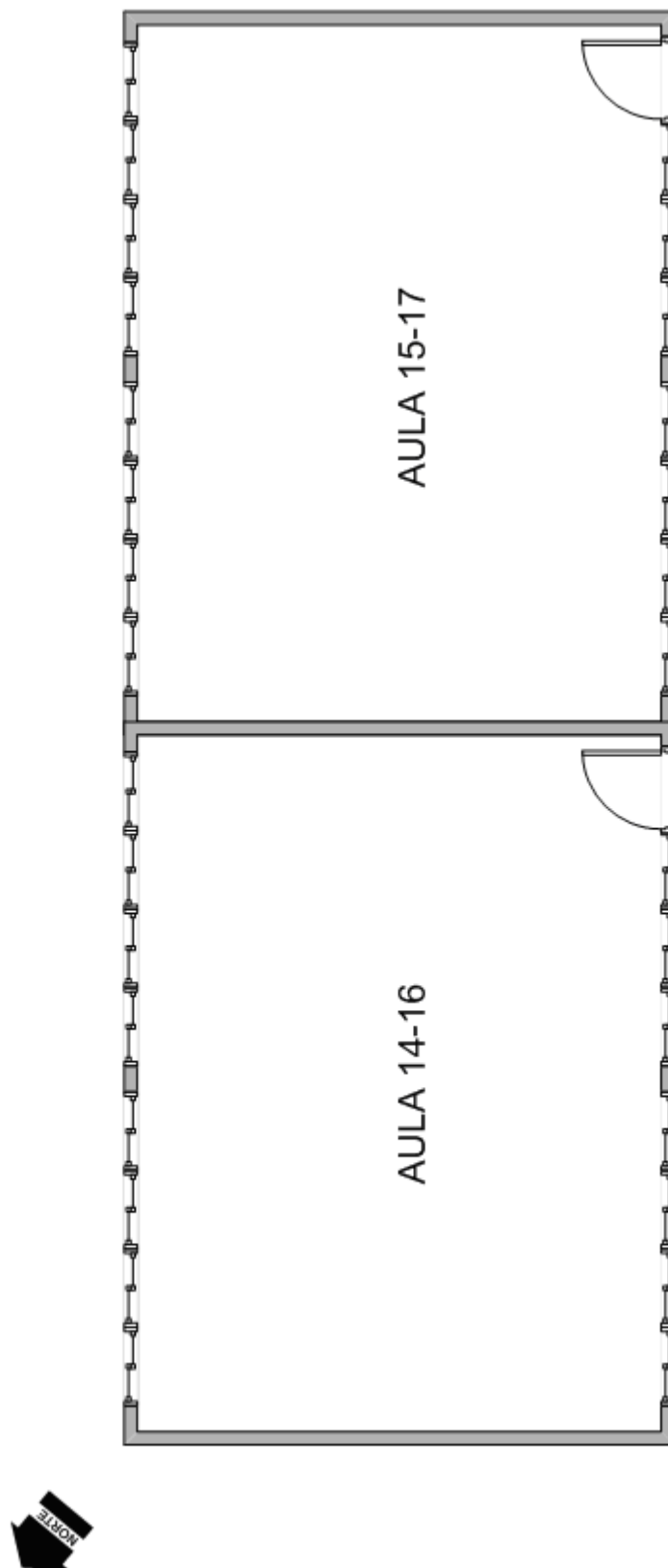
Se determina la cantidad de aire que se debe suministrar a partir de la ecuación 9.1

$$\bar{Q} = \frac{v_{\text{exterior}} * Q_s * \frac{h}{60 \text{ min}}}{C_p * \Delta T} \quad (9.1)$$

Y se obtienen los siguientes resultados:

Edificio	Calor Sensible Total (Btu/h)	Calor Total (Btu/h)	\bar{Q} (CPM)	Calor Total (Ton de ref.)
Aula 13	49 417.066	80 871.53	2 020.2508	6.7392

9.6 Cálculo de la carga térmica de aire acondicionado para el “Aula 14-16” y “Aula 15-17” que se representa en el plano 4



Plano 9.3. Vista superior del edificio “Aula 14-16 y aula 15-17”

Las Aulas 14-16 y 15-17 se refieren a dos aulas exactamente iguales y de las mismas características. Con esto se procedió a simplificar los cálculos.

A) El aula 14-16 cuenta con las siguientes características:

- Pared exterior de construcción pesada sin aislamiento
 - Las paredes son de las dimensiones siguientes:
 - 6 m x 2.8 m (NO)
 - 8.1 m x 2.8 m (NE y SO)
- Pared interior entre un espacio acondicionado
 - La dimensión es de 6 m x 2.8 m (SE)
- Ventanas vidrio claro
 - Se cuenta con ventanas de las siguientes dimensiones:
 - 2 ventanas de 3.6 m x 1.5 m (NE)
 - 1 ventana de 2.7 m x 1.5 m y otra de 3.6 m x 1.5 m (SO)
- Techo solo sin aislamiento
 - 6 m x 8.1 m
- Piso firme sobre la tierra
 - 6 m x 8.1 m
- 42 personas como máximo sentados en reposo
- Aparatos: 9 lámparas de 45 W
- Considerando 15 PCM por persona (Oficinas generales - tabla 5)

	DIRECCIÓN	CANTIDAD [m ²]	FACTOR	CALOR [Btu/h]
PARED EXTERIOR	NE	13.23	80+16	1 270.08
(Factores - tabla 4)	NO	16.8	40+16	940.8
	SO	11.88	40+16	665.28
PARED INTERIOR	SE	16.8	0+16	268.8
(Factores - tabla 4)				
VENTANAS	SO	9.45	380+80	4 347
(Factores - tabla 5)	NE	10.8	1260+80	14 472
TECHO		48.6	180+16	9 525.6
(Factores - tabla 6)				
PISO		48.6	0	0
(Factores - tabla 7)				
AIRE EXTERIOR SENSIBLE				14 582.736
CALOR SENSIBLE GENERADO POR PERSONAS				7 560
CALOR SENSIBLE GENERADO POR APARATOS				1 721.25
CALOR SENSIBLE TOTAL				55 353.546
AIRE EXTERIOR LATENTE				25 154.64
CALOR LATENTE GENERADO POR PERSONAS				6 300
CALOR LATENTE GENERADO POR APARATOS				0
CALOR LATENTE TOTAL				31 454.64
CALOR TOTAL				86 808.186

Cálculo del calor sensible y latente del aire

Ventilación

No de personas	x	PCM por persona	=	PCM totales	
42	x	15	=	630	PCM
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>					

Infiltración

Volumen Total (m ³)	x	0.6	=		
131.04	x	0.6	=	78.624	PCM
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>					
+					
Extracción (Volumen en ft ³ x No de renovación por minuto)			=	0	PCM
			=	78.624	PCM
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>					

Nota: Se utiliza el valor más grande obtenido arriba para el cálculo de calor sensible y calor latente.

Calor sensible exterior:

PCM total	X	f s	x	ΔT (°F)	=	Qs	
630	X	1.0064	x	23	=	14 582.736	Btu/h
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>							

Calor latente exterior:

PCM total	X	0.7	x	ΔWs (Granos de vapor por cada Lbm de a.s.)	=	Q _L	
630	X	0.7	x	57.04	=	25 154.464	Btu/h
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>							

Cálculo de calor sensible y latente que generan las personas [Btu/h]

(Factores - tabla 8)

Actividad	Cantidad	Factor	Q _s	Factor	Q _L
SENTADOS EN REPOSO	42	180	7 560	150	6 300
			7 560		6 300

Cálculo de calor sensible y latente que generan los aparatos [Btu/h]

(Factores - tabla 9)

Lámparas y Aparatos	Cantidad	Factor	Q _s	Factor	Q _L
9 LAMPARAS	405	4.25	1 721.25	0	0
			1 721.25		0

En los sucesivos cálculos se observará que las cantidades de calor que se generan por el número de personas y los aparatos contenidos en las aulas son las mismas. De la misma forma, el calor sensible y latente que generan del aire exterior, las personas y los aparatos son iguales.

B) El Aula 15-17 cuenta con las siguientes características:

- Pared exterior de construcción pesada sin aislamiento
Las paredes son de las dimensiones siguientes:
6 m x 2.8 m (SE)
8.1 m x 2.8 m (NE y SO)
- Pared interior entre un espacio acondicionado
La dimensión es de 6 m x 2.8 m (NO)
- Ventanas vidrio claro
2 ventanas de 3.6 m x 1.5 m (NE)
1 ventana de 2.7 m x 1.5 m y otra de 3.6 m x 1.5 m (SO)
- Techo solo sin aislamiento
6 m x 8.1 m
- Piso firme sobre la tierra
6 m x 8.1 m
- 42 personas como máximo sentados en reposo
- Aparatos: 9 lámparas de 45 W
- Considerando 15 PCM para oficinas generales (tabla 5)

	DIRECCIÓN	CANTIDAD [m ²]	FACTOR	CALOR [Btu/h]
PARED EXTERIOR	NE	13.23	80+16	1 270.08
(Factores - tabla 4)	SO	11.88	40+16	665.28
	SE	16.8	80+16	1 612.8
PARED INTERIOR	NO	16.8	0+16	268.8
(Factores - tabla 4)				
VENTANAS	SO	9.45	380+80	4 347
(Factores - tabla 5)	NE	10.8	1260+80	14 472
TECHO		48.6	180+16	9 525.6
(Factores - tabla 6)				
PISO		48.6	0	0
(Factores - tabla 7)				
AIRE EXTERIOR SENSIBLE				14 582.736
CALOR SENSIBLE GENERADO POR PERSONAS				7 560
CALOR SENSIBLE GENERADO POR APARATOS				1 721.25
CALOR SENSIBLE TOTAL				56 025.546
AIRE EXTERIOR LATENTE				25 154.64
CALOR LATENTE GENERADO POR PERSONAS				6 300
CALOR LATENTE GENERADO POR APARATOS				0
CALOR LATENTE TOTAL				31 454.64
CALOR TOTAL				87 480.186

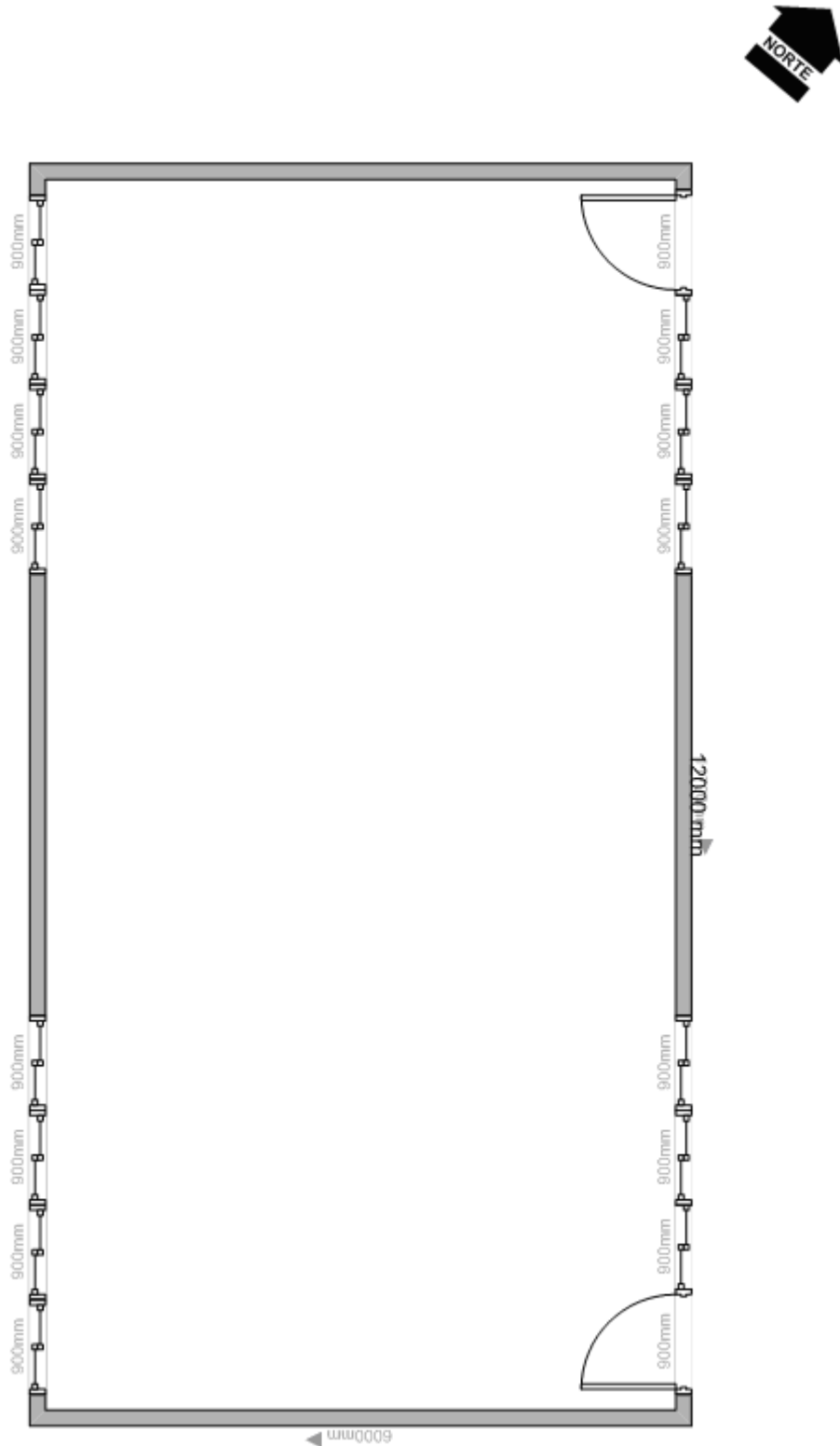
Se determina la cantidad de aire que se debe suministrar a partir de la ecuación 9.1

$$\bar{Q} = \frac{V_{\text{exterior}} * Q_s * h / 60 \text{ min}}{C_p * \Delta T} \quad (9.1)$$

Y se obtienen los siguientes resultados:

Edificio	Calor Sensible Total (Btu/h)	Calor Total (Btu/h)	\bar{Q} (CPM)	Calor Total (Ton de ref.)
Aula 14-16	55 353.546	86 808.186	2 262.9438	7.2340
Aula 15-17	56 025.546	87 480.186	2 290.4163	7.2900
Total	111 379.092	174 288.372	4 553.3601	14.5240

9.7 Cálculo de la carga térmica de aire acondicionado para el “Laboratorio de computo/Biblioteca” que se representa en el plano 5



Plano 9.4. Vista superior del edificio “Laboratorio de computo/biblioteca” de la escuela secundaria # 64

El Laboratorio de computo/Biblioteca cuenta con las siguientes características:

- Pared exterior construcción pesada sin aislamiento de
 - 6 m x 2.8 m (NO y SE)
 - 12 m x 2.8 m (NE y SO)

- Ventanas vidrio claro:
 - 2 ventanas de 3.6 m x 1.5 m (SO)
 - 2 ventanas de 2.7 m x 1.5 m (NE)

- Techo solo sin aislamiento
 - 6 m x 12 m

- Piso firme sobre la tierra
 - 6 m x 12 m

- 26 personas como máximo sentados en reposo

- Aparatos: 12 lámparas de 45 W, 6 computadoras 180 W

- Considerando 15 PCM por persona (Oficinas generales - tabla 5)

	DIRECCIÓN	CANTIDAD [m ²]	FACTOR	CALOR [Btu/h]
PARED EXTERIOR	NE	25.5	80+16	2 448
(Factores - tabla 4)	SO	22.8	40+16	1 276.8
	NO	16.8	40+16	940.8
	SE	16.8	80+16	1 612.8
PARED INTERIOR				
(Factores - tabla 4)				
VENTANAS	SO	10.8	1260+80	14 472
(Factores - tabla 5)	NE	8.1	380+80	3 726
TECHO		72	180+16	14 112
(Factores - tabla 6)				
PISO		72	0	0
(Factores - tabla 7)				
AIRE EXTERIOR SENSIBLE				9 027.408
CALOR SENSIBLE GENERADO POR PERSONAS				4 680
CALOR SENSIBLE GENERADO POR APARATOS				5 981.04
CALOR SENSIBLE TOTAL				58 276.848
AIRE EXTERIOR LATENTE				15 571.92
CALOR LATENTE GENERADO POR PERSONAS				3 900
CALOR LATENTE GENERADO POR APARATOS				0
CALOR LATENTE TOTAL				19 471.92
CALOR TOTAL				77 748.768

Cálculo del calor sensible y latente del aire

Ventilación

No de personas	x	PCM por persona	=	PCM totales	
26	x	15	=	390	PCM
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>					

Infiltración

Volumen Total (m ³)	x	0.6	=		
201.6	x	0.6	=	120.96	PCM
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>					
+					
Extracción (Volumen en ft ³ x No de renovación por minuto)			=	0	PCM
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>					
Total			=	120.96	PCM

Nota: Se utiliza el valor más grande obtenido arriba para el cálculo de calor sensible y calor latente.

Calor sensible exterior:

PCM total	X	f s	x	ΔT (°F)	=	Qs	
390	X	1.0064	x	23	=	9 027.408	Btu/h
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>							

Calor latente exterior:

PCM total	X	0.7	x	ΔWs (Granos de vapor por cada Lbm de a.s.)	=	QL	
390	X	0.7	x	57.04	=	15 571.92	Btu/h
<hr style="border: 0.5px solid black;"/>							

Cálculo de calor sensible y latente que generan las personas [Btu/h]

(Factores - tabla 8)

Actividad	Cantidad	Factor	Q _s	Factor	Q _L
Sentados en reposo	26	180	4 680	150	3 900
			4 680		3 900

Cálculo de calor sensible y latente que generan los aparatos [Btu/h]

(Factores - tabla 9)

Lámparas y Aparatos	Cantidad	Factor	Q _s	Factor	Q _L
12 Lámparas	540	4.25	2 295	0	0
6 Computadoras	1 080	3.413	3 686.04	0	0
			5 981.04		0

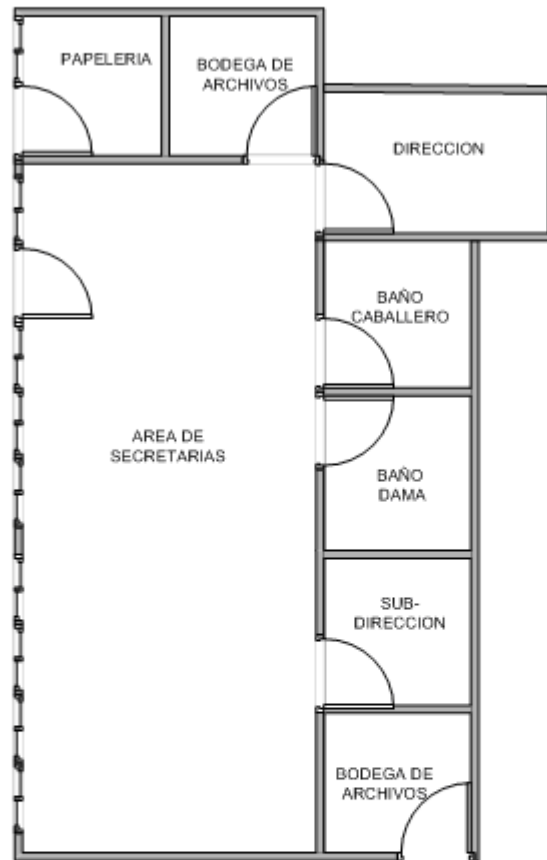
Se determina la cantidad de aire que se debe suministrar a partir de la ecuación 9.1

$$\bar{Q} = \frac{v_{exterior} * Q_s * h / 60 \text{ min}}{C_p * \Delta T} \quad (9.1)$$

Y se obtienen los siguientes resultados:

Edificio	Calor Sensible Total (Btu/h)	Calor Total (Btu/h)	\bar{Q} (CPM)	Calor Total (Ton de ref)
Laboratorio comp. /biblio.	58 276.848	77 748.768	2 383.4532	6.479

9.8 Cálculo de la carga térmica de aire acondicionado para el edificio “Área Administrativa/Dirección” que se representa en el plano 6



Plano 9.5. Vista superior del “Área administrativa y Dirección” de la escuela secundaria # 64

El edificio “Área administrativa y dirección” cuenta con las siguientes características:

- Pared exterior de construcción ligera sin aislamiento
 - 4 m x 3 m + 1 m x 3 m (SO)
 - 9 m x 3 m (NO)
 - 3 m x 3 m (NE)
 - (2 m x 3 m) + (2 m x 3 m) → (SE)

- Pared interior entre un espacio sin acondicionar
 - 6 m x 3 m (SE)
 - 4 m x 3 m (NE)

- Ventanas vidrio claro
 - 2 ventanas de 3.5 m x 1.5 m (SO)
 - 1 ventana de 1 m x 1.5 m (NE)

- Techo solo sin aislamiento
 - 46 m²

- Piso firme sobre la tierra
 - 46 m²

- 10 personas como máximo sentados en reposo

- Aparatos: 14 lámparas de 45 W, 2 computadoras 180 W

- Considerando 15 PCM por persona (Oficinas generales - tabla 5)

	DIRECCIÓN	CANTIDAD [m ²]	FACTOR	CALOR [Btu/h]
PARED EXTERIOR	NE	9	55+16	639
(Factores - tabla 4)	SE	12	55+16	852
	NO	15	110+16	1 890
	SO	15	110+16	1 890
PARED INTERIOR	NE	12	40+16	672
(Factores - tabla 4)	SE	18	40+16	1 008
VENTANAS	NO	12	1260+80	16 080
(Factores - tabla 5)				
TECHO		46	180+16	9 016
(Factores - tabla 6)				
PISO		46	0	0
(Factores - tabla 7)				
AIRE EXTERIOR SENSIBLE				3 472.08
CALOR SENSIBLE GENERADO POR PERSONAS				1 950
CALOR SENSIBLE GENERADO POR APARATOS				3 906.18
CALOR SENSIBLE TOTAL				41 375.26
AIRE EXTERIOR LATENTE				5 989.2
CALOR LATENTE GENERADO POR PERSONAS				2 050
CALOR LATENTE GENERADO POR APARATOS				0
CALOR LATENTE TOTAL				8 039.2
CALOR TOTAL				49 414.46

Cálculo del calor sensible y latente del aire

Ventilación

No de personas	x	PCM por persona	=	PCM totales	
10	x	15	=	150	PCM
<hr/>					

Infiltración

Volumen Total (m ³)	x	0.6	=		
138	x	0.6	=	82.8	PCM
<hr/>					
+					
Extracción (Volumen en ft ³ x No de renovación por minuto)			=	0	PCM
<hr/>					
Total			=	82.8	PCM

Nota: Se utiliza el valor más grande obtenido arriba para el cálculo de calor sensible y calor latente.

Calor sensible exterior:

PCM total	X	f s	x	ΔT (°F)	=	Qs	
150	X	1.0064	x	23	=	3 472.08	Btu/h
<hr/>							

Calor latente exterior:

PCM total	X	0.7	x	ΔWs	=	Q _L	
150	X	0.7	x	57.04	=	5 989.2	Btu/h
<hr/>							

Cálculo de calor sensible y latente que generan las personas [Btu/h]

(Factores - tabla 8)

Actividad	Cantidad	Factor	Q _s	Factor	Q _L
Sentados efectuando trabajo ligero	10	195	1 950	205	2 050
			1 950		2 050

Cálculo de calor sensible y latente que generan los aparatos [Btu/h]

(Factores - tabla 9)

Lámparas y Aparatos	Cantidad	Factor	Q _s	Factor	Q _L
14 Lámparas	630	4.25	2 677.5	0	0
2 Computadoras	360	3.413	1 228.68	0	0
			3 906.18		0

Se determina la cantidad de aire que se debe suministrar a partir de la ecuación 9.1.

$$\bar{Q} = \frac{v_{exterior} * Q_s * h / 60 \text{ min}}{C_p * \Delta T} \quad (9.1)$$

Y se obtienen los siguientes resultados:

Edificio	Calor Sensible Total (Btu/h)	Calor Total (Btu/h)	\bar{Q} (CPM)	Calor Total (Ton de Ref)
Área administrativa y Dirección	41 375.26	49 414.46	1 691.4885	4.1179

10 CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

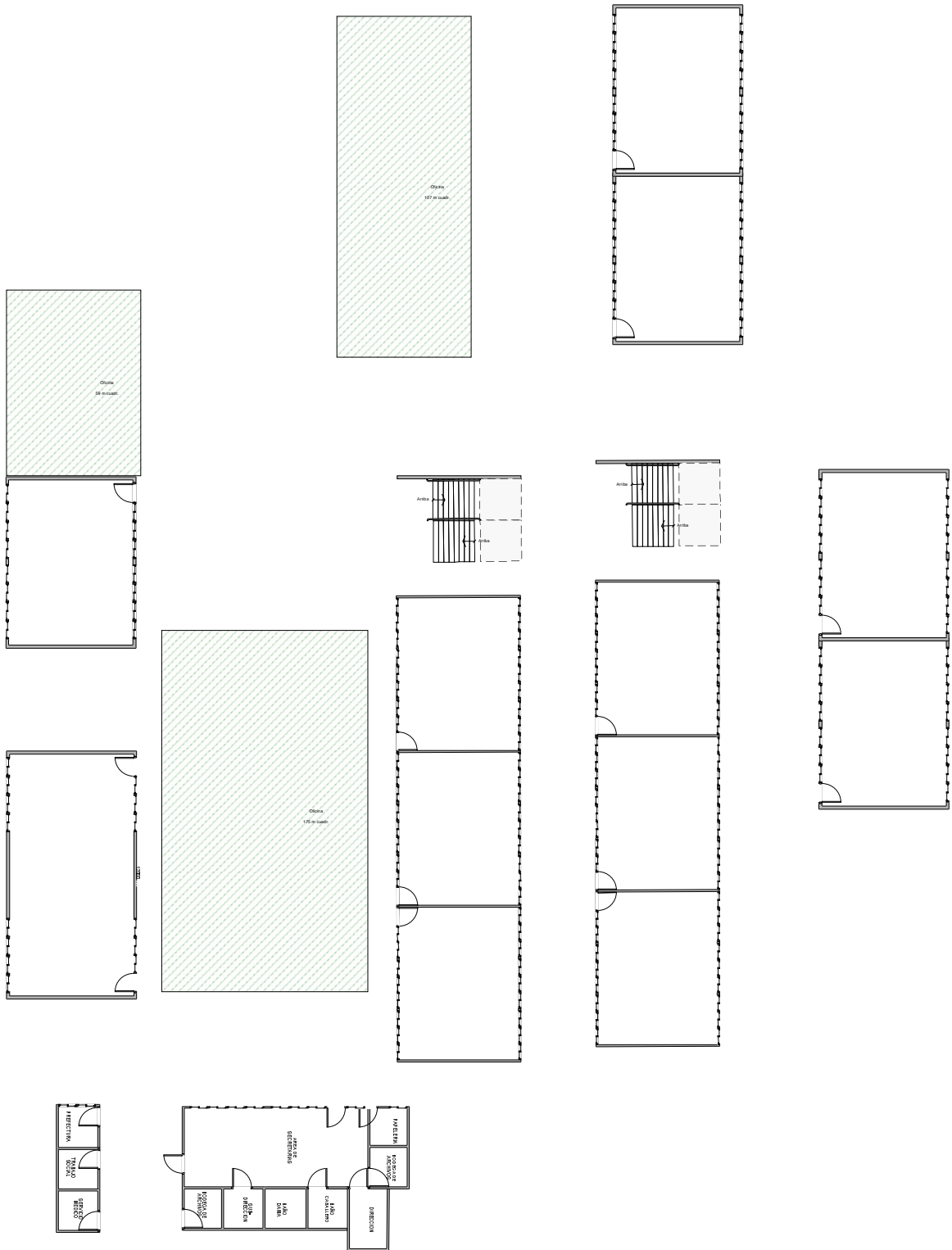
Como conclusión general, este trabajo se apega a los métodos de cálculo que se deben de llevar a cabo para poder realizar el estudio de un espacio que se desee climatizar y también a las normativas de selección de equipos que se rigen por manuales propuestos por los fabricantes de aires acondicionados. Con lo que se concluye que los equipos aquí seleccionados cumplen con las características para poder ser instalados en los edificios 1 y 2.

Dejando de manifiesto que este trabajo servirá de guía para tomar decisiones en el futuro, se recomienda que sea usado como se proyecta en el desarrollo del trabajo.

Como conclusión del residente, el poder interactuar con el medio en el que generalmente se desenvuelven los ingenieros, fue muy beneficioso para mi porque hay que tener en cuenta todas las decisiones que se van tomando en el trascurso del proyecto ya que lo plasmado aquí es lo mas importante y significativo, dado que en todo el desarrollo hubieron momentos en los que se tuvieron que tomar muchas decisiones y hacer demasiados cálculos para plasmar en este trabajo lo mas significativo, fue muy gratificante concluir con este trabajo y que pueda ser de utilidad a la escuela secundaria técnica # 64.

ANEXOS

ANEXO 1



Plano 1. Vista general de las instalaciones de la escuela secundaria # 64.

Anexo 2

Altitud sobre el nivel del mar (m)	Factor sensible (Fs)
0	1.08
500	1.01
1000	0.96
1500	0.91
2000	0.86
2500	0.81
3000	0.77

Tabla 1. Factores sensibles a diferentes alturas

TABLA A-2E

Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes (continuación)
b) A diversas temperaturas

Temp., °F	c_p	c_v	k	c_p	c_v	k	c_p	c_v	k
	Btu/lbm · R	Btu/lbm · R		Btu/lbm · R	Btu/lbm · R		Btu/lbm · R	Btu/lbm · R	
	<i>Aire</i>			<i>Dióxido de carbono, CO₂</i>			<i>Monóxido de carbono, CO</i>		
40	0.240	0.171	1.401	0.195	0.150	1.300	0.248	0.177	1.400
100	0.240	0.172	1.400	0.205	0.160	1.283	0.249	0.178	1.399
200	0.241	0.173	1.397	0.217	0.172	1.262	0.249	0.179	1.397
300	0.243	0.174	1.394	0.229	0.184	1.246	0.251	0.180	1.394
400	0.245	0.176	1.389	0.239	0.193	1.233	0.253	0.182	1.389
500	0.248	0.179	1.383	0.247	0.202	1.223	0.256	0.185	1.384
600	0.250	0.182	1.377	0.255	0.210	1.215	0.259	0.188	1.377
700	0.254	0.185	1.371	0.262	0.217	1.208	0.262	0.191	1.371
800	0.257	0.188	1.365	0.269	0.224	1.202	0.266	0.195	1.364
900	0.259	0.191	1.358	0.275	0.230	1.197	0.269	0.198	1.357
1000	0.263	0.195	1.353	0.280	0.235	1.192	0.273	0.202	1.351
1500	0.276	0.208	1.330	0.298	0.253	1.178	0.287	0.216	1.328
2000	0.286	0.217	1.312	0.312	0.267	1.169	0.297	0.226	1.314
	<i>Hidrógeno, H₂</i>			<i>Nitrógeno, N₂</i>			<i>Oxígeno, O₂</i>		
40	3.397	2.412	1.409	0.248	0.177	1.400	0.219	0.156	1.397
100	3.426	2.441	1.404	0.248	0.178	1.399	0.220	0.158	1.394
200	3.451	2.466	1.399	0.249	0.178	1.398	0.223	0.161	1.387
300	3.461	2.476	1.398	0.250	0.179	1.396	0.226	0.164	1.378
400	3.466	2.480	1.397	0.251	0.180	1.393	0.230	0.168	1.368
500	3.469	2.484	1.397	0.254	0.183	1.388	0.235	0.173	1.360
600	3.473	2.488	1.396	0.256	0.185	1.383	0.239	0.177	1.352
700	3.477	2.492	1.395	0.260	0.189	1.377	0.242	0.181	1.344
800	3.494	2.509	1.393	0.262	0.191	1.371	0.246	0.184	1.337
900	3.502	2.519	1.392	0.265	0.194	1.364	0.249	0.187	1.331
1000	3.513	2.528	1.390	0.269	0.198	1.359	0.252	0.190	1.326
1500	3.618	2.633	1.374	0.283	0.212	1.334	0.263	0.201	1.309
2000	3.758	2.773	1.355	0.293	0.222	1.319	0.270	0.208	1.298

Nota: La unidad Btu/lbm · R es equivalente a Btu/lbm · °F.

Fuente: Kenneth Wark, *Thermodynamics*, 4a. ed., Nueva York, McGraw-Hill, 1983, p. 830, Tabla A.4. Publicada originalmente en *Tables of Thermal Properties of Gases*, NBS Circular 564, 1955.

Tabla 2. Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes a diferentes temperaturas

ANEXO 3

Aplicación		PCM recomendado por persona
Departamentos normales		20
Departamento de lujo		30
Bancos		10
Peluquerías		15
Salones de belleza		10
Bares		30
Salas de juntas		50
Tiendas de departamentos		7.5
Fabricas		10
Funerarias (salones)		10
Cafeterías		10
Cuartos privados de hospitales		30
Salas de esperas en hospitales		20
Habitaciones de hotel		30
Laboratorios		20
Salones de reuniones con excesivo humo		50
Oficinas	generales	15
	privadas sin humo	25
	privadas con poco humo	30
Cafeteria de restaurantes		12
Comedor de restaurantes		15
Teatros sin humo de cigarros		7.5
Teatros con poco humo		15

Tabla 3. Cantidad de aire recomendado exterior

Horario	8-11 h				11-14 h				14-17 h				17-20 h				20-23 h				
	N	NE	S	SO	N	NE	S	SO	N	NE	S	SO	N	NE	S	SO	N	NE	S	SO	
Pared exterior																					
Construcción ligera sin aislamiento		0	110	10	0	20	90	80	30	40	55	90	110	40	55	55	110	20	30	35	60
Construcción ligera con 2" de aisl.		0	40	10	0	10	40	35	20	20	20	40	40	10	20	20	65	10	10	10	20
Construcción pesada sin aisl.		0	40	0	10	0	90	35	10	20	80	80	40	40	65	90	80	40	40	45	110
Construcción pesada con 2" de aisl.		0	20	0	10	0	40	20	10	10	40	35	20	20	30	30	30	20	20	20	60
Pared interior		Entre un espacio acondicionado ----- 0 Entre un espacio sin acondicionar ----- 40 Entre un espacio de alta temperatura ----- 170																			
Para un diferencial de temperatura de 20 °F se agrega 10 a los factores de arriba Para un diferencial de temperatura de 25 °F se agrega 20 a los factores de arriba Para un diferencial de temperatura de 30 °F se agrega 30 a los factores de arriba																					

Tabla 4. Factores para paredes

Horario	8-11h			11-14 h			14-17 h			17-20 h			20-23 h	
	NE	E	Cualq otra	SE	SO	S	S	NO	O	Cualq otra	SO	NO	O	
Sin sombreado	800	1980	380	730	380	930	630	1260	1810	380	1000	380	1500	330
Con sombreado interior	500	840	270	460	270	570	400	770	1080	270	670	270	930	220
Con sombreado exterior	420	580	220	400	220	460	380	550	690	220	500	220	620	220
Vidrio block	300	730	270	240	270	480	400	690	880	270	490	270	820	220
Vidrios de exhibición	170	170	160	190	160	190	280	280	290	160	300	160	300	160

Agregar a los factores de arriba: 10 por cada °F de diferencial de temperatura mayor de 15 °F.

Tabla 5. Factores de vidrio (Basados en un diferencial de temperatura de 15 °F)

ANEXO 4

Horario	8-11 h	11-14 h	14-17 h	17-20 h	20-23 h
Techo solo sin aislamiento	60	190	180	150	40
Techo solo con 2" de aislamiento	20	60	60	40	20
Techo con cielo falso sin aislamiento	40	140	130	110	30
Techo con cielo falso con 2" de aislamiento	20	40	40	30	20
Techo abajo de un espacio:					
acondicionado -----	0				
sin acondicionar -----	40				
<p>Para un diferencial de temperatura de 20 °F se agrega 10 a los factores de arriba Para un diferencial de temperatura de 25 °F se agrega 20 a los factores de arriba Para un diferencial de temperatura de 30 °F se agrega 30 a los factores de arriba</p>					

Tabla 6. Factores de techo

Posición del piso	Factor
Sobre un espacio acondicionado	0
Directo sobre la tierra o sobre un sótano normal	0
Sobre un espacio sin acondicionar	60
Sobre un espacio a alta temperatura	190

Tabla 7. Factores de piso

Actividad	Aplicación típica	Calor sensible	Calor latente
Sentado en reposo	Escuela, teatro o iglesia	180	150
Sentado efectuando un trabajo ligero	Oficina, apartamento o motel	195	205
Caminando efectuando trabajo ligero	Supermercado o tienda de departamento	200	250
Trabajo sedentario	Restaurante	220	330
Baile moderado	Pista de baile	245	605
Boliche o trabajo pesado	Boliche o fábrica	455	985
En un boliche se considera una persona jugando y las demás efectuando trabajo sedentario			

Tabla 8. Ganancia de calor (Carga por persona en Btu/h)

ANEXO 5

Descripción		Factor (Btu/h)	
		Sensible	Latente
Luces incandescentes - Watts		3.413	---
Luces fluorescentes - Watts		4.250	---
Motores por hp	1/8 - 1/2 hp	4250	---
	1/2 - 3 hp	3700	---
	3 - 20 hp	2950	---
Horno de gas domestico		8100	4000
Cafeteras eléctricas - por cada litro		200	130
Cafeteras de gas doméstico - por litro		230	230
Parrilla eléctrica - por centimetro cuadrado		5.3	2.8
Estufa mediana - por quemador		3100	1700
Calentamiento de agua		3150	3850
Secadora de pelo tipo casco		1870	330
Secadora de pelo tipo soplador		2300	400
Plancha de vapor - por pie cuadrado		200	1000

Nota: Para aparatos con campana o extractor los factores se reducen en un 50 %.

Tabla 9. Carga de alumbrado eléctrico y aparatos diversos

COOLING CAPACITIES (cont)

48/50A2,A3,A4,A5025 (25 TONS)																					
Temp (F) Air Entering Condenser (Edb)		Evaporator Air Quantity — Cfm																			
		5,000					6,250					7,500					8,750				
		Evaporator Air — Ewb (F)																			
		75	72	67	62	57	75	72	67	62	57	75	72	67	62	57	75	72	67	62	57
75	TC	318	305	281	260	239	335	320	296	274	253	347	331	307	284	268	354	339	315	292	280
	SHC	128	142	173	201	226	133	154	190	224	251	138	165	205	242	268	145	175	220	264	280
	KW	18.7	18.4	17.9	17.6	17.2	19.0	18.7	18.2	17.8	17.4	19.3	18.9	18.4	18.0	17.7	19.4	19.1	18.6	18.1	17.9
	BF	0.00	0.00	0.18	0.13	0.11	0.00	0.11	0.16	0.13	0.16	0.00	0.22	0.17	0.15	0.24	0.13	0.21	0.17	0.16	0.32
85	TC	308	295	274	253	232	324	309	287	266	248	334	319	297	275	261	341	327	305	283	273
	SHC	124	139	170	197	222	127	151	186	220	248	135	161	202	242	261	141	170	216	260	273
	KW	20.8	20.5	20.1	19.8	19.5	21.1	20.8	20.3	20.0	19.6	21.3	21.0	20.5	20.1	19.9	21.5	21.2	20.7	20.3	20.1
	BF	0.00	0.00	0.17	0.12	0.12	0.00	0.10	0.16	0.13	0.18	0.00	0.21	0.16	0.15	0.26	0.11	0.20	0.17	0.16	0.33
95	TC	298	286	265	244	224	312	300	278	257	241	321	309	288	266	254	328	316	295	273	265
	SHC	119	136	166	193	217	124	147	182	216	241	131	157	198	236	254	137	166	212	255	265
	KW	23.1	22.8	22.5	22.3	22.0	23.4	23.1	22.8	22.5	22.2	23.6	23.4	23.0	22.6	22.4	23.8	23.5	23.1	22.7	22.6
	BF	0.00	0.00	0.15	0.12	0.12	0.00	0.24	0.15	0.13	0.20	0.13	0.20	0.16	0.15	0.28	0.26	0.19	0.17	0.17	0.35
105	TC	289	277	256	235	214	302	290	268	247	231	311	298	277	255	245	318	304	283	262	257
	SHC	116	133	162	188	208	121	144	178	211	228	128	153	193	231	245	134	163	208	249	257
	KW	25.7	25.6	25.3	25.1	24.9	26.0	25.9	25.6	25.3	25.0	26.2	26.0	25.8	25.5	25.3	26.4	26.2	25.9	25.5	25.4
	BF	0.00	0.00	0.14	0.11	0.12	0.00	0.21	0.15	0.13	0.22	0.11	0.18	0.15	0.15	0.30	0.24	0.18	0.17	0.17	0.37
115	TC	278	266	245	224	207	289	278	256	236	223	298	285	264	243	236	305	290	270	250	247
	SHC	111	128	157	183	203	117	139	173	205	223	124	149	188	225	236	130	158	203	242	247
	KW	28.7	28.6	28.5	28.6	28.3	29.0	28.9	28.7	28.7	28.5	29.2	29.1	28.9	28.7	28.5	29.4	29.1	28.9	28.7	28.6
	BF	0.00	0.09	0.13	0.11	0.16	0.00	0.19	0.14	0.13	0.24	0.26	0.17	0.15	0.15	0.33	0.22	0.17	0.16	0.18	0.40

Tabla 10. Datos de funcionamiento del manual CARRIER para 25 Toneladas de Refrigeración

ANEXO 6

48/50A2,A3,A4,A5025 (25 TONS) (cont)																
Temp (F) Air Entering Condenser (Edb)		Evaporator Air Quantity — Cfm														
		10,000					11,250					12,500				
		Evaporator Air — Ewb (F)														
		75	72	67	62	57	75	72	67	62	57	75	72	67	62	57
75	TC	361	346	321	297	291	367	351	326	303	300	372	355	330	309	307
	SHC	152	184	234	281	291	158	192	248	295	300	163	201	261	305	307
	kW BF	19.6 0.28	19.2 0.20	18.7 0.18	18.2 0.19	18.1 0.38	19.7 0.25	19.3 0.21	18.8 0.19	18.4 0.21	18.3 0.43	19.8 0.25	19.4 0.22	18.9 0.20	18.5 0.26	18.4 0.48
85	TC	348	332	310	288	283	353	337	315	294	291	357	341	318	299	299
	SHC	148	179	230	275	283	153	188	244	288	291	159	197	257	296	299
	kW BF	21.6 0.25	21.3 0.20	20.8 0.18	20.4 0.19	20.3 0.40	21.8 0.24	21.4 0.21	20.9 0.19	20.5 0.23	20.4 0.45	21.8 0.24	21.5 0.21	21.0 0.20	20.6 0.26	20.6 0.49
95	TC	335	321	300	278	275	340	325	304	284	283	343	330	308	290	290
	SHC	144	175	226	270	275	150	184	240	281	283	155	192	253	290	290
	kW BF	23.9 0.24	23.6 0.19	23.2 0.18	22.8 0.19	22.7 0.41	24.0 0.23	23.7 0.19	23.3 0.19	22.9 0.24	22.9 0.46	22.9 0.23	24.1 0.21	23.8 0.20	23.4 0.29	23.0 0.50
105	TC	323	310	288	268	266	328	314	292	275	274	331	318	296	280	280
	SHC	140	172	222	260	266	146	180	235	268	274	151	188	248	280	280
	kW BF	26.6 0.22	26.3 0.18	26.0 0.18	25.5 0.22	25.5 0.43	26.7 0.22	26.4 0.20	26.0 0.19	25.6 0.27	25.7 0.48	26.8 0.22	26.5 0.21	26.1 0.20	25.8 0.31	25.8 0.52
115	TC	309	297	275	256	255	313	300	278	263	263	317	303	281	269	269
	SHC	136	167	217	254	255	142	175	230	261	263	147	184	243	269	269
	kW BF	29.6 0.21	29.4 0.19	29.0 0.18	28.7 0.23	28.7 0.46	29.7 0.21	29.4 0.20	29.1 0.19	28.8 0.30	28.8 0.50	29.8 0.21	29.5 0.21	29.1 0.20	28.9 0.34	28.9 0.54

Tabla 11. Datos de funcionamiento del manual CARRIER para 25 toneladas (Cont.)

COOLING CAPACITIES

48/50A2,A3,A4,A5020 (20 TONS)																									
Temp (F) Air Entering Condenser (Edb)		Evaporator Air Quantity — Cfm																							
		4,000						5,000						6,000						7,000					
		Evaporator Air — Ewb (F)																							
		75	72	67	62	57	75	72	67	62	57	75	72	67	62	57	75	72	67	62	57				
75	TC	268	258	236	214	195	284	272	250	228	208	294	282	260	239	224	302	289	268	246	232				
	SHC	109	119	141	161	179	113	128	155	180	201	116	136	168	197	224	121	144	180	213	232				
	kW BF	14.1 0.00	14.0 0.00	13.8 0.09	13.7 0.15	13.6 0.14	14.3 0.00	14.2 0.00	14.0 0.19	13.8 0.16	13.7 0.17	14.5 0.00	14.3 0.27	14.1 0.18	13.9 0.17	13.8 0.24	14.6 0.00	14.4 0.23	14.1 0.19	13.9 0.17	13.8 0.28				
85	TC	261	250	228	207	188	276	264	242	221	200	286	273	252	230	218	293	280	259	238	226				
	SHC	106	115	138	158	176	110	125	152	176	194	112	133	164	193	218	118	141	176	210	226				
	kW BF	16.0 0.02	16.0 0.00	15.8 0.21	15.7 0.15	15.6 0.13	16.1 0.00	16.1 0.14	15.9 0.18	15.8 0.15	15.6 0.17	16.4 0.00	16.2 0.24	16.0 0.18	15.8 0.16	15.8 0.26	16.5 0.15	16.3 0.22	16.1 0.18	15.9 0.17	15.8 0.30				
95	TC	253	242	220	200	181	267	254	233	212	198	277	264	242	221	207	283	271	249	228	218				
	SHC	102	112	134	154	172	106	122	148	172	198	109	130	161	190	207	115	137	173	206	218				
	kW BF	18.2 0.00	18.2 0.00	18.0 0.18	17.9 0.14	17.9 0.13	18.4 0.00	18.3 0.12	18.2 0.17	18.0 0.15	17.9 0.20	18.5 0.00	18.4 0.22	18.2 0.17	18.1 0.16	18.0 0.25	18.6 0.13	18.5 0.21	18.3 0.18	18.1 0.17	18.0 0.32				
105	TC	244	232	211	191	174	257	244	223	203	187	266	253	232	211	200	272	260	238	218	211				
	SHC	97	109	130	150	168	101	118	144	168	187	106	126	156	185	200	112	134	168	201	211				
	kW BF	20.7 0.00	20.6 0.00	20.6 0.17	20.7 0.13	20.8 0.13	20.8 0.00	20.8 0.25	20.6 0.16	20.6 0.14	20.8 0.19	20.9 0.00	20.8 0.20	20.7 0.16	20.6 0.15	20.7 0.28	21.0 0.28	20.9 0.20	20.7 0.17	20.6 0.17	20.6 0.35				
115	TC	234	222	201	182	166	246	233	212	193	180	254	241	220	201	192	260	247	227	207	202				
	SHC	93	105	126	146	162	97	114	139	164	180	103	122	152	180	192	108	129	164	195	202				
	kW BF	23.4 0.00	23.4 0.00	23.6 0.15	23.9 0.13	24.3 0.15	23.5 0.00	23.5 0.21	23.7 0.15	24.0 0.14	24.0 0.22	23.6 0.13	23.5 0.19	23.5 0.16	23.7 0.15	23.7 0.31	23.7 0.24	23.8 0.19	23.6 0.17	23.5 0.18	23.7 0.38				
120	TC	228	216	196	178	161	240	227	207	188	175	247	235	215	195	188	253	241	220	201	198				
	SHC	91	103	124	143	159	95	112	137	161	175	101	120	150	178	188	106	127	162	192	198				
	kW BF	24.9 0.00	25.1 0.12	25.4 0.14	25.7 0.12	26.3 0.15	24.9 0.00	25.0 0.20	25.2 0.15	25.5 0.14	25.8 0.24	25.0 0.29	25.0 0.18	25.1 0.16	25.4 0.15	25.4 0.32	25.6 0.23	25.1 0.18	25.0 0.17	25.1 0.18	25.4 0.39				

Tabla 12. Datos de funcionamiento del manual CARRIER para 20 toneladas de Refrigeración

ANEXO 7

48/50A2,A3,A4,A5020 (20 TONS) (cont)																
Temp (F) Air Entering Condenser (Edb)		Evaporator Air Quantity — Cfm														
		8,000					9,000					10,000				
		Evaporator Air — Ewb (F)														
		75	72	67	62	57	75	72	67	62	57	75	72	67	62	57
75	TC	308	295	274	252	243	313	299	278	257	251	317	303	282	262	259
	SHC	126	151	191	228	243	130	158	202	242	251	135	164	212	251	259
	kW	14.7	14.5	14.2	14.0	13.9	14.8	14.5	14.3	14.0	14.0	14.8	14.6	14.3	14.1	14.1
85	BF	0.34	0.22	0.19	0.19	0.34	0.28	0.22	0.20	0.21	0.40	0.26	0.23	0.21	0.25	0.44
	TC	298	286	265	243	236	302	290	269	248	244	306	294	273	253	251
	SHC	123	148	188	224	236	127	155	199	236	244	131	161	209	247	251
95	kW	16.6	16.4	16.1	16.0	15.9	16.6	16.4	16.2	16.0	16.0	16.7	16.5	16.2	16.1	16.0
	BF	0.29	0.21	0.19	0.19	0.36	0.26	0.22	0.20	0.22	0.41	0.25	0.22	0.21	0.25	0.46
	TC	288	276	255	234	228	293	280	259	239	236	296	284	262	245	243
105	SHC	120	145	184	219	228	124	151	195	230	236	129	158	205	239	243
	kW	18.7	18.5	18.3	18.2	18.1	18.7	18.6	18.4	18.2	18.2	18.8	18.6	18.4	18.2	18.3
	BF	0.27	0.21	0.18	0.19	0.38	0.25	0.21	0.19	0.23	0.43	0.24	0.22	0.20	0.28	0.47
115	TC	277	265	243	223	220	281	269	248	229	227	284	272	251	235	234
	SHC	116	141	180	213	220	121	148	191	223	227	125	154	201	232	234
	kW	21.1	20.9	20.8	20.6	20.6	21.1	21.0	20.8	20.6	20.6	21.2	21.0	20.8	20.7	20.7
120	BF	0.24	0.20	0.18	0.21	0.41	0.23	0.20	0.19	0.25	0.45	0.23	0.21	0.20	0.29	0.49
	TC	264	252	231	213	211	268	256	235	219	218	271	258	238	225	224
	SHC	113	137	175	206	211	117	144	186	216	218	121	150	197	221	224
120	kW	23.7	23.6	23.5	23.6	23.6	23.8	23.7	23.5	23.5	23.6	23.8	23.7	23.5	23.5	23.5
	BF	0.22	0.19	0.18	0.22	0.43	0.22	0.20	0.19	0.26	0.48	0.22	0.21	0.20	0.32	0.52
	TC	257	245	225	207	206	261	248	229	215	213	263	251	232	219	219
120	SHC	110	134	173	202	206	115	141	184	215	213	119	148	194	219	219
	kW	25.1	25.1	25.1	25.2	25.3	25.2	25.1	25.0	25.2	25.2	25.3	25.1	25.0	25.1	25.1
	BF	0.22	0.19	0.18	0.23	0.44	0.22	0.20	0.19	0.29	0.49	0.22	0.21	0.20	0.32	0.53

Tabla 13. Datos de funcionamiento del manual CARRIER para 20 toneladas (Cont.)

ANEXO 8

Semiperímetro		Kg por metro de longitud de ducto					Aislamiento (m ² /m)	
plg	cm	26	24	22	20	18	(1" E)	(2" E)
8	20	2.91					0.560	0.676
9	23	3.24					0.618	0.734
10	25	3.56					0.676	0.792
11	28	3.89					0.734	0.850
12	30	4.21					0.792	0.908
13	33	4.54	6.27				0.850	0.966
14	35	4.87	6.67				0.908	1.024
15	38	5.19	7.08				0.966	1.082
16	40	5.52	7.48				1.024	1.140
17	43	5.84	7.89				1.082	1.198
18	45	6.17	8.29				1.140	1.256
19	48	6.50	8.69				1.198	1.314
20	51	6.82	9.10				1.256	1.372
21	53	7.15	9.50				1.314	1.430
22	56	7.47	9.91				1.372	1.488
23	58		10.31				1.430	1.546
24	61		10.71				1.488	1.604
25	63		11.12				1.546	1.662
26	66		11.52				1.604	1.720
27	68		11.93				1.662	1.778
28	71		12.33				1.720	1.836
29	73		12.73				1.778	1.894
30	76		13.14				1.836	1.952
31	78		13.54	16.91			1.894	2.010
32	81		13.95	17.41			1.952	2.068
33	83		14.35	17.91			2.010	2.126
34	86		14.75	18.40			2.068	2.184
35	89		15.16	18.90			2.126	2.242
36	91		15.56	19.40			2.184	2.300
37	94		15.97	19.90			2.242	2.358
38	96		16.37	20.40			2.300	2.416
39	99		16.77	20.89			2.358	2.474
40	101		17.18	21.39			2.416	2.532
41	104			21.89			2.474	2.590
42	106			22.39			2.532	2.648
43	109			22.89			2.590	2.706
44	111			23.38			2.648	2.764
45	114			23.88			2.706	2.822
46	117			24.38			2.764	2.880
47	119			24.88			2.822	2.938
48	121			25.38			2.880	2.996
49	124			25.87			2.938	3.054
50	127			26.37			2.996	3.112
51	129			26.87			3.054	3.170
52	132			27.37			3.112	3.228
53	134			27.87			3.170	3.286
54	137			28.36			3.228	3.344
55	139			28.86			3.286	3.402
56	142			29.36			3.344	3.460
57	145			29.86			3.402	3.518
58	147			30.36			3.460	3.576
59	149			30.85			3.518	3.634
60	151			31.35			3.576	3.692

Tabla 14. Tabla para el cálculo de la lámina y aislante necesario en el sistema de ductos

ANEXO 9

Semiperímetro		Kg por metro de longitud de ducto					Aislamiento (m ² /m)	
plg	cm	26	24	22	20	18	(1" E)	(2" E)
61	155			31.85	35.07		3.634	3.750
62	157			32.35	35.79		3.692	3.808
63	160			32.85	36.52		3.750	3.866
64	162			33.34	37.24		3.808	3.924
65	165			33.84	37.97		3.866	3.982
66	167			34.34	38.69		3.924	4.040
67	170			34.84	39.42		3.982	4.098
68	173			35.34	40.14		4.040	4.156
69	175			35.83	40.87		4.098	4.214
70	177			36.33	41.59		4.156	4.272
71	180				42.32		4.214	4.330
72	183				43.04		4.272	4.388
73	185				43.77		4.330	4.446
74	188				44.49		4.388	4.504
75	190				45.22		4.446	4.562
76	193				45.94		4.504	4.620
77	195				46.67		4.562	4.678
78	198				47.39		4.620	4.736
79	200				48.12		4.678	4.794
80	203				48.84		4.736	4.852
81	205				49.57		4.794	4.910
82	208				50.29		4.852	4.968
83	211				51.02		4.910	5.026
84	213				51.74		4.968	5.084
85	216				52.47		5.026	5.142
86	218				53.19		5.084	5.200
87	221				53.92		5.142	5.258
88	223				54.64		5.200	5.316
89	226				55.37		5.258	5.374
90	228				56.09		5.316	5.432
91	231				56.82	65.88	5.374	5.490
92	233				57.54	66.60	5.432	5.548
93	236				58.27	67.33	5.490	5.606
94	238				58.99	68.05	5.548	5.664
95	241				59.72	68.78	5.606	5.722
96	244				60.44	69.50	5.664	5.780
97	246				61.17	70.22	5.722	5.838
98	249				61.89	70.95	5.780	5.896
99	251				62.62	71.67	5.838	5.954
100	254				63.34	72.40	5.896	6.012
101	256					73.12	5.954	6.070
102	259					73.84	6.012	6.128
103	261					74.57	6.070	6.186
104	264					75.29	6.128	6.244
105	266					76.02	6.186	6.302
106	269					76.74	6.244	6.360
107	271					77.46	6.302	6.418
108	274					78.19	6.360	6.476
109	276					78.91	6.418	6.534
110	279					79.64	6.476	6.592

Tabla 15. Tabla para el cálculo de la lámina y aislante necesario en el sistema de ductos

ANEXO 10

Designación	Velocidades recomendadas, ft/min.			Velocidades máximas, ft/min.		
	Residencias	Escuelas, teatros, edificios públicos	Edificios industriales	Residencias	Escuelas, teatros, edificios públicos	Edificios industriales
Tomas de aire exterior	700	800	1000	800	900	1200
Filtros	250	300	350	300	350	350
Serpentines de calefacción	450	500	600	500	600	700
Lavadoras de aire	500	500	500	500	500	500
Conexión a succión	700	800	1000	900	1000	1400
Salidas de ventiladores	1000 - 1600	1300 - 2000	1600 - 2400	1700	1500 - 2200	1700 - 2800
Ductos principales	700 - 900	1000 - 1300	1200 - 1800	800 - 1000	1100 - 1600	1300 - 2200
Ductos ramales	600	600 - 900	800 - 1000	700 - 1000	800 - 1300	1000 - 1800
Ductos verticales	500	600 - 700	800	650 - 800	800 - 1200	1000 - 1600

Tabla 16. Velocidades recomendadas para diferentes designaciones

Parte	Gama posible de pérdidas* (pulgada de agua)
Toma de aire o entrada al ventilador.	0.005 - 0.1
Calentadores de aire o enfriadores, una a varias hileras	0.1 - 0.35
Lavadoras de aire	0.2 - 0.35
Filtros de aire	0.2 - 0.4
Sistema de ductos (cálculo con longitud equivocada)	0.04 - 0.4
Varios, pantalla, rejillas, etc.	0.1 - 0.2
Salidas tipo tobera	0.1
Pérdidas de presión estática para el sistema (ventilador)	1.0 - 1.6 comunes

Tabla 17. Pérdidas típicas por fricción en el sistema de ductos

ANEXO 11

Pies Cúbicos por Minuto

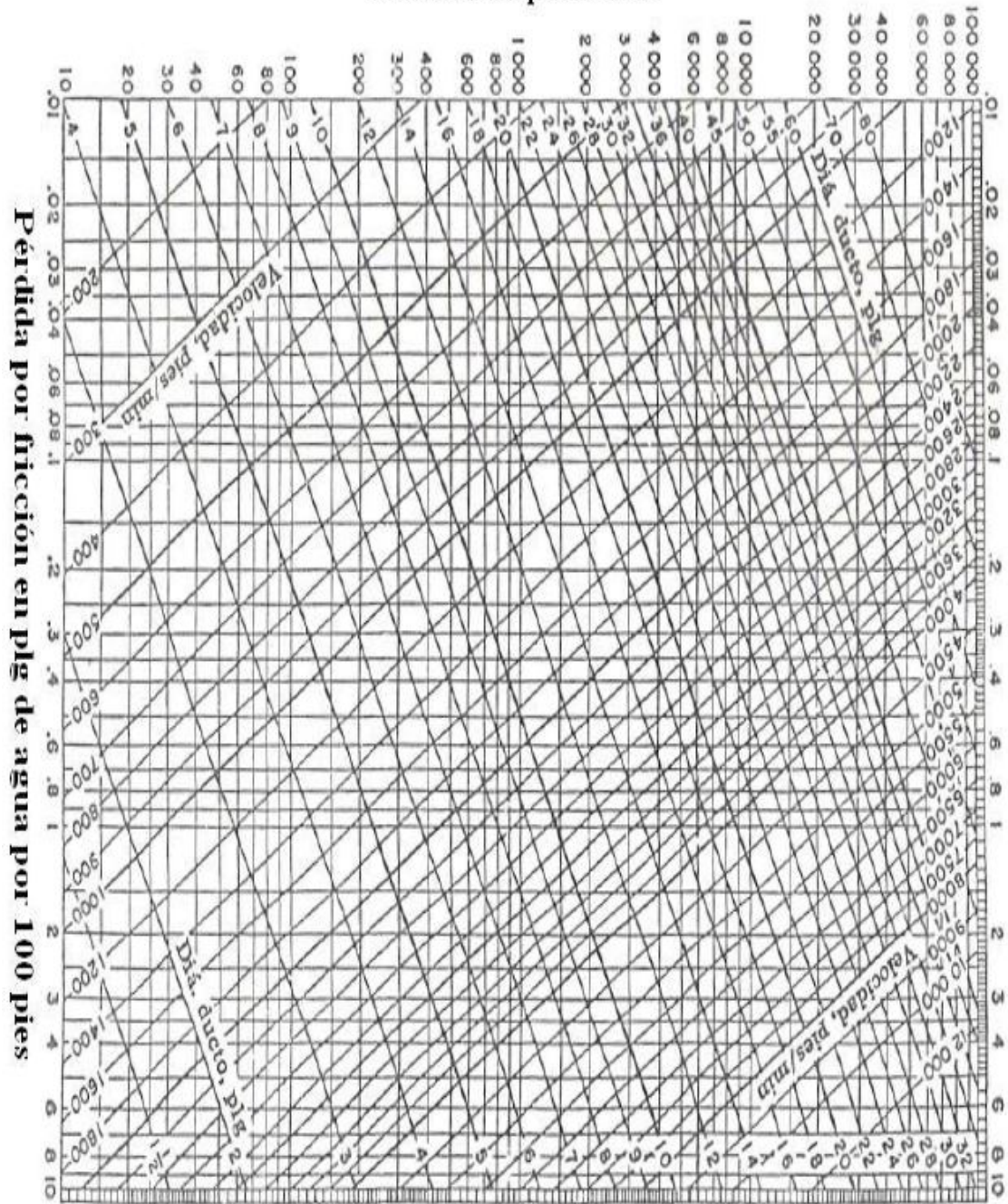


Figura 1. Grafica para determinar la perdida por friccion en ductos

ANEXO 12

CAUDAL		mm	150x150	225x225	300x300	375x375	450x450	525x525	600x600	
(m³/h)	(l/s)	Spa	6x6	9x9	12x12	15x15	18x18	21x21	24x24	
		A _k	0,0109	0,0244	0,0435	0,0679	0,0978	0,1331	0,1739	
100	27,8	V _k	2,5	1,1						
		X	0,5	0,3						
		P _t	4,5	0,9						
		NR	1,8							
120	33,3	V _k	3,1	1,4						
		X	0,8	0,4						
		P _t	6,5	1,3						
		NR	2,2	0,8						
140	38,9	V _k	3,8	1,6						
		X	0,7	0,5						
		P _t	8,9	1,8						
		NR	2,6	0,9						
160	44,4	V _k	4,1	1,8	1,0					
		X	0,8	0,5	0,4					
		P _t	11,6	2,3	0,7					
		NR	2,9	1,3						
180	50,0	V _k	4,8	2,0	1,1					
		X	0,9	0,6	0,4					
		P _t	14,7	2,9	0,9					
		NR	3,2	1,6						
200	55,6	V _k	5,1	2,3	1,3					
		X	1,0	0,7	0,5					
		P _t	18,2	3,6	1,1					
		NR	3,5	1,8	0,6					
250	69,4	V _k	6,4	2,8	1,6	1,0				
		X	1,2	0,8	0,6	0,5				
		P _t	28,4	5,7	1,8	0,7				
		NR	4,0	2,4	1,2					
300	83,3	V _k	7,8	3,4	1,9	1,2				
		X	1,5	1,0	0,7	0,6				
		P _t	40,9	8,2	2,6	1,1				
		NR	4,5	2,8	1,6	0,7				
350	97,2	V _k	8,9	4,0	2,2	1,4	1,0			
		X	1,7	1,2	0,9	0,7	0,6			
		P _t	55,7	11,1	3,5	1,4	0,7			
		NR	4,9	3,2	2,0	1,1				
400	111,1	V _k		4,6	2,6	1,6	1,1			
		X		1,3	1,0	0,8	0,7			
		P _t		14,5	4,6	1,9	0,9			
		NR		3,5	2,4	1,5	0,7			
450	125,0	V _k		5,1	2,9	1,8	1,3			
		X		1,5	1,1	0,9	0,7			
		P _t		18,4	5,8	2,4	1,1			
		NR		3,8	2,7	1,7	1,0			
500	138,9	V _k		5,7	3,2	2,0	1,4			
		X		1,7	1,2	1,0	0,8			
		P _t		22,7	7,1	2,9	1,4			
		NR		4,1	2,9	2,0	1,3			
600	166,7	V _k		6,8	3,8	2,5	1,7	1,3		
		X		2,0	1,5	1,2	1,0	0,9		
		P _t		32,7	10,3	4,2	2,0	1,1		
		NR		4,5	3,4	2,5	1,7	1,1		
700	194,4	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								
800	222,2	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								
900	250,0	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								
1000	277,8	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								
1200	333,3	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								
1400	388,9	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								
1600	444,4	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								
1800	500,0	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								
2000	555,6	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								
2500	694,4	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								
3000	833,3	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								
3500	972,2	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								
4000	1111,1	V _k								
		X								
		P _t								
		NR								

Simbología

- V_k = Velocidad efectiva en m/s
- X = Alcance en m
- P_t = Presión total en Pa
- NR = Índice nivel sonoro en dB

Tabla 18. Tabla de selección para difusores 50-FR-4

ANEXO 13

MEDIDA	AREA LIBRE EFECTIVA PULG.2	VELOCIDAD EL AIRE							
		300 (PIES/ MIN)	400 (PIES/ MIN)	500 (PIES/ MIN)	600 (PIES/ MIN)	700 (PIES/ MIN)	800 (PIES/ MIN)	900 (PIES/ MIN)	1000 (PIES/ MIN)
10 X 6	42	87	116	146	175	204	233	262	291
12 X 6	51	107	142	178	214	249	285	320	356
10 X 8	57	119	159	199	239	279	318	358	398
12 X 8	70	146	194	243	291	340	388	437	485
14 X 8	83	172	230	287	344	402	459	517	574
12 X 12	108	225	300	375	450	525	600	675	750
20 X 10	150	312	416	520	624	728	832	936	1040
18 X 12	163	339	452	565	678	791	904	1017	1130
30 X 8	181	378	504	630	756	882	1008	1134	1260
24 X 12	223	465	620	775	930	1085	1250	1395	1550
18 X 18	249	519	692	865	1038	1211	1384	1557	1730
24 X 14	261	543	724	905	1086	1267	1448	1629	1810
30 X 12	282	588	784	980	1176	1372	1568	1764	1960
24 X 18	346	720	960	1200	1440	1680	1920	2160	2400
30 X 18	433	903	1204	1505	1806	2107	2408	2709	3010
24 X 24	461	960	1280	1600	1920	2240	2560	2880	3200
36 X 18	520	1083	1444	1805	2166	2527	2888	3249	3610
30 X 24	583	1215	1620	2025	2430	2835	3240	3645	4050
36 X 24	695	1449	1932	2415	2898	3381	3864	4347	4830
30 X 30	734	1530	2040	2550	3060	3570	4080	4590	5100
36 X 30	877	1827	2436	3045	3654	4263	4872	5481	6090
48 X 24	936	1950	2600	3250	3900	4550	5200	5850	6500
48 X 30	1172	2442	3256	4070	4884	5698	6512	7326	8140
40 X 36	1417	2952	3936	4920	5904	6888	7872	8856	9840
PRESION ESTATICA NEGATIVA (PULG H2O)		0.014	0.023	0.038	0.06	0.83	0.115	0.147	0.188

Tabla 19. Tabla de selección de rejilla

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

YUNUS A. ÇENGEL Y MICHAEL A. BOLES
TERMODINAMICA
QUINTA EDICION
MC GRAW HILL

ROY J. DOSSAT
PRINCIPIOS DE REFRIGERACION
SEGUNDA EDICION
CECSA

ING. EDUARDO HERNÁNDEZ GORÍBAR
CALEFACCIÓN, AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION
PRIMERA EDICION
TOMO 1, 2,3
EDICIONES CIENCIA Y TECNICA, S. A.

ENGINEERING EQUATION SOLVER
© 1992-2003 S.A. KLEIN
PROFESIONAL VERSION 6.804
PROGRAMA COMPUTACIONAL

