

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Diseño del Sistema de Aire Acondicionado VRV para la Biblioteca de la
Universidad San Francisco de Quito.**

DIEGO IGNACIO ARAUJO DUEÑAS

GUIDO MICHAEL LUZURIAGA CAMPOVERDE

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

Quito, 18 de mayo de 2010

Universidad San Francisco de Quito

Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Diseño del Sistema de Aire Acondicionado VRV para la Biblioteca de la
Universidad San Francisco de Quito.**

DIEGO IGNACIO ARAUJO DUEÑAS

GUIDO MICHAEL LUZURIAGA CAMPOVERDE

Andrés Proaño, Esp.

Director de Tesis y

Miembro del Comité de Tesis

Laurent Sass, Ph.D.

Miembro del Comité de Tesis

Fernando Romo, M.Sc.

Miembro del Comité de Tesis

Quito, mayo de 2010

© Derechos de Autor

Diego Ignacio Araujo Dueñas

Guido Michael Luzuriaga Campoverde

2010

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por ser la fuerza que siempre está conmigo, haciendo que cada paso que doy en la vida tenga un significado más profundo. En los buenos y malos momentos ha sido mi compañía.

A mis padres, que siempre estuvieron apoyando cada una de mis decisiones en mi vida estudiantil. Gracias por ser ese soporte diario para salir adelante cuando se presentan adversidades y luchar por lograr las metas que me he propuesto.

A mi hermano por ser un amigo más y apoyarme en los momentos duros de mi carrera. Siempre me acordaré de ese empujón que recibí de él cada vez que lo necesité.

A mi director, Ing. Andrés Proaño, por guiarme en cada uno de los pasos dados para la consecución de este proyecto y alentarnos a la consecución de nuestro título. Además, por convertirse en un amigo al cual admiro mucho.

A todos mis profesores de mi vida estudiantil, por las enseñanzas, tanto académicas como personales, que me dieron a lo largo de mi carrera de Ingeniería. Sus lecciones han sido valiosas para sacar adelante muchos proyectos y para formarme como un profesional íntegro.

Diego Ignacio

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar un trabajo tan arduo como el desarrollo de la presente tesis, es inevitable no mostrar una inmensa gratificación a todas las personas que han facilitado que este trabajo llegue a un feliz término. Por ello, es para mí un verdadero placer, expresar mis agradecimientos a todas las personas que estuvieron a mi alrededor en todas las actividades propuestas durante esta tesis.

Debo agradecer de manera especial y sincera al Ing. Andrés Proaño por aceptar la dirección y brindar todas las herramientas y conocimientos necesarios para el desarrollo de esta tesis. Su apoyo, confianza y capacidad en mi trabajo han sido un aporte invaluable, no solamente en lo académico, sino también en mi formación como ingeniero. Su orientación y seriedad, han sido la clave del buen trabajo que se ha realizado, el cual no se hubiera podido forjar sin su siempre oportuna participación.

A mis padres y hermanos que a pesar de la distancia siempre estuvieron pendientes y me brindaron confianza y optimismo sin importar los malos momentos que ocurren en la vida de una persona. Por su apoyo y por todo el esfuerzo que realizan para verme sobresalir.

A mis Tíos Eurio y Judy, que a más de brindarme un hogar a lo largo de estos años, me acogieron como hijo, me supieron orientar, brindar cariño y acompañar como unos verdaderos padres. Gracias

Guido Michael

RESUMEN

Las actividades de los seres humanos están afectadas por factores externos. Uno de ellos es el confort del lugar donde se desenvuelven. Se detecta que uno de los problemas más grandes de la Biblioteca de la Universidad San Francisco de Quito es la falta de comodidad de los usuarios debido a las altas temperaturas del interior. El objetivo de este proyecto es realizar el diseño de un sistema de aire acondicionado para el edificio. Considerando el tamaño del edificio, la disminución de costos y la tecnología actual, se opta por un sistema VRV (Volumen de refrigerante variable, por sus siglas en inglés).

El proyecto inicia con una validación del mismo, analizando los resultados a encuestas realizadas a los usuarios. Se requiere hacer un levantamiento arquitectónico del lugar, a fin de actualizar los planos existentes. Luego de ello, se procede a calcular las cargas térmicas del lugar, tanto internas como externas y en sus formas sensible y latente. A partir de este resultado, se puede obtener la carga total del edificio, lo que permite seleccionar los equipos necesarios para acondicionar el aire, además del control necesario para integrarlo a otros sistemas. Se realiza un estudio psicrométrico para comprobar los resultados obtenidos. Finalmente se presenta un presupuesto referencial de la instalación del sistema y los planos del mismo.

ABSTRACT

External factors affect human beings daily activities. One of these external factors is the comfort given by the place where they develop. It is detected that one of the biggest problems that the San Francisco de Quito University Library faces is the lack of commodity of users because of the high temperatures of the building. The goal of this project is to develop the design of an Air-Conditioning system for this place. Considering the size of the building, diminish in costs and the technology achieved nowadays, it is considered a VRV (Variable Refrigerant Volume) system as the best choice.

The project begins with a justification of it by analyzing the polls made to users of the Library. It is required to update the original blueprints of the building. The next step is to measure the cooling load, internal and external; sensible and latent heat. From this result, it can be estimated the total cooling load, which is necessary to select the equipment for the HVAC system as well as the control to integrate to other systems. After that, there is a psychrometric analysis to validate the results obtained before. Finally, it is presented a budget of the installation of the system and the corresponding blueprints.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
SIMBOLOGÍA.....	xviii
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I	4
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	4
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
JUSTIFICACIÓN	6
CAPÍTULO II	8
DEFINICIÓN DE LAS CARGAS TÉRMICAS.....	8
TASAS DE FLUJO DE CALOR	8
CONSIDERACIONES INICIALES DE DISEÑO.....	11
CONSIDERACIONES EXTERIORES DE DISEÑO.....	13
CONSIDERACIONES INTERIORES DE DISEÑO	14
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	15
FECHA Y TIEMPO	16
CONSIDERACIONES ADICIONALES	17
MÉTODOS DEL CÁLCULO	19
Método Seleccionado.....	20
Desarrollo del Método	21
CARGAS INTERNAS.....	22

Luces.....	22
Personas	26
Aplicaciones	29
Ventilación	30
Infiltraciones	32
CARGAS EXTERNAS.....	33
Techos	33
Paredes.....	36
Ventanas.....	38
Carga de Conservación	40
Transferencia de Calor por Cocina	43
CARGA DE DISEÑO	45
CONDICIONES DE EVALUACIÓN.....	46
CÁLCULO DE LOS CFMS.	47
CAPITULO III.....	48
ESTUDIO PSICROMÉTRICO	48
PROPIEDADES PSICROMÉTRICAS	48
Temperatura de Bulbo Seco	49
Temperatura de Bulbo Húmedo	49
Temperatura de Rocío.....	50
Humedad Relativa.....	51
Volumen Específico	51
PROCESO PSICROMÉTRICO DEL AIRE	52
CAPITULO IV	62
SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	62

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS POR ZONAS	62
ANÁLISIS DE SISTEMAS VRV.....	64
INTRODUCCIÓN A LOS CIRCUITOS DE AIRE ACONDICIONADO VRV	65
UNIDADES EXTERIORES	68
UNIDADES INTERIORES	71
SISTEMAS CONFORMADOS	78
DISEÑO DE CONDUCTOS	84
Normas para la fabricación de conductos	87
CAPÍTULO V	92
JUSTIFICATIVO ECONÓMICO	92
INSTALACIÓN	92
LOCALIZACIÓN	93
OBJETIVOS DEL SISTEMA VRV.....	95
CAPÍTULO VI	97
CONTROL DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	97
CONTROL.....	98
PROTOCOLO DE TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN	99
DIAGRAMA DE CONTROL	101
CAPÍTULO VII	103
PLANOS Y PRESUPESTO REFERENCIAL	103
PLANOS.....	103
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO SUBSUELO	104
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PLANTA BAJA	106
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PLANTA ALTA	108

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO AUDITORIO	110
PLANTILLA EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO	112
PRESUPUESTO REFERENCIAL	114
CONCLUSIONES	115
RECOMENDACIONES.....	117
BIBLIOGRAFÍA.....	118
APÉNDICES	121

ÍNDICE DE TABLAS

1. Zonificación de la Biblioteca Universidad San Francisco de Quito.....	12
2. Área referencial de energía por zonas.....	13
3. Luminarias.....	24
4. Factores luminarias.....	25
5. Porcentaje Personas Biblioteca USFQ.....	27
6. Factor de Carga de enfriamiento por persona.....	28
7. Carga térmica por persona.....	28
8. Propiedades de los componentes del Techo.....	34
9. Propiedades de los componentes de paredes.....	36
10. Resumen de contribución de cargas térmicas de paredes por zonas.....	38
11. Distribución carga térmica total.	45
12. Condiciones de Diseño para ciclo de aire acondicionado.....	53
13. Relaciones de Humedad y entalpía en el ciclo de aire acondicionado.....	56
14. Distribución de cargas de la Biblioteca por zonas.....	63
15. Cargas de zonas a acondicionar.....	64
16. Análisis de rejillas.....	86

17. Dimensiones de conductos.....	86
18. Presupuesto referencial sistema de aire acondicionado Biblioteca.....	114

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Esquema de un pleno retorno de aire.....	42
2. Proceso psicrométrico del acondicionamiento del aire.....	55
3. Sistema de refrigeración simple.....	65
4. Sistema de aire acondicionado split.....	66
5. Sistema de aire acondicionado multi split.....	67
6. Sistema de aire acondicionado VRV.....	68
7. Unidad exterior de 192,000 Btu/h Mitsubishi City Multi.....	69
8. Unidad exterior de 288,000 Btu/h Mitsubishi City Multi.....	70
9. Equipo de AC suspendido en el tumbado Mitsubishi City Multi.....	73
10. Equipo de AC tipo piso Mitsubishi City Multi.....	74
11. Equipo de AC tipo Fan Coil Mitsubishi City Multi.....	75
12. Equipo de AC tipo Cassette de 4 vías Mitsubishi City Multi.....	77
13. Sistema de Aire Acondicionado Planta Baja 1.....	79
14. Sistema de Aire Acondicionado Planta Baja 2.....	80
15. Sistema de Aire Acondicionado Planta Alta 1.....	81
16. Sistema de Aire Acondicionado Planta Alta 2.....	82

17. Sistema de Aire Acondicionado Auditorio.....	83
18. Vista de un espacio con equipos tipo Fan Coil Mitsubishi City Multi.....	94
19. Vista de un espacio con equipos tipo Cassette Mitsubishi City Multi.....	95
20. Esquema de funcionamiento de un sistema VRV.....	95
21. Sistema de control de aire acondicionado.....	98
22. Control Remoto ME.....	99
23. Usos del protocolo LonWorks.....	100
24. Controlador centralizado AG-150.....	101
25. Esquema de control para el sistema de aire acondicionado de la Biblioteca USFQ..	102

ÍNDICE DE ECUACIONES

1. Conductancia térmica de un material.....	9
2. Resistencia total de una estructura compuesta.....	10
3. Transferencia de calor por conducción.....	10
4. Carga de enfriamiento.....	20
5. Carga por iluminación.....	23
6. Ganancia de calor por luz.....	24
7. Carga térmica por personas (sensible).....	26
8. Carga térmica por personas (latente).....	27
9. Carga térmica por aplicaciones (sensible).....	29
10. Cálculo de calor sensible por ventilación.....	31
11. Cálculo de calor latente por ventilación.....	31
12. Cálculo de U para el techo.....	34
13. Cálculo de carga térmica para el techo.....	35
14. Cálculo de U para paredes.....	36
15. Carga por paredes a partir de CLTD.....	38
16. Cálculo de carga en ventanas con factor GLF.....	39

17. Carga térmica por tumbado (sensible).....	42
18. Transferencia de calor (sensible).....	44
19. Carga por unidad de área.....	46
20. Cálculo de los CFM en función de carga térmica y temperaturas.....	47
21. Cálculo de temperatura de mezcla.....	52
22. Cálculo de calor sensible efectivo.....	57
23. Cálculo de calor latente efectivo.....	58
24. Cálculo de gran calor total.....	58
25. Factor de calor sensible efectivo.....	59
26. Cambio de temperatura de aire deshumidificador.....	60
27. Cambio de temperatura a la salida del acondicionador.....	60
28. Cantidad de aire suministrado al local.....	60
29. Cantidad de aire bypeaseado.....	60
30. Temperatura de bulbo seco a la entrada del acondicionador.....	61
31. Temperatura de bulbo seco a la salida del acondicionador.....	61

SIMBOLOGÍA

ΔT	Diferencia de temperatura
ΔT_{deshum}	Cambio de temperatura del aire deshumidificado
Δw	Diferencia de humedad absoluta
A	Área de transmisión
ADP	Punto de rocío del aparato
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning
ASTM	American Society for Testing and Materials
BF	Factor de ByPass
C	Conductancia térmica
c_{aire}	Calor específico del aire
CFM	Caudal de aire impulsado
CLF	Factor de carga de enfriamiento
CLFel	Factor lumínico por carga de enfriamiento
CLFp	Factor de carga de enfriamiento por personas
CLTD	Diferencia de temperatura de carga de enfriamiento
Fsa	Factor de permisibilidad lumínico
Ful	Factor de uso lumínico
GLF	Factor de Carga del Vidrio
GTH	Gran calor total
H	Entalpía
HG	Ganancia de Calor por luz
k	conductividad térmica

L	Espesor
L_{aire}	Calor latente aire
LH	Calor latente del local
LHF	Calor latente efectivo del local
LNGp	Ganancia de calor latente por persona
N	Número de personas
Q	Calor transmitido
Q_L	Calor latente
Q_s	Calor sensible
R	Resistencia térmica
SH	Calor sensible del local
SHF	Calor sensible efectivo del local
SHFE	Factor de calor sensible efectivo
SHGp	Calor sensible emitido por personas en una actividad específica
SMACNA	Sheet Metal and Air-Conditioning Contractor's National Association
T_a	Temperatura de diseño
tb	Temperatura de la sección más caliente
$T_{\text{db ent}}$	Temperatura de bulbo seco a la entrada del acondicionador
$T_{\text{db sal}}$	Temperatura de bulbo seco a la salida del acondicionador
TE	Temperatura exterior
TFM	Método de función de transferencia
ti	Temperatura de la sección más fría
Ti	Temperatura interior actual

T_M	Temperatura de mezcla
t_p	Temperatura pleno retorno
t_r	Temperatura espacio acondicionado
U	Conductividad total del material
V_{bp}	Caudal de aire bypassado
VRV	Volumen de refrigerante variable
$V_{suministrado}$	Caudal de aire suministrado
$V_{tratados}$	Caudal de aire tratado
W	Potencia de la lámpara
w	Humedad absoluta
ρ_{aire}	Densidad del aire

INTRODUCCIÓN

La Biblioteca de la Universidad San Francisco de Quito abarca a más de 500 estudiantes semanalmente. Conjuntamente cuenta con una importante variedad de material académico, el cual no se encuentra bajo un cuidado adecuado: los libros no son preservados bajo un estricto control de humedad y temperatura de aire. Las instalaciones cuentan con un sistema de aire acondicionado deficiente que no controla ni brinda niveles de temperatura y humedad adecuados. Adicionalmente, el lugar físico se encuentra junto a las instalaciones de gastronomía y restaurantes, lo que produce la emisión de olores incómodos para los usuarios.

La solución del problema consiste en la instalación de un sistema de aire acondicionado y ventilación que controle tanto los niveles de temperatura, dependiendo de las cargas térmicas (personas, computadores, clima, entre otros), como la humedad del ambiente y los malos olores.

El sistema de Volumen Refrigerante Variable “VRV” es un sistema de aire acondicionado que, además de cumplir con requerimientos de confort a los usuarios, posee flexibilidad y un control inteligente que se adapta fácilmente a las características del entorno. Para cumplir con estas demandas de trabajo, el sistema VRV proporciona avanzadas capacidades de división de aire por zonas, mejoras de rendimiento de energía, ahorro de espacio, confiabilidad y control de humedad y temperatura.

El objetivo general de este trabajo es realizar el estudio y diseño de un sistema de aire acondicionado VRV que cubra las deficiencias mencionadas. El proyecto requiere el cálculo

de las cargas térmicas en la biblioteca, así como de los niveles de temperatura y humedad producidos por estas cargas.

Entre los objetivos específicos están:

- Mantener el confort ambiental en el interior de la biblioteca.
- Dotar a la Universidad San Francisco de Quito de una solución a un problema de alta temperatura en la biblioteca.
- Analizar el control del aire acondicionado para adaptarlo a un sistema Building Management System.
- Reducir costos de operación, mantenimiento e instalación del Sistema de Aire Acondicionado VRV.

Este proyecto será beneficioso para la Universidad San Francisco de Quito ya que los usuarios y funcionarios de la Biblioteca se encontrarán en un ambiente agradable para realizar sus actividades.

CAPÍTULO I

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Universidad San Francisco de Quito está ubicada en Cumbayá, 11 kilómetros al nororiente de Quito. Uno de los servicios que presta, no solamente a la comunidad universitaria (profesores, alumnos, personal administrativo), sino al público en general, es la Biblioteca. Conocida por ser una de las más completas en el país, “es depositaria de las colecciones bibliográficas del Banco Mundial, del Banco Interamericano de Desarrollo y de la Organización de las Naciones Unidas” (Biblioteca USFQ). Entre las instalaciones que posee se pueden destacar las salas de lectura o estudio, el auditorio, una sala de audiovisuales, red de computadoras para consulta y una hemeroteca.

La ocupación de las diferentes zonas de la biblioteca es bastante alta. “Las épocas previas a exámenes finales o de medio semestre son aquellas donde mayor concurrencia tienen las diferentes instalaciones” (Pinto, Entrevista Personal). La capacidad nominal de la biblioteca es de 331 personas sentadas.

El flujo de personas, sumado al clima del valle de Cumbayá y la estructura y orientación de la biblioteca, hace que la temperatura interior esté muy por encima de la temperatura de confort estándar de un edificio de estas características.

Sin embargo de la afluencia de gente a la biblioteca, al comparar ésta con la comunidad universitaria, se puede determinar que es un porcentaje mínimo. Entonces surge la

pregunta de la razón por la cual las personas no acuden con mayor frecuencia a este edificio. Escuchando las quejas y sugerencias de algunas personas, se pudo conocer que uno de los mayores problemas encontrados es que no se encuentran satisfechos con el ambiente climático al interior.

Se realizó una encuesta entre los usuarios comunes de la biblioteca (ver Apéndice 1) a fin de determinar el grado de satisfacción del ambiente de la instalación. Según el análisis de los resultados (ver Apéndice 2), se pudo percibir que la mayor parte de los usuarios no están conformes debido a las altas temperaturas que se sienten en la biblioteca, lo cual no permite un estudio o lectura agradable. Se debe tomar en cuenta que uno de los mayores usos de la biblioteca es el estudio o trabajo por parte de los estudiantes, siguiendo las recomendaciones de la Universidad, que por cada hora presencial de clase, un estudiante debería dedicar una hora adicional por su cuenta.

Por esta razón, el mayor problema de la biblioteca, y la razón por la cual no hay un gran porcentaje de usuarios frecuentes, es la falta de climatización en el edificio, lo cual provoca un ambiente que no posee las condiciones de confort necesarias para una instalación de estas características.

Entre los aspectos de mayor importancia que influyen en este problema están:

- La localización geográfica de la universidad y la orientación del edificio “Biblioteca”
- La falta de ventilación del edificio, tomando en cuenta el tamaño del mismo
- La afluencia de gente, equipos, etc., dentro de la biblioteca.

- El clima que se vive actualmente en el mundo y, en particular, en la zona ecuatorial.
- La estructura de paredes y techos en el edificio.

JUSTIFICACIÓN

Una vez identificado el problema, es importante determinar las soluciones posibles para el mismo. Dentro de ellas, existen algunas que no son factibles, mientras que otras se las podría aplicar.

La biblioteca es un recurso muy importante para los estudiantes universitarios. Es la fuente de consultas, aunque en los últimos tiempos ha sido reemplazada, en parte por facilidad y en parte por comodidad de las personas, con el Internet. Además, es el lugar de encuentro de muchos grupos de estudio entre los estudiantes, quienes aprovechan las facilidades físicas que posee la biblioteca para realizar sus trabajos, estudiar para sus pruebas y exámenes o para realizar algún tipo de investigación particular.

Los profesores de la Universidad también son usuarios de este servicio ya que proporciona fuentes adicionales de consulta, fuente de actualización en cada uno de los campos, etc.

Por esta razón, es importante que la biblioteca preste el mejor de los servicios, a fin de explotar las capacidades de cada usuario. Es entonces que se debe buscar mejorar la infraestructura y el servicio. Por ello, se pretende dar un paso adicional al aspecto del edificio, brindando un ambiente de confort propicio para los usuarios. Este ambiente de confort

pretende controlar la temperatura y la humedad, aspectos muy importantes para el trabajo de una persona.

Entre las soluciones que se podrían plantear está el cambio de orientación de la biblioteca, el cambio de los componentes estructurales y, seguramente la más factible de todas, la instalación de un sistema de aire acondicionado eficiente para el edificio.

La instalación del mismo, para que sea eficiente, debe incluir un estudio previo sobre las necesidades del edificio en cuanto a este aspecto. Debido a los cambios sufridos a lo largo de los años, en donde se incluye el crecimiento de la comunidad universitaria y modificaciones a la estructura del edificio, se requiere un estudio nuevo, aplicando las técnicas desarrolladas en los últimos años para el cálculo más exacto de cargas térmicas.

Es recomendable realizar el estudio con el fin de utilizar equipos de última tecnología, ya que son los más eficientes para este tipo de instalaciones. La Biblioteca de la Universidad San Francisco es reconocida en el medio, por lo que cualquier obra debe estar acorde a los avances tecnológicos del medio.

CAPÍTULO II

DEFINICIÓN DE LAS CARGAS TÉRMICAS

La función básica del sistema de aire acondicionado es brindar confort a los usuarios. Para ello, una de las principales acciones es la extracción de calor cuando hay exceso del mismo en el local. El cálculo de la carga térmica es de vital importancia para el dimensionamiento de los equipos que realizarán este trabajo.

La carga térmica se define como las tasas de energía entregada, en el caso de calentamiento, o removida, en el caso de enfriamiento, requeridas para mantener un ambiente a las condiciones deseadas de temperatura y humedad (ASHRAE Handbook, P 18-1).

Para este proceso se debe tomar en cuenta la diferencia de temperatura entre el ambiente exterior con el del local, la contribución de la radiación a través de paredes techos y ventanas, el almacenamiento de calor en espacios cerrados y la contribución de personas, equipos e iluminación artificial.

TASAS DE FLUJO DE CALOR

Los materiales utilizados para la construcción, tales como ladrillo, vidrio, estructura metálica, entre otros, tienen propiedades térmicas que facilitan o impiden la transmisión de calor desde un lugar a otro.

ASME clasifica a los materiales en 10 grupos importantes, de acuerdo a sus características. Es muy importante tomar en cuenta este aspecto, especialmente en la búsqueda de propiedades térmicas de materiales compuestos o de estructuras con múltiples capas.

La propiedad que nos indica la capacidad de conducir energía térmica se la conoce como conductividad térmica (k) cuyas unidades (en el sistema inglés) son $\frac{Btu \cdot in}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$ o

$\frac{Btu}{h \cdot ft \cdot ^\circ F}$ si se conoce el espesor nominal material (ASHRAE Fundamentals, P4-2).

La conductancia es un valor más específico de cada aplicación ya que toma en cuenta el espesor del material, así:

$$C = \frac{k}{L}$$

Ecuación 1. Conductancia térmica de un material

C: conductancia

L: espesor (en pulgadas) del material en cuestión.

La resistencia térmica (R), se la obtiene con el recíproco de la conductancia. Es un valor muy importante ya que, haciendo la analogía con un circuito eléctrico, cuando se tienen varias capas en una estructura, la resistencia térmica total es la suma de las resistencias parciales (como un circuito en serie). De esta forma, para cualquier estructura compuesta, se tiene:

$$R_{total} = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

Ecuación 2. Resistencia total de una estructura compuesta

El factor U o la conductividad total, es el recíproco de la resistencia térmica total. Permite establecer la capacidad que tiene la estructura, en conjunto, para transmitir el calor entre 2 ambientes con temperaturas diferentes (Ibid). En unidades inglesas, se mide en

$$\frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$$

La transmisión de calor se calcula a partir del factor U de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Ecuación 3. Transferencia de calor por conducción

Q: calor transmitido $\frac{Btu}{h}$

U: conductividad total del material $\frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$

A: Área de transmisión (plano perpendicular a la dirección de flujo de calor) ft^2

ΔT : diferencia de temperatura entre los 2 ambientes. $^\circ F$

CONSIDERACIONES INICIALES DE DISEÑO

El edificio que se considerará para el diseño de aire acondicionado es la biblioteca de la Universidad San Francisco de Quito. Es una construcción que data de 1990 y que está conformada por dos plantas principales y unas construcciones adicionales que conforman un pequeño subsuelo y un auditorio formando un piso adicional por encima del primero.

La edificación es parte de una construcción más grande, el Edificio Eugenio Espejo. Este edificio tiene, además de la biblioteca, el Teatro Epicuro, el hall principal, algunos salones de clase y los restaurantes (anexos al edificio). Frente al edificio están ubicados los baños del edificio.

Uno de los mayores problemas de la biblioteca es la afluencia de gente y la exposición de algunos de los frentes y el techo a la luz solar. Se puede prever que esto genera una carga térmica considerable, la cual debe ser extraída por los equipos.

La inconformidad se puede medir con la opinión de la gente en cuanto a las reuniones de trabajo o estudio en la biblioteca. Un gran porcentaje de estudiantes prefieren reunirse en salones de clase o en sus casas debido a la falta de confort en el edificio.

Para realizar un estudio más detallado de las cargas que recibe la Biblioteca, se realizó una zonificación de la misma, de tal forma que se pueda realizar un análisis individual y, al mismo tiempo, en conjunto de todo el edificio. Para ello, se realizó la siguiente tabla donde se detallan las divisiones realizadas:

ZONIFICACIÓN	
PLANTA BAJA	
Zona 1	Área de Lectura
Zona 2	Información
Zona 3	Audiovisuales
Zona 4	Cabina 1
Zona 5	Cabina 2
Zona 6	Cabina 3
Zona 7	Cabina 4
Zona 8	Cabina 5
Zona 9	Cabina 6
Zona 10	Cabina 7
SUBSUELO	
Zona 11	Procesos Técnicos
1ER PISO	
Zona 12	Baños
Zona 13	Area de Lectura 2
Zona 14	Hemeroteca
Zona 15	Cubículo 1
Zona 16	Cubículo 2
Zona 17	Cubículo 3
Zona 18	Cubículo 4
Zona 19	Cubículo 5
Zona 20	Cubículo 6
2DO PISO	
Zona 21	Corredor
Zona 22	Auditorio

Tabla 1. Zonificación de la Biblioteca Universidad San Francisco de Quito.

Adicionalmente, se realizaron mediciones del espacio a analizar debido a que los planos disponibles en la Universidad no correspondían a la distribución actual del edificio (Ver Apéndice 3). Por esta razón, se realizó la siguiente tabla del Área Referencial de Energía:

Cálculo de Área Referencial de Energía

Zona	Ancho [m]	Largo [m]	Área Bruta [m ²]	Adicionales [m ²]	Sustracciones [m ²]	A _E [m ²]	Altura entre Plantas [m]	Volumen Bruto de Carga [m ³]
PB			0.0			0.0		0.0
Zona 1	20.22	7.30	147.6			147.6	5.80	856.1
Zona 2	9.46	14.78	139.8		7.88	131.9	2.88	380.0
Zona 3	9.77	13.62	133.1		27.16	105.9	3.16	335.0
Zona 4	1.60	1.98	3.2			3.2	2.44	7.7
Zona 5	1.60	1.98	3.2			3.2	2.44	7.7
Zona 6	1.60	1.98	3.2			3.2	2.44	7.7
Zona 7	1.60	1.98	3.2			3.2	2.44	7.7
Zona 8	1.60	1.98	3.2			3.2	2.44	7.7
Zona 9	1.60	1.98	3.2			3.2	2.44	7.7
Zona 10	2.81	2.90	8.1			8.1	2.44	19.9
SB								
Zona 11	12.93	9.41	121.7		3.17	118.5	2.88	341.3
P1			0.0			0.0		0.0
Zona 12	9.80	3.95	38.7	2.30	4.74	36.3	2.66	96.5
Zona 13	16.41	42.40	695.8	116.47	165.97	646.3	4.64	2,998.8
Zona 14	3.40	16.80	57.1			57.1	3.76	214.8
Zona 15	3.25	5.25	17.1			17.1	2.66	45.4
Zona 16	3.25	4.48	14.6			14.6	2.66	38.7
Zona 17	3.25	4.48	14.6			14.6	2.66	38.7
Zona 18	3.25	5.04	16.4			16.4	2.66	43.6
Zona 19	3.93	3.77	14.8			14.8	2.40	35.6
Zona 20	3.75	4.65	17.4			17.4	2.40	41.9
P2			0.0			0.0		0.0
Zona 21	2.60	11.50	29.9	9.50		39.4	2.66	104.8
Zona 22	10.00	9.70	97.0			97.0	2.63	255.1
Total						1,502.0		5,892.4

Tabla 2. Área Referencial de Energía por zonas. Biblioteca Universidad San Francisco de Quito.

CONSIDERACIONES EXTERIORES DE DISEÑO

El edificio de la biblioteca se puede considerar como 4 frentes y un techo, los cuales contribuirán con carga térmica al interior. El techo está formado por chova, tabla triplex, ruberol y una capa de aire. La inclinación del mismo no es considerable, por lo que se lo puede asumir completamente horizontal.

Las paredes están hechas de bloque y enlucido. Por otro lado, hay ventanas hacia el exterior con un área considerable de hierro como marco, lo cual se debe tomar en cuenta para el factor U de transmisión. Las ventanas más grandes, justamente, dan hacia el este y oeste de la biblioteca, por lo cual reciben un gran porcentaje de radiación.

Hay que considerar que no todas las paredes tienen contribución de carga térmica debido a que algunas están cubiertas por el interior del edificio. Al lado oriental, los restaurantes y cafetería cubren gran parte de la pared. Al norte, el edificio de la Facultad de Gastronomía cubre por completo ese frente. Al sur, la pared da hacia el hall principal, por lo que también está cubierta. La pared occidental si tiene una contribución grande ya que toda su superficie recibe directamente los rayos solares.

CONSIDERACIONES INTERIORES DE DISEÑO

La biblioteca brinda algunos servicios a los estudiantes, personal docente y administrativo y al público en general. Las personas, los equipos eléctricos, la iluminación, entre otros aspectos, representan carga térmica que debe ser extraída de la edificación.

Existe afluencia de gente, la cual pasa sentada o con movimientos de desplazamiento lentos (caminar hasta las mesas, buscando un libro, entre otros). Las personas, en cualquier estado, generan carga térmica. Un ejemplo de esto es que el cuerpo humano permanece a 37°C pese a que una habitación esté a 20°C. Implica que al interior del cuerpo humano se genera energía, la cual compensa la pérdida por transferencia del cuerpo hacia el medio.

En la biblioteca, los equipos de mayor uso son las computadoras; se pueden encontrar PCs de consulta, laptops de los usuarios, computadoras Macintosh para búsqueda de libros y computadoras de los funcionarios de este servicio de la universidad. Estos equipos producen calor que queda al interior. Por otro lado, en la hemeroteca se tienen otros equipos como televisores, dvds, equipos de música, entre otros, los cuales también producen carga al interior.

La iluminación es un aspecto fundamental de la biblioteca. Al considerar especialmente como un sitio de lectura y estudio, todas las secciones de ésta deben tener una buena iluminación. Sin embargo, esto genera una gran carga térmica que debe ser evacuada para mantener unas condiciones de confort. En la mayor parte de casos se utiliza “luz fría”, es decir, que produce poca carga térmica, pero hay lámparas que utilizan iluminación común y corriente.

FRECUENCIA DE OPERACIÓN

La biblioteca está abierta, en el semestre regular, de lunes a viernes entre 8:00 y 21:00 y los sábados entre 8:00 y 16:00. Los semestres regulares son de fines de agosto a fines de diciembre, de principios de enero a fines de mayo y de inicios de julio a fines de julio. Es decir, alrededor de 1 mes (Agosto), no atiende al público.

Podemos considerar que la mayor parte de carga térmica se entrega en las horas de uso, con algunas excepciones: el sol inicia su contribución, todos los días del año aproximadamente a las 6:00 y termina a las 18:00, hay personal de limpieza y administrativo desde las 7:30 de la mañana aproximadamente, entre otros.

Los fines de semestre son las épocas más concurridas por parte de los estudiantes, aunque en los últimos años se ha podido constatar que la concurrencia a incrementado, debido principalmente al crecimiento de la población estudiantil de la Universidad. Por esta razón, durante una porción del día, la biblioteca está a su capacidad máxima.

El servicio de audiovisuales no es concurrido en su capacidad total, principalmente debido a la facilidad para conseguir material fuera de la universidad.

Por tanto, de acuerdo a los horarios entre semana de la Biblioteca, la frecuencia de operación es de 13 horas diarias.

FECHA Y TIEMPO

Los cálculos de cargas se hicieron en base a las cantidades máximas de entrega de energía de los elementos mencionados anteriormente. Para la transmisión de carga por el sol, se consideraron los meses de junio y julio, especialmente, donde hay mayor contribución. No se aleja mucho de la realidad ya que, debido a los cambios climáticos, se puede percibir una gran cantidad de sol en la mayor parte del año, ayudado además por la ubicación de la ciudad muy cerca de la línea ecuatorial.

Para la cantidad de personas, se consideraron las épocas de mayor concurrencia, a fines de semestre. Además, en estas épocas, hay gran cantidad de equipos eléctricos utilizados y la iluminación encendida en su totalidad.

CONSIDERACIONES ADICIONALES

Como ya se mencionó antes, se debe tomar en cuenta que la biblioteca es simplemente uno de los componentes del edificio Eugenio Espejo. En este edificio se encuentra el Teatro Calderón de la Barca, el Hall de entrada, aulas y oficinas, entre otros elementos. Por esta razón, algunos de los lados de la biblioteca están cubiertos total o parcialmente, lo cual implica un efecto nulo del sol sobre ellos.

Existe una contribución de la pared que da a la Facultad de Gastronomía debido a que la cocina está al otro lado de ésta. Por tanto se genera una temperatura mayor a uno de los lados de la pared y, para balancear este aspecto, hay una transmisión de carga térmica hacia la biblioteca.

Uno de los factores a tomar en cuenta es que el techo de la biblioteca tiene una estructura triangular, y hay una separación que promedia 1.20 m con respecto a las láminas del cielo falso al interior de la biblioteca. Por tanto, además de la transmisión de calor hacia el interior, hay un almacenamiento de calor en el aire al interior de esta estructura. Este aire entrega poco a poco ese calor por convección hacia el espacio interno del edificio.

Al momento de calcular la carga total de la biblioteca de la USFQ, se encontraron variables que afectan el cálculo de las cargas térmicas, que son difíciles de establecer en forma precisa por que cambian en magnitud durante un período de 24 horas, como es por ejemplo la carga de enfriamiento.

Se calculó la carga de enfriamiento de una manera más precisa, analizando detalladamente las siguientes condiciones:

- Datos atmosféricos del lugar.
- Características del establecimiento.
- Orientación del edificio, dirección de las paredes y ventanas del área a acondicionar.
- Características de los aislamientos.
- Cantidad de sombra en las ventanas.
- Tipo de materiales utilizados en paredes, techos y ventanas.
- Carga máxima en un determinado día y hora.
- Fuentes de calor internas.
- Cantidad de personas en el local.
- Condiciones de ventilación requeridas.

Adicionalmente a la carga de enfriamiento, existen 5 tipos de fuentes anexas tales como: luces, personas, aplicaciones, ventilación e infiltración. La localización, tipo e intensidad de cada una de estas fuentes afecta significativamente la contribución de ganancia de calor en un área.

En el caso específico de la Biblioteca de la USFQ, existen luminarias, equipos de oficina, electrodomésticos, copadoras, personal/estudiantes.

MÉTODOS DEL CÁLCULO

Los primeros esfuerzos de investigación reconocen la importancia de la interacción entre dos variables claves: el sol y la capacidad térmica de calor de un edificio.

En 1967, ASHRAE dio a conocer un método que utiliza un diferencial de valores equivalentes de temperatura y un sistema de promedio de tiempo (TETD/TA), para calcular las cargas de enfriamiento de un espacio a acondicionar. Este método; Método del Tiempo Promedio, calcula las ganancias de todas las fuentes de calor para conseguir una sola ganancia de calor instantáneo del espacio a acondicionar, es decir, convierte la carga de enfriamiento de un espacio mediante el uso de factores de ponderación, que representan la influencia de almacenamiento térmico del edificio. Por lo general este método es difícil y tedioso para los usuarios, pero ofrece a usuarios experimentados la capacidad de analizar efectos de almacenamiento térmico y efectos de sombreado externo sobre la carga de enfriamiento. (ASHRAE Fundamentals, P.7-12)

El método de función de transferencia (TFM) fue introducido en la ASHRAE en 1972, y aproxima el planteamiento de balance de calor como concepto fundamental en el cálculo de la carga de enfriamiento. Este método no sólo determina la carga de enfriamiento del espacio a acondicionar, sino que también evalúa la tasa en la que el calor es removido del espacio a acondicionar, la temperatura del espacio y el tipo de unidad de refrigeración que se utiliza. Este método es muy complejo por las relaciones matemáticas que utiliza en los códigos de computadora. (ASHRAE Fundamentals, P.7-13)

El tercer método reconocido por la ASHRAE, es un proceso que utiliza la diferencia de temperatura de una carga de enfriamiento (CLTD), la combinación de factores de carga de

enfriamiento (CLF), o una combinación de ambos, para cada componente de carga de un espacio a acondicionar. El método (CLTD/CLF); cargas por temperatura diferencial y factores de carga de enfriamiento, se encuentra al alcance para el cálculo de cargas de enfriamiento de zonas residenciales y edificios. (ASHRAE Fundamentals, P.7-13)

El método CLTD/CLF calcula la carga de enfriamiento para techos y paredes mediante la ecuación básica:

$$Q = U * A * \Delta T$$

Ecuación 4. Carga de enfriamiento

Q = Carga de enfriamiento. (Btu/h)

U= Coeficiente de transferencia de calor. (Btu/h.ft²°F)

A= Área de Transferencia de Calor. (ft²)

ΔT= Diferencia de temperaturas, incluido el valor de CLTD de tablas para la corrección. (°F)

Método Seleccionado

En la presente Tesis se desarrollo un proceso de cálculo de cargas térmicas que son utilizadas para la implementación de un Sistema VRV de Aire Acondicionado en la biblioteca de USFQ.

El método que se selecciono es el cálculo de cargas por temperatura diferencial y factores de carga de enfriamiento (CLTD/CLF). Este método considera los coeficientes de transferencia de calor de cada uno de los materiales de la biblioteca de la USFQ, diferencias de temperatura y su efecto en la carga de enfriamiento en el espacio a acondicionar.

Desarrollo del Método

La ASHRAE define un rango de condiciones de temperatura y humedad para que las personas que se encuentren realizando algún esfuerzo físico o trabajo ligero, se encuentren satisfechas bajo las condiciones térmicas de un determinado espacio a acondicionar. Adicionalmente existen tres parámetros que afectan directamente el confort del usuario: temperatura, humedad y temperatura radiante. (ASHRAE Fundamentals, P.3-3)

Para el cálculo de la carga térmica de la biblioteca de la USFQ:

- Se organizaron los espacios físicos de la biblioteca en zonas independientes.
- Se seleccionaron las condiciones de diseño: temperatura y humedad.
- Se determinaron las condiciones interiores de diseño y las temperaturas de los espacios físicos dentro de la biblioteca de USFQ.
- Se seleccionaron los coeficientes de transmisión.
- Se calcularon las pérdidas de calor por paredes, pisos, techos, ventanas, puertas y elementos de los cimientos.
- Se calculó la carga de calor a través de la infiltración del aire exterior y por transmisión e infiltración.
- Se determinaron las temperaturas máximas diarias entre los meses de Mayo y Junio entre las 2:00 pm y 4:00 pm.

- Pese a que se considera el horario entre 2:00 y 4:00 pm, el presente estudio justifica las temperaturas máximas de lo que va del presente año. En el mes de marzo se registro la mayor temperatura con un tope de 29°C, temperatura a la que se establecieron las condiciones exteriores.

CARGAS INTERNAS

También conocidas como cargas térmicas, son la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad. Las cargas internas se expresan en Btu, pero la unidad utilizada comercialmente relaciona unidad de tiempo, es decir: Btu/hr. (ASHRAE Handbook, P.18-3)

Luces

Las luminarias corresponden a una fuente adicional de calor sensible, este calor se emite al ambiente mediante convección, radiación y conducción. Solo una pequeña fracción del calor emitido por radiación es absorbida por los materiales que rodean la luminaria y el calor remanente es contribuido al ambiente a través de radiación y convección. (Ibid)

La pérdida por radiación es absorbida por las paredes, pisos, muebles, y la perdida por convección es una contribución directa a la ganancia de calor del local. (ASHRAE Handbook, P.18-4)

Dentro de la Biblioteca de la USFQ existen dos tipos de luminarias: incandescentes y fluorescentes.

Luminarias incandescentes funcionan mediante el calentamiento por efecto Joule de un filamento metálico, actualmente se consideran poco eficientes ya que el 90% de la electricidad que consume la transforma en calor y solo el 10% restante en luz. (Upc.edu)

Luminaria fluorescente transforman un 25% de la energía absorbida en luz, mientras que el otro 25% se disipa en radiación hacia las paredes y el resto en conducción y convección. (TecnicaIndustrial.es)

La carga por iluminación dentro de la Biblioteca de la USFQ, es un importante componente de la carga de enfriamiento. Este componente de carga es difícil de calcular debido a que el almacenamiento de calor debido a la luminaria puede ser muy diferente en un momento dado a la tasa de carga de enfriamiento de la luminaria. (ASHRAE Fundamentals, P.10-3)

La fuente primaria de calor de la luminaria proviene de elementos emisores de luz como por ejemplo las lámparas. El calor adicional puede ser generado a partir de los balastos y otros accesorios propios de las luminarias.

La carga térmica en cualquier instante de tiempo debido a la luminaria se calculó a través:

$$Q = HG * CLF$$

Ecuación 5 Carga por Iluminación

Q = carga por iluminación. (Btu/h)

HG = ganancia de calor por luz.

$$HG = 3.41 * W * Ful * Fsa$$

Ecuación 6. Ganancia de calor por luz.

W = potencia de la lámpara. (W)

Ful = factor de uso lumínico.

Fsa = factor de permisibilidad lumínico.

CLF = factor lumínico de carga de enfriamiento. (Ver Apéndice 4)

La potencia total de luz (W) se obtuvo a partir de la cantidad total de luces instaladas. Para la Biblioteca de la USFQ se encontró:

Luminarias	Potencia
420	40 W

Tabla 3 Luminarias

El factor de uso lumínico (Ful) es la proporción de potencia en uso, para las condiciones sobre las cuales se estimó la carga de luminaria y la potencia instalada. Para aplicaciones como la biblioteca de la USFQ el factor que se utilizó y recomendado por la ASHRAE es 1.0 (ASHRAE Fundamentals, P.10-3).

El factor de permisibilidad lumínico (Fsa) es la relación entre el consumo de energía y el valor nominal de consumo de energía de las lámparas. Para las luces incandescentes, este factor es 1. Para las luces fluorescentes, el factor de permisibilidad lumínico puede ser inferior

a 1. En la caso de biblioteca se utilizó un valor recomendado por la ASHRAE de 1.2 para lámparas de 40 W con componentes magnéticos. (Ibid)

El factor lumínico de carga de enfriamiento (CLFel) se obtuvo a partir de la Tabla 10.1 de la ASHRAE “Factor de Carga de Enfriamiento para Luminarias”. La Biblioteca de la USFQ tiene una clasificación de Zona C, que se obtuvo a partir de la Tabla 9-4.a de la ASHRAE Fundamentals 2000 “Tipos de Zona para uso de Tablas con SCL, CLF, y Edificios”, a partir de esta designación de Zona se obtuvo en la Tabla 10.1 un valor de 0.96. (ASHRAE Fundamentals, P10-5)

Por consiguiente para los equipos de iluminación de la Biblioteca se utilizó los siguientes valores recomendados por la ASHRAE:

Ful	Fsa	CLFel
1	1.2	0.96

Tabla 4. Factores Luminarias

Se calculó la carga térmica total debido a la iluminaria considerando la cantidad total de luces en la biblioteca de la USFQ con sus respectivos factores antes descritos y recomendados por la ASHRAE. La carga térmica debido a la iluminaria dentro de la Biblioteca de la USFQ es:

Q (Btu/h)	29,742
------------------	--------

Los cálculos respectivos se muestran en el Apéndice 5.

Personas

De acuerdo a la actividad que realice una persona dentro de un establecimiento se pueden encontrar diferentes estados de metabolismo del cuerpo que resultan completamente en calor y que deben ser continuamente disipados y regulados para mantener una temperatura normal del cuerpo humano.

Un adulto en reposo produce aproximadamente 390 Btu/h de calor, y debido a que la mayor cantidad de este calor es transferido al ambiente es conveniente caracterizar el metabolismo humano en términos de producción de calor sensible y latente dependiendo de los diferentes estados de actividad del cuerpo humano. (ASHRAE Handbook, p.18-3)

El calor sensible transferido por medio de una persona a la carga térmica de un establecimiento, se encuentra afectado por las condiciones térmicas propias del establecimiento dado que un porcentaje del calor sensible es energía radiante.

El calor sensible es el calor que se puede sentir o palpar, se lo puede detectar con un termómetro y es aquel calor transferido directamente al espacio acondicionado por medio de conducción, radiación y convección. (Ibid)

La carga térmica sensible por personas se calculó a través:

$$Q = N * SHG_p * CLF_p$$

Ecuación 7 Carga térmica por personas (Sensible)

Q = es la carga térmica sensible por personas (Btu/h).

N = es el número de personas en el interior del edificio.

SHGp = es calor sensible emitido por la persona en una actividad específica. (Ver Apéndice 6)

CLFp = factor de carga de enfriamiento por persona. (Ver Apéndice 7)

El calor latente es considerado usualmente instantáneo, es calor invisible que no se puede detectar con un termómetro. (ASHRAE Handbook, P.18-3)

La carga térmica latente por personas se calculó a través:

$$Q = N * LNGp$$

Ecuación 8. Carga térmica por personas (Latente)

Q = es la carga térmica latente por persona (Btu/h).

N = es el número de personas en el interior de edificio.

LNGp = es la ganancia de calor latente por persona. (Ver Apéndice 6)

En la biblioteca de la USFQ, se calculó el calor total de los ocupantes a partir de un estimado de personas, es decir se consideró 3 diferentes horarios de concurrencia a la biblioteca, en los cuales las instalaciones se encontraban ocupadas en un porcentaje del 50 %, 33% y 66% respectivamente.

Porcentaje	Gente
33 %	141
50 %	211.5
66 %	282

Tabla 5. Porcentaje Personas Biblioteca USFQ

El factor de carga de enfriamiento por persona (CLFp) se obtuvo a partir de la Tabla 10.2 de la ASHRAE “Factor de Carga de Enfriamiento para Personas”. La Biblioteca de la USFQ tiene una clasificación de Zona C para personas, que se obtuvo a partir de la Tabla 1 de ASHRAE Fundamentals 2000 “Tipos de Zona para uso de Tablas con SCL, CLF, y Edificios”. A partir de esta designación de Zona se obtuvieron de la Tabla 10.2 los siguientes valores para los 3 diferentes horarios de concurrencia:

Porcentaje	Tiempo Horas	Hora de Inicio	(CLFp)
33 %	6	10:00	0.86
50 %	8	12:00	0.79
66 %	2	13:00	0.14

Tabla 6. Factor de Carga de Enfriamiento por Persona

La mayor cantidad de actividades dentro de la biblioteca son de estudio e investigación, las cuales se las realiza sentado. De acuerdo a la Tabla 1 de la ASHRAE Handbook 2009 “Calor Ganado por medio de personas dentro de un establecimiento” se obtuvo los correspondientes valores:

Ganancia Calor Latente (Btu/h)	Ganancia Calor Sensible (Btu/h)
155	245

Tabla 7. Carga Térmica por Personas

La carga debido a las personas dentro de la Biblioteca de la USFQ es:

Total Sensible	Total Latente	Q (Btu/h)
81,526.20	98,348.00	179,874.20

Los cálculos respectivos se muestran en el Apéndice 8.

Aplicaciones

Se estimó la carga de enfriamiento de las aplicaciones considerando la carga térmica total generada por todos los equipos de la biblioteca de USFQ. Dada la existencia de variedad de equipos, aplicaciones, horarios e instalaciones, la carga de enfriamiento es muy subjetiva, porque los horarios de funcionamiento diarios de los equipos son establecidos propiamente por los usuarios y estos pueden cambiar de acuerdo a su necesidad.

La carga térmica sensible por aplicaciones se calculó a través:

$$Q = SHG * (CLF)$$

Ecuación 9. Carga térmica por aplicaciones (Sensible)

SHG = calor sensible ganado (Ver Apéndice 9)

CLF = factor de carga de enfriamiento por aplicaciones. (Ver Apéndice 7)

En la biblioteca de la USFQ, se calculó el calor total de las aplicaciones a partir de un horario estimado de uso de los equipos, es decir se consideró los horarios propiamente establecidos por el personal encargado de la biblioteca, los cuales atienden las necesidades de los estudiantes. De acuerdo a estos horarios de funcionamiento de los equipos, se establecieron

los factores de carga de enfriamiento (CLF) previamente aclarados para los diferentes equipos de la biblioteca.

La Biblioteca de la USFQ tiene una clasificación de Zona C para aplicaciones, que se obtuvo a partir de la Tabla 9-4.a de ASHRAE Fundamentals 2000 “Tipos de Zona para uso de Tablas con SCL, CLF, y Edificios” (Ver Apéndice 10). Adicionalmente se identificaron equipos de oficina como computadoras, copiadoras e impresoras como las aplicaciones que contribuyen mayoritariamente a la carga térmica total de las aplicaciones. La carga térmica por aplicaciones corresponde a una fuente adicional de calor sensible, este calor se emite al ambiente mediante convección y radiación.

La carga debido a las aplicaciones dentro de la Biblioteca de la USFQ es:

Q (Btu/h)	42,114
------------------	--------

Los cálculos respectivos se muestran en el Apéndice 11.

Ventilación

Para el cálculo de ventilación, se siguieron las recomendaciones de Carrier ya que se conoce el número de personas que pueden estar en la biblioteca. Carrier indica que el flujo de aire para confort tiene que ser de 13 m³/h. Siendo la capacidad de la biblioteca de 423 personas, requiere entonces un flujo de aire de 5,499 m³/h lo que equivale a 3,237 cfm de aire.

La ventilación tiene 2 componentes de contribución de calor, uno sensible y otro latente. El calor sensible se calcula, en Btu/h, mediante la siguiente fórmula:

$$\dot{Q}_S = \rho_{\text{aire}} \cdot c_{\text{aire}} \cdot \text{CFM} \cdot \Delta T \cdot 60$$

Ecuación 10. Cálculo de calor sensible por ventilación

\dot{Q}_S Calor sensible (Btu/h)

ρ_{aire} Densidad del aire (lbm/ft³)

c_{aire} Calor específico del aire (Btu/lbm·°F)

CFM Cantidad de aire impulsada (ft³/min)

ΔT Diferencia de temperatura (°F)

Mientras que el calor latente se obtiene a partir de:

$$\dot{Q}_L = \rho_{\text{aire}} \cdot L_{\text{aire}} \cdot \text{CFM} \cdot \Delta W \cdot 60$$

Ecuación 11. Cálculo de calor latente por ventilación

\dot{Q}_L Calor latente (Btu/h)

ρ_{aire} Densidad del aire (lbm/ft³)

L_{aire} Calor latente del aire (Btu/lbm)

CFM Cantidad de aire impulsada (ft³/min)

ΔW Diferencia de humedad absoluta (lb_{vapor}/lb_{aire})

Los valores de las constantes son los siguientes (ASHRAE):

$$C_{\text{aire}} = 0.242 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}^{\circ}\text{F}}$$

$$L_{\text{aire}} = 1075 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$$

De acuerdo a estos valores, para una diferencia de temperatura de 48.2°F se obtiene una carga térmica sensible de 169,909 Btu/h. La carga térmica latente, con una diferencia de humedad absoluta de 0.017829 lb_{vapor}/lb_{aire}, tiene un valor de 279,184 Btu/h. (Ver Apéndice 12)

Infiltraciones

Las infiltraciones son un aspecto a tomar en cuenta dentro de las cargas térmicas de un edificio. Las rendijas, apertura de puertas, ventoleras, entre otros. Para el cálculo de la carga que implican estos ítems, se desarrolló el método planteado por Carrier en donde considera cada uno de estos elementos por separado y el número de usuarios del edificio.

Se tiene una única puerta de acceso a la biblioteca, de tipo giratoria. Por esta puerta se supone el acceso de la capacidad total de la misma (423 personas). El flujo de aire por persona por puerta es de 11,0 m³/h, recomendado para bancos o similares, como es este caso (Carrier, p85). Así, debido al ingreso a la instalación, se tiene un caudal de 2,739 CFMs.

Se hizo una aproximación del área total que se puede encontrar en la biblioteca por rendijas y ventoleras. Para ventanas tipo A se tiene un caudal de aire de 6 m³/h por metro cuadrado (Ver Apéndice 13). De ahí que, para 10.47 m² de rendijas, aproximadamente se tiene un caudal de 37 CFMs, despreciable para estos casos. Así, el total de flujo por infiltraciones alcanza los 2,776 CFMs.

Al igual que para la carga por ventilación, la infiltración aporta un porcentaje de calor sensible y otro porcentaje de calor latente. De acuerdo a las ecuaciones 8 y 9, se tiene una carga de 145,712 Btu/h para calor sensible y de 239,424 Btu/h para calor latente (Ver Apéndice 14).

Por tanto, la carga total por ventilación e infiltraciones se resume así:

SENSIBLE: 315,569 Btu/h

LATENTE: 518,522 Btu/h

CARGAS EXTERNAS

Dentro de las cargas externas, están considerados los aportes de paredes, techos y ventanas debido a la temperatura del ambiente y a la radiación solar. Cada sección de la biblioteca tiene diferentes características en estos tres elementos, por lo que vale considerar cada uno de ellos por separado.

Techos

El análisis de la carga que genera el techo de la biblioteca viene dado por la investigación de los materiales que lo componen. Según comprobaciones visuales, conversaciones con encargados y ayudantes de Planta Física de la Universidad, así como el arquitecto de la misma, se pudo comprobar la presencia de los siguientes materiales:

- Chova 4 mm
- Triplex 20 mm

- Papel aluminio 5 mm
- Capa de aire 800 mm
- Ruberol 1 mm

Una pequeña sección de la biblioteca tiene losa además de los materiales descritos anteriormente. Sin embargo, es una sección tan pequeña, que la contribución adicional es despreciable comparada con el resto del tumbado.

Para el análisis, se debe calcular el factor U de la composición de materiales descrita anteriormente. Como se mencionó anteriormente, para ello es importante conocer las propiedades térmicas de cada uno de estos materiales. Los valores obtenidos provienen principalmente de las tabulaciones realizadas por el ASHRAE, publicadas en el ASHRAE Handbook 2009 para cálculos de cargas térmicas. Así, se muestra a continuación la siguiente tabla de las propiedades de estos materiales:

MATERIAL	Espesor	Espesor	k	C	R	U
	cm	in	btu-in/h-ft ² -F	Btu/h-ft ² -F	h-ft ² -F/Btu	Btu/h-ft ² -F
E. Metálica	0.30	0.12	0.19	1.64	0.61	1.64
P. Aluminio	0.50	0.20	0.32	1.64	0.61	1.64
T. Triplex	2.00	0.79	1.25	1.59	0.63	1.59
Chova	0.50	0.20	9.20	46.73	0.02	46.73
AIR FILM	100.00	39.37	0.18	0.00	0.92	1.09

Tabla 8. Propiedades de los componentes del Techo Biblioteca Universidad San Francisco de Quito.

De acuerdo con la Ecuación 2, el valor R del techo es la suma de los R parciales de cada material, obteniendo un valor de 2.79 h-ft²-F/Btu. Así, el factor U del techo es:

$$U = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{2.79} = 0.358 \frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$$

Ecuación 12. Cálculo de U para el techo

Las zonas que tienen contribución de carga térmica con el techo son las áreas de lectura (incluida la hemeroteca) y la sala de audiovisuales. Sin embargo, el cálculo se las realiza por separado debido a que la temperatura interna actual es diferente para cada una de ellas.

El cálculo de la contribución de los techos viene dado por la siguiente fórmula:

$$\dot{Q} = A \cdot U \cdot \Delta T$$

Ecuación 13. Cálculo de carga térmica para el techo

\dot{Q}	Carga térmica (Btu/h)
A	Área (ft ²)
U	Factor U (Btu/(h · [ft]² · °F))
ΔT	Diferencia de temperatura entre la actual y la acondicionada (°F)

De ahí, los cálculos realizados para las 2 zonas arrojaron los siguientes resultados:

35,812 Btu/h Área de lectura

6,465 Btu/h Audiovisuales

Así, la carga total transmitida por el techo hacia el interior de la biblioteca es de 42,278 Btu/h (Ver Apéndice 15).

Paredes

El análisis de la contribución que tienen las paredes hacia el interior de la biblioteca es muy similar al realizado en el techo. Depende de los materiales que lo componen. Sin embargo, hay que tomar en cuenta un aspecto adicional: el hecho de que, dependiendo de la orientación de la pared, ésta tendrá diferente incidencia de luz solar y, por tanto, su contribución será distinta.

Según comprobaciones de material con el arquitecto de la universidad, el personal de planta física e inspecciones personales, se pudieron encontrar los siguientes componentes:

- Concreto 50 mm
- Bloque 150 mm

Los valores presentados a continuación fueron obtenidos del ASHRAE 2009 Handbook y permiten calcular el factor U de la pared en su totalidad.

MATERIAL	Espesor cm	Espesor in	k btu·in/h·ft ² ·F	C Btu/h·ft ² ·F	R h·ft ² ·F/Btu	U Btu/h·ft ² ·F
Concreto	5.00	1.97	20.00	10.16	0.10	10.16
Bloque	15.00	5.91	6.08	1.03	0.97	1.03

Tabla 9. Propiedades de los componentes de paredes, Biblioteca Universidad San Francisco de Quito.

Así, de acuerdo a la Ecuación 2, el R total es de 1.07 h·ft²·F/Btu, por lo que el factor U es:

$$U = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{1.07} = 0.935 \frac{Btu}{h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F}$$

Ecuación 14. Cálculo de U para paredes

El Método del CLTD realiza una corrección, donde se tiene información disponible, para los efectos de orientación de las paredes. Sus siglas vienen de *Cooling Load Temperature Difference* y permite, en un solo paso, encontrar la carga térmica por paredes (ASHRAE Fundamentals, P.7-13).

El primer paso para aplicar este método consiste en seleccionar el material principal del cual está compuesta la pared. En este caso, se eligió el bloque de concreto de 4 pulgadas, ya que es el más cercano al bloque utilizado (Ver Apéndice 16). Luego de ello, se escogió como material secundario al estuco y, de acuerdo a la resistividad de la pared obtenida anteriormente, se obtuvo que el tipo de pared es el tipo 1 (Ver Apéndice 17). Con esta información y, conociendo que la mayor carga de luz se da en el mes de julio, se escogió el valor más alto para cada orientación ya que se requiere calcular la carga máxima. Hay que tomar en cuenta que, como se mencionó anteriormente, se facilitó el estudio al tener solamente 4 orientaciones de pared: norte, sur, este y oeste. Así, Los siguientes son los factores utilizados:

Cara Norte: CLTD = 29

Cara Sur CLTD = 52

Cara Este CLTD = 64

Cara Oeste CLTD = 80

Con esta información, se procede a realizar el cálculo de la carga térmica, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\dot{Q} = A \cdot U \cdot CLTD$$

Ecuación 15. Carga por paredes a partir de CLTD

\dot{Q}	Carga térmica (Btu/h)
A	Área de pared expuesta (ft ²)
U	Factor U (Btu/(h · [ft] ² · °F))
CLTD	Cooling Load Temperature Difference (ver Apéndice 18)

Así, de acuerdo a la zonificación realizada, se presenta la siguiente tabla resumen de las cargas:

Zonas	Carga Térmica (Btu/h)
Zona 1	71,461
Zona 2	7,897
Zona 3	55,245
Zona 11	43,625
Zona 12	20,988
Zona 13	35,572
Zona 14	65,065
Zona 15	8,312
Zona 16	6,663
Zona 17	6,663
Zona 18	7,862
Zona 19	8,074
Zona 20	5,939
Zona 22	41,247
Total	384,614

Tabla 10. Resumen de contribución de Cargas Térmicas de paredes por zonas

Ventanas

Las ventanas tienen una doble contribución de carga hacia el interior del edificio. Por un lado, hay una conducción de calor desde el exterior hacia el interior a través del vidrio. Por

otro lado, la radiación solar juega un papel fundamental en este tipo de materiales ya que permite el paso de los rayos, y por ende, debido a la radiación, hay una contribución adicional.

En el ASHRAE 2001 Handbook, se presenta un método para realizar el cálculo de la contribución por ventanas en un edificio. Para ello, hace uso de un factor denominado GLF (Glass Load Factor), el cual incluye, para diferentes temperaturas, la contribución por conducción y radiación (Ver Apéndice 19).

De acuerdo a la tabla de GLF, se tomó un tipo de ventana sencillo, simple, regular, sin reflejo interior, para obtener un GLF de 34 para las ventanas orientadas al norte y 88 para las ventanas orientadas al este y oeste. Con estos factores, se puede determinar una contribución de las ventanas de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\dot{Q} = A \cdot GLF$$

Ecuación 16. Cálculo de Carga en Ventanas con factor GLF

\dot{Q}	Carga térmica (Btu/h)
A	Área efectiva de ventana (ft ²)
GLF	Glass Load Factor (Btu/h· ft ²)

Se especifica que A representa el área efectiva de la ventana debido a que, en la mayor parte de casos, éstas vienen acompañadas por marcos, los cuales no permiten radiación y, por tanto, solamente contribuyen con conducción de calor. Por esta razón, para la Biblioteca, se realizó una medición y estimación del área que representan los marcos y así poder calcular el área efectiva de ventana (Ver Apéndice 20).

Los marcos de las ventanas de la biblioteca son de hierro, por lo que permiten una fácil contribución de carga térmica al interior. Se realizó el cálculo del factor U a partir de la conductividad térmica del hierro $27.6 \frac{\text{Btu} \cdot \text{in}}{\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$ y, dados los 2 espesores encontrados en la Biblioteca (1.18 y 2 pulgadas), se puede obtener el factor U para ambos casos. Así, se pudo aplicar un procedimiento similar al utilizado en techos y paredes para calcular la contribución de los marcos.

Con estas consideraciones se procedió a realizar el cálculo de la carga térmica por ventanas (Ver Apéndice 21). La carga total obtenida fue de 102,187 Btu/h, distribuida entre el área de lectura de la planta baja, la Hemeroteca, los Cubículos, Procesos Técnicos y Audiovisuales. En el resto de zonas no se encuentran ventanas o éstas no tienen contacto directo con la luz solar.

Carga de Conservación

En la biblioteca de la USFQ, se encontró que el espacio por encima del tumbado se utiliza como una ruta de retorno de aire con conductos o mejor llamado un pleno retorno con conductos.

Un pleno retorno con conductos puede tener múltiples fuentes de calor en la ruta de acceso de aire. Estas fuentes de calor pueden ser cargas radiantes y conductivas, provenientes de la iluminación y los transformadores, cargas de conducción por paredes, techos, ventanas, conductos y sistemas de tuberías en el pleno retorno. (ASHRAE Handbook, P.18-34)

El calor proveniente de estas fuentes, es recogido por el retorno del aire. La diferencia de temperatura entre el tumbado y el espacio acondicionado es muy importante, porque la mayoría de temperaturas del pleno retorno se pueden elevar por encima de la temperatura del espacio acondicionado, generando así un gradiente térmico significativo para la transferencia de calor a través de las superficies de distribución de aire.

Cuando el pleno de un tumbado se usa como un pleno retorno con conductos como es el caso de la biblioteca de la USFQ, se requiere que el calor recogido en las luces en el retorno de aire, primeramente: formen parte de la carga de refrigeración, se transfieran de nuevo al espacio acondicionado a través del material del pleno del tumbado, y finalmente se pierdan parcialmente en el espacio acondicionado a través de sus superficies. (ASHRAE Handbook, P.18-35)

Las instalaciones de la biblioteca de la USFQ constan de varios pisos; el espacio acondicionado con frecuencia gana calor a través de sus superficies o pisos adyacentes. La carga radiante del tumbado es muy importante en el cálculo de la carga de enfriamiento de la biblioteca debido a las diferencias de temperatura. El calor de las luces y otros equipos eleva la temperatura del pleno del tumbado de forma considerable. Además las ganancias de calor solar en techos mal aislados, impulsan la temperatura del pleno del tumbado a niveles extremos, así mismo las ganancias de calor en conductos de suministro de aire sin aislar en el pleno del tumbado pueden disminuir dramáticamente la capacidad de enfriamiento para las instalaciones de la biblioteca.

La figura 1 muestra un esquema de un pleno de retorno de aire típico.

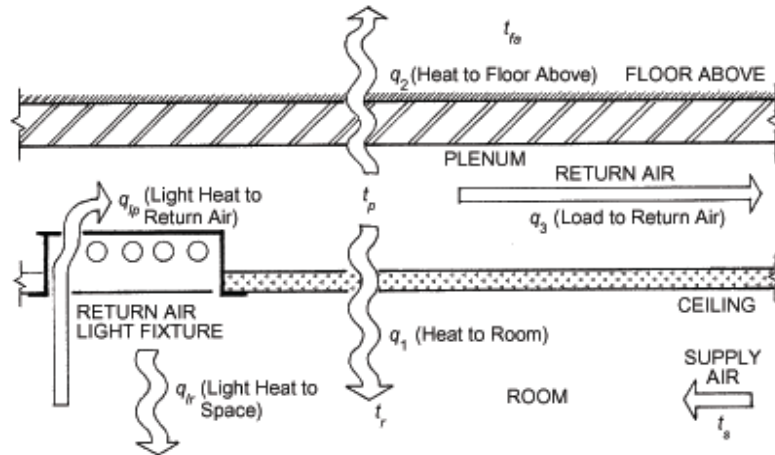


Figura 1. Esquema de un pleno de retorno de aire. Tomado ASHRAE Handbook, P.18-35

La ganancia de calor al espacio acondicionado a través del tumbado se calculó a través:

$$Q = U * A * (t_p - t_r)$$

Ecuación 17. Carga térmica por Tumbado (Sensible)

Q= Transferencia de Calor por Conducción (Btu/h)

U= Coeficiente de transferencia de calor. (Btu/h.ft².°F)

A= Área de Transferencia de Calor. (ft²)

tp= Temperatura Pleno Retorno. (°F)

tr= Temperatura Espacio Acondicionado. (°F)

La ecuación 15 representa el balance de calor de un pleno retorno diseñado para un espacio interior dentro de un edificio. La cantidad de flujo de aire a través de un pleno retorno por encima de un espacio condicionado no se encuentra limitado por la cantidad de aire suministrado en el espacio acondicionado, sin embargo no existe ningún efecto notable en la

temperatura del pleno retorno si el excedente de flujo de aire procede de un pleno adyacente que se encuentra operando a similares condiciones. (Ibid)

La ganancia de calor al espacio acondicionado de la biblioteca a través del pleno del tumbado se calculó considerando el área de cada instalación de la biblioteca, así mismo se consideró el coeficiente de transferencia de todos los materiales existentes en el techo, las respectivas temperaturas del pleno del tumbado y de los espacios a acondicionar.

La carga térmica debido al pleno del tumbado dentro de la Biblioteca de la USFQ es:

Q (Btu/h)	19,804
------------------	--------

Los cálculos respectivos se muestran en el Apéndice 22.

Transferencia de Calor por Cocina

La transferencia de calor es la energía transferida a causa de una diferencia de temperatura. La energía se mueve de una región de mayor temperatura a una región de menor temperatura por uno o más de tres modos: conducción, radiación y convección. (ASHRAE Fundamentals, P4-1)

Las instalaciones de la biblioteca de la USFQ se encuentran adyacentes a las instalaciones de Gastronomía, las cuales debido a sus operaciones se encuentran a temperaturas elevadas, existiendo de esta manera, una diferencia de temperatura entre las dos instalaciones antes mencionadas.

La ganancia de calor a la biblioteca de la USFQ se calculó a través:

$$Q = U * A * (t_b - t_i)$$

Ecuación 18. Transferencia de Calor (Sensible)

Q= Transferencia de Calor por Conducción (Btu/h)

U= Coeficiente de transferencia de calor. (Btu/h.ft².°F)

A= Área de Transferencia de Calor perpendicular a la dirección del flujo de calor. (ft²)

t_b= Temperatura de la sección más caliente. (°F)

t_i= Temperatura de la sección más fría. (°F)

Se calculó la transferencia de calor entre las instalaciones de Gastronomía y la biblioteca de la USFQ, considerando las diferencias de temperatura, las áreas de transferencia de calor perpendicular a la dirección de flujo de calor, y el coeficiente de transferencia de todos los materiales existentes, los cuales se determinaron como:

U (Btu/h.ft ² .°F)	A (ft ²)	T _b (°F)	T _i (°F)
0.935	871.8	84.2	75.2

La carga térmica debido a la transferencia de calor dentro de la Biblioteca de la USFQ es:

Q (Btu/h)	693.9
-----------	-------

Los cálculos respectivos se muestran en el Apéndice 23.

CARGA DE DISEÑO

Una vez realizados todos los cálculos de las contribuciones de carga térmica, tanto exteriores como interiores, se procede a establecer la carga de diseño de la Biblioteca de la Universidad San Francisco.

Para ello, se considerará por separado a la carga sensible y latente y, finalmente, sumar las 2 para obtener la carga total. Se debe tomar en cuenta que la carga principal que debe ser extraída por el sistema de aire acondicionado es la carga sensible y, usualmente, es la que se encuentra en mayor proporción en cualquier edificación (Proaño, Entrevista personal).

Se presenta a continuación una tabla resumen de las cargas sensibles y latentes, así como la carga total de diseño para el edificio:

DISTRIBUCIÓN CARGA TOTAL		
Calor Sensible		Q btu/h
Techo		69,934
Paredes		385,298
Ventanas		102,187
Personas		81,526
Iluminacion		29,742
Ventilación		315,569
Aplicaciones		42,114
	Q S btu/h	1,026,370
Calor Latente		Q btu/h
Personas		98,348
Ventilacion		518,522
	Q L btu/h	616,869
	Q TOTAL btu/h	1,643,239

Tabla 11. Distribución Carga Térmica total. Biblioteca Universidad San Francisco de Quito.

Como se puede apreciar, la carga total es de 1,643,239 Btu/h, carga bastante alta si se compara con el área de la biblioteca (1,502 m²), ya que, para una edificación en la ciudad de

Quito, la carga aproximada por m^2 está en alrededor de 800 Btu/h (Proaño, Entrevista personal). Realizando este mismo cálculo, se obtiene:

$$\frac{Carga}{m^2} = \frac{1643239}{1502} = 1094 \frac{Btu}{h \cdot m^2}$$

Ecuación 19. Carga por unidad de Área

La proporción de calor sensible a calor latente, de acuerdo a los valores de la tabla 4, es de 1.66 aproximadamente, siendo, tal como se esperaba, la mayor contribución al edificio.

CONDICIONES DE EVALUACIÓN

Como se mencionó anteriormente, en las Empresas dedicadas al diseño e instalación de Aire Acondicionado, se manejan parámetros estándar para realizar estimaciones iniciales de carga térmica. Para un edificio en Quito, el parámetro de aproximadamente 800 Btu/h por metro cuadrado de construcción, es el que se maneja actualmente. Por ello, la carga obtenida de 1094 Btu/h por metro cuadrado, para una edificación en Cumbayá, no está fuera de los parámetros ya que se conoce que la temperatura media de Cumbayá es más alta que en la ciudad de Quito.

Por otro lado, la proporción de calor sensible a calor latente fue, como se esperaba, mayor a 1 (1.66), lo cual implica un parámetro adicional para poder afirmar que los cálculos realizados fueron correctos.

Adicionalmente, la sensación de calor y de falta de confort confirmada por los usuarios de la biblioteca coincide con el cálculo de una excesiva carga térmica dentro del sitio estudiado. Esta carga será extraída por el sistema de aire acondicionado VRV.

CÁLCULO DE LOS CFMS.

Al haber obtenido la carga de diseño, se debe realizar el cálculo del flujo de aire que debe enviar el equipo de aire acondicionado para poder desalojar ese exceso de calor en la Biblioteca. Para ello, se hace uso de la siguiente fórmula:

$$CFM = \frac{\dot{Q}}{1.08(T_i - T_a)}$$

Ecuación 20. Cálculo de los CFM En función de Carga Térmica y Temperatura

CFM	Flujo de aire (ft ³ /min)
\dot{Q}	Carga térmica total (Btu/h)
1.08	Razón entre el calor específico y el volumen específico del aire húmedo
T_i	Temperatura interior actual (°F)
T_a	Temperatura de diseño (°F)

Así, con el uso de esta fórmula, los CFMs necesarios para este diseño arrojan un valor final de 93,921 CFMs (ft³/min). (Ver Apéndice 24)

CAPITULO III

ESTUDIO PSICROMÉTRICO

El estudio psicrométrico comprende el análisis de las propiedades termodinámicas que influyen en el aire húmedo, así como el efecto del mismo en el confort de las personas (TREJO y REYES, p. 27).

A partir del estudio psicrométrico, se podrá determinar las condiciones de confort en las cuales se mantendrá el espacio interior de la Biblioteca para que las personas puedan realizar sus actividades con completa normalidad, así como para que los libro, revistas y demás elementos que se encuentran en su interior puedan conservarse.

PROPIEDADES PSICROMÉTRICAS

Las propiedades psicrométricas son el conjunto de parámetros que describen por completo el estado del aire atmosférico (con contenido de humedad) en un punto determinado. Si se conocen dos de estos parámetros, los demás pueden ser determinados, ya sea en una carta psicrométrica o mediante un software.

Estas propiedades permiten determinar además los cambios que sufre el aire en un ciclo como el de aire acondicionado. Se tiene aire con diferentes características y, a partir de los parámetros que los describen, se puede relacionar y observar que implicaciones tiene cada proceso.

Temperatura de Bulbo Seco

Cuando una persona mide la temperatura de una habitación con un termómetro ordinario, está midiendo la temperatura de bulbo seco del aire. Ésta se define como “la temperatura medida por un termómetro ordinario de bulbo seco” (DOSSAT, p. 85).

Entre las recomendaciones para realizar esta medición está el recubrimiento del bulbo para evitar cualquier efecto de radiación que pueda afectar a la medida de temperatura (DOSSAT, p. 85).

Debido a que las mediciones realizadas en la biblioteca fueron al interior y alejadas de los rayos solares, no hubo necesidad de recubrir el bulbo. Se realizaron mediciones en las diferentes zonas para comprobar si, en alguna de ellas, la diferencia de temperatura era significativa con respecto a las demás. Las temperaturas variaban entre los 24 y 27°C, dependiendo de la zona.

Temperatura de Bulbo Húmedo

Si al bulbo del termómetro que se mencionó en el apartado anterior se lo recubre con un algodón húmedo, y se lo agita para que adquiriera la temperatura del medio, la medida de temperatura será menor a la obtenida con el bulbo seco. Esta es la temperatura de bulbo húmedo.

Se la puede definir como la temperatura medida con un termómetro de bulbo húmedo (DOSSAT, p. 86). Debido a que requiere una circulación de aire, para realizar la medición se agita el termómetro, especialmente si se encuentra en un espacio cerrado. A menos que haya

una saturación del 100% en el aire medido, siempre hay una diferencia entre la temperatura de bulbo seco y la de bulbo húmedo, siendo esta última menor que la primera.

Para realizar esta medición en la biblioteca, se procedió a cubrir el bulbo de un termómetro con algodón completamente húmedo y tomar algunas mediciones en las diferentes zonas, a fin de utilizar el valor más bajo conseguido como la temperatura de bulbo húmedo. Esto, en promedio junto con la temperatura de bulbo seco, permitió caracterizar completamente el aire dentro de la Biblioteca de la Universidad.

Temperatura de Rocío

Uno de los componentes del aire que respiramos es el vapor de agua. Este vapor de agua se encuentra en un estado de sobrecalentamiento, donde no se puede encontrar líquido. Sin embargo, se puede notar en la naturaleza que, a ciertas horas del día, especialmente en la mañana, los materiales expuestos al aire se encuentran húmedos, lo cual implica que hubo condensación de ese vapor.

Se la puede definir como la temperatura a la que se inicia la condensación si el aire se enfría a presión constante (Cengel, p.722). Básicamente, el vapor de agua sobrecalentado se enfrió a presión constante hasta llegar al punto de saturación. Si se retira más calor del aire, en lugar de disminuir la temperatura, esa energía retirada hará que el vapor saturado inicie un proceso de condensación.

Humedad Relativa

La relación que existe entre la cantidad de humedad contenida en el aire y la máxima cantidad de vapor de agua que el aire puede contener a la misma temperatura, se la denomina humedad relativa (Cengel, p.719).

Para las personas es fácil determinar, al menos cualitativamente, lugares donde la humedad relativa es mayor o menor. Por ejemplo, en nuestro país, es fácil darse cuenta cuando se pasa de la sierra a la costa ecuatoriana. El ambiente se dice “más húmedo” mientras más se acerca a la costa.

De igual forma, se puede caracterizar a la zona de Cumbayá como una zona de mayor humedad relativa que Quito. De acuerdo a los estudios presentados por el INHAMI, en los últimos años, el promedio de humedad para el valle de Cumbayá se encuentra alrededor del 80%.

Volumen Específico

La densidad del aire es diferente dependiendo de sus propiedades. A mayor temperatura, hay mayor espaciamiento entre las partículas que conforman el aire, las fuerzas que interactúan se vuelven menores y, por ende, la densidad disminuye.

El volumen específico es una propiedad intensiva (no depende de la masa analizada) y corresponde al recíproco de la densidad. Es la cantidad de volumen que se puede obtener por cada kilogramo de aire seco. En las tablas de gases, para el estudio termodinámico de cualquier fluido, es muy común encontrar esta propiedad para diferentes valores de temperatura y presión.

PROCESO PSICROMÉTRICO DEL AIRE

A partir de los datos recogidos por el INHAMI, se pudo determinar las características del aire exterior en Cumbayá. Se tiene una temperatura de bulbo seco de 29°C y una humedad relativa del 80%.

Por otro lado, se determinó unas condiciones de confort a partir de las recomendaciones que tiene el ASHRAE para edificios de este tipo. Se tiene así una temperatura de 20°C y una humedad relativa del 50%. Con esto, se tienen caracterizados 2 puntos de la carta psicrométrica para este ciclo.

Se requiere ahora caracterizar a la mezcla entre el aire interior y el aire de retorno. Para este tipo de edificios, la recomendación del ASHRAE es que se puede recircular hasta el 80% del aire. Por tanto, la temperatura de bulbo seco será proporcional a este porcentaje. De esta forma, se tiene el siguiente cálculo:

$$T_M = 0.8T_I + 0.2T_E = 21.8^\circ\text{C}$$

Ecuación 21. Cálculo de Temperatura de Mezcla

T_M Temperatura de mezcla (°C)

T_I Temperatura interior (°C)

T_E Temperatura exterior (°C)

Para la mezcla entonces ya se tiene un parámetro. El punto exacto en la Carta Psicrométrica se lo obtiene trazando una recta entre el punto de aire interior y el de aire

exterior. Sobre esta línea, se debe ubicar el punto de 21.8°C encontrado, para así obtener la caracterización completa de la mezcla.

Para el último punto del ciclo, la salida del acondicionador, se debe tomar en cuenta que el aire baja su temperatura hasta alrededor de los 5°C y muy cerca de la línea de saturación. Por ello, se caracterizó a este punto con una temperatura de 7.22°C y una humedad relativa del 98%, para poder cumplir con los estándares requeridos para acondicionar la Biblioteca.

A continuación se presenta una tabla con el resumen de estas condiciones establecidas para cada punto.

CONDICIONES INICIALES DE DISEÑO		
Exterior	Tbs	HR
	°C	%
	29	80
Interior	Tbs	HR
	°C	%
	20	50
Mezcla	Tbs	
	°C	
	21,8	
Salida del acondicionador	Tbs	HR
	°C	%
	7.22	98

Tabla 12. Condiciones de Diseño Para Ciclo de Aire Acondicionado. Biblioteca Universidad San Francisco de Quito.

Para obtener todas las propiedades de cada uno de estos puntos, se procedió a determinar las condiciones adicionales. El sector de Cumbayá se encuentra a 2400 m sobre el nivel del mar, lo cual corresponde a una presión atmosférica de 71.882 kPa. Se utilizó esta información ya que la Carta Psicrométrica varía de acuerdo a la presión atmosférica del lugar.

Luego de ello, se procedió a la utilización de 2 softwares diferentes para la comprobación de los datos. El primero fue Equation Solver, el cual, en su versión estudiantil entrega los datos pero no puede realizar el gráfico del proceso en la carta psicrométrica. El segundo software utilizado fue Psychrometric Chart + Ducto Calculator 4.0, el cual es un software libre para Universidades y estudiantes que lo utilicen para alguna aplicación dentro de estos parámetros. La diferencia obtenida entre uno y otro no fue significativa (errores menores al 0.01%), lo cual entrega confiabilidad en los resultados obtenidos (Ver Apéndice 25).

La ventaja del segundo software fue que se pudo obtener un diagrama psicrométrico del ciclo que sigue el aire dentro del acondicionamiento de la Biblioteca. Mostrando las diferentes fases por las que atraviesa el aire, el cual se muestra a continuación:

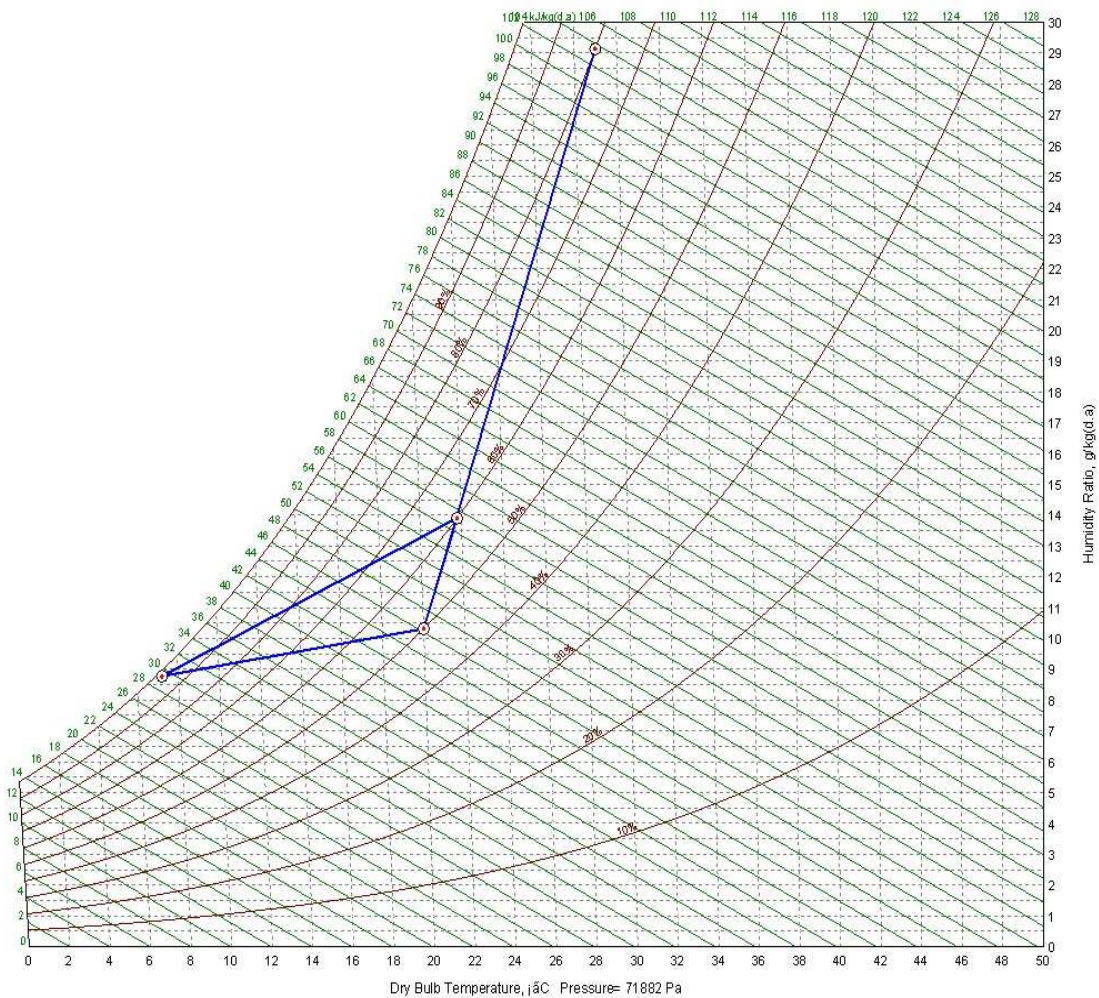


Figura 2. Proceso Psicrométrico del acondicionamiento del aire. Universidad San Francisco de Quito

El punto 1 es el aire acondicionado al interior de la Biblioteca. Como se puede observar en el diagrama, cumple los requerimientos establecidos con anterioridad. El punto 2 corresponde al aire exterior, el cual se encuentra a las condiciones de Cumbayá, según el INHAMI. El aire interior y exterior se mezcla para formar el punto 3. Debido a que las proporciones de flujo másico son diferentes, se observa que este punto está mucho más cerca

del punto interior que del exterior. Una vez realizada la mezcla, este aire es acondicionado en el dispositivo acondicionador, hasta obtener el punto 4, un aire bastante frío con un alto porcentaje de humedad. Esto se debe a que, al mezclarse con el aire de la biblioteca, este aire se calienta, hasta llegar a las condiciones de confort. Un gráfico más detallado se muestra en el Apéndice 26.

A partir de esta información, se puede presentar el siguiente cuadro resumen de algunos valores importantes:

CAMBIO DE HUMEDAD ABSOLUTA ENTRE AIRE ACONDICIONADO Y MEZCLA (kgv/kgga)		0.006294
CAMBIO DE HUMEDAD ABSOLUTA ENTRE MEZCLA Y AIRE EXTERIOR (kgv/kgga)		0.01442
CAMBIO DE ENTALPÍA LOCAL (kJ/kgga)		22.61
CAMBIO DE ENTALPÍA TOTAL (kJ/kgga)		33.11
ENTALPIA DEL LOCAL		
PUNTO DE DIVISIÓN	H=	37.659
H SENSIBLE		15.269
H LATENTE		7.341

Tabla 13. Relaciones de Humedad y Entalpía en el Ciclo de Aire Acondicionado. Biblioteca Universidad San Francisco.

A partir de la información recolectada, Carrier propone una hoja de cálculo en la cual se puede corregir los valores obtenidos de cargas térmicas, flujos de aire, así como confirmar los puntos establecidos para el ciclo de aire acondicionado (Ver Apéndice 27).

En primer lugar, el calor sensible del local debe corregirse ya que existen pérdidas por escape y fugas, por ganancia de calor en los conductos de impulso de aire y ganancias por el ventilador, ya que entrega energía al aire. Se parte de un valor de 258,645 kcal/h. Debido a que los conductos están desnudos dentro del local, la contribución es 0 (CARRIER, p. 1-106).

Se puede admitir un 10% de fugas, lo cual fue tomado en cuenta para obtener un valor más realista de la carga sensible (CARRIER, p. 1-106). El porcentaje de ganancia de calor por el ventilador, con una diferencia de temperatura entre el aire del local y el aire impulsado de alrededor de 10°C, es de 1.33 (Ver Apéndice 28). Con estos valores, se calcula un valor de calor sensible efectivo para el local, obteniendo un valor de 220,750 kcal/h, de la siguiente manera:

$$SHF = SH - 0.1133SH - 0.29Q_{\text{aire ext}}T_{\text{exterior}}BF$$

Ecuación 22. Cálculo de calor sensible efectivo

SHF	Calor sensible efectivo del local
SH	Calor sensible del local
0.1133	Proporción de pérdidas por fugas
0.29	Relación entre calor específico de aire húmedo y volumen específico del aire húmedo a condiciones estándar (21°C y 50% HR).
Q_{aire ext}	Flujo de aire exterior
T_{exterior}	Temperatura aire exterior
BF	Factor de bypass

Se utiliza un factor de Bypass de 0.1 y representa el porcentaje de aire que pasa a través de la batería sin sufrir ningún cambio (CARRIER, p.1-115). Es un factor de corrección

que nos asegura que, como sucede en la realidad, no todo el aire impulsado es acondicionado en el sistema.

Para el calor latente, Carrier recomienda que el porcentaje sea igual al usado en el calor sensible, por lo que se obtiene un valor final de 11.33%, disminuyendo el calor latente original de 155,451 kcal/h a 117,517 kcal/h de calor latente efectivo. El cálculo se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$LHF = LH - 0.1133LH - 0.72Q_{\text{vapor}}W_{\text{exterior}}BF$$

Ecuación 23. Cálculo de calor latente efectivo

LHF	Calor latente efectivo del local
LH	Calor latente del local
0.72	Razón entre el calor cedido por la evaporación de un gramo de vapor de agua y el volumen específico del aire húmedo a 21°C y 50% de humedad.
W_{exterior}	Humedad absoluta en grv/kg.

La suma de ambos entrega el calor total efectivo del local. Sin embargo, por el calor que puede entregar el aire exterior, se realiza un nuevo cálculo en el cual se toman en cuenta pérdidas por calor sensible, calor latente y un porcentaje por pérdida en la bomba. Así, el gran calor total es de 325887 kcal/h. Se obtiene a partir de:

$$GTH = (SFH + LFH) - 0.0366(SFH + LFH)$$

Ecuación 24. Cálculo de Gran Calor Total

0.0366 Porcentaje de pérdidas por bomba (1.66% según Carrier) y por deshumidificación y pérdidas en tuberías (2% según Carrier).

La siguiente sección calcula el flujo de aire que se requiere por ventilación, tratado ya en la sección del mismo nombre. Lo mismo sucede con las infiltraciones que se pueden generar al interior de la Biblioteca. La suma de ambas genera el flujo de aire proveniente del exterior.

El ADP (Punto de Rocío del Aparato) se procede a calcular a continuación. A partir de los datos de temperatura acondicionada y la temperatura de la mezcla, se puede calcular una temperatura de rocío del aparato. Para ello, es importante conocer el factor de calor sensible efectivo del aparato que simplemente resulta de la división del calor sensible efectivo para el calor total efectivo. Estos datos permiten corroborar que el ADP se encuentra a 5°C (Ver Apéndice 29), por lo que el aire a la salida del acondicionador estará unos grados por encima, tal y como se predijo anteriormente. Así, para encontrar el factor de calor sensible efectivo se tiene:

$$SHFE = \frac{SHF}{SHF + LHF}$$

Ecuación 25. Factor de calor sensible efectivo

SHFE Factor de calor sensible efectivo.

Se calcula a continuación la cantidad del aire deshumidificador, para lo cual se despeja de la ecuación 18 tomando en cuenta la diferencia de unidades. Así, se obtiene un flujo de 56,386 m³/h, con un cambio real de temperatura entre el local y la salida del acondicionador de 15.8°C. Para calcular el cambio de temperatura del aire deshumidificado se tiene:

$$\Delta T_{deshum} = (1 - BF)(T_{local} - T_{ADP})$$

Ecuación 26. Cambio de temperatura del aire deshumidificado

ΔT_{deshum} Cambio de temperatura del aire deshumidificado.

Para el cambio de temperatura a la salida se tiene:

$$\Delta T_{salida} = \frac{SH}{0.29V_{tratados}}$$

Ecuación 27. Cambio de temperatura a la Salida del Acondicionador

$V_{tratados}$ Volumen de aire tratado

Luego de ello, se calcula la cantidad de aire suministrado al local tomando en cuenta el calor sensible total. Se obtiene un resultado de 66065 m³/h y un flujo de aire bypassado de 9,679 m³/h, de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$V_{suministrado} = \frac{SH}{0.29\Delta T_{deshum}}$$

Ecuación 28. Cantidad de Aire Suministrado al local

$V_{suministrado}$ Cantidad de aire suministrada al local

Y:

$$V_{bp} = V_{suministrado} - V_{tratados}$$

Ecuación 29. Cantidad de Aire Bypassado

V_{bp} Cantidad de aire bypassado

Para confirmar los valores de mezcla y de salida del acondicionador, se realiza un cálculo adicional, en el cual se muestra que la temperatura de mezcla es de 21.4°C, 4 décimas por debajo de la temperatura utilizada y una temperatura de salida de 6.64°C, aproximadamente 6 décimas por debajo de la temperatura utilizada en la Carta. Las fórmulas utilizadas para esos cálculos fueron:

$$T_{db\ ent} = T_{local} + \frac{Q_{vent}}{Q_{suministrado}}(T_{ext} - T_{local})$$

Ecuación 30. Temperatura de Bulbo seco a la entrada del Acondicionador

$T_{db\ ent}$ Temperatura de bulbo seco a la entrada del acondicionador (Mezcla)

Y:

$$T_{db\ sal} = T_{ADP} + BF(T_{db\ ent} - T_{ADP})$$

Ecuación 31. Temperatura de bulbo seco a la salida del acondicionador

$T_{db\ sal}$ Temperatura de bulbo seco a la salida del acondicionador

Los cambios son despreciables por lo que se mantienen los datos originales y se confirman los cálculos realizados.

CAPITULO IV

SELECCIÓN DE EQUIPOS

Una vez realizado el análisis de la carga térmica total, el flujo de aire que se va a tratar y el análisis psicrométrico, se procede a realizar la selección de equipos. MITSUBISHI, a través de sus representantes en Ecuador, facilitaron un software de selección de equipos, City Multi, el cual contiene todos los equipos que esta marca ofrece para sistemas VRV, además de permitir un cálculo rápido de tuberías para su instalación. Vale aclarar que los equipos que esta marca ofrece y que serán utilizados en esta tesis sirven como referencia para una posible instalación futura, mas no representa un impedimento para utilizar cualquier otra marca.

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS POR ZONAS

Pese a que se realizó el cálculo de la carga térmica total para el edificio, es importante utilizar la zonificación realizada para distribuir de mejor manera los equipos a utilizar. Esto se debe a que cada zona tiene una carga diferente por ubicación, cantidad de personas que recibe, entre otros aspectos. Por ejemplo, la zona de audiovisuales no tiene la misma afluencia de gente que la hemeroteca, siendo esta segunda, la que más recibe.

Debido a los análisis realizados, se decidió que los cubículos individuales de Audiovisuales, los baños ubicados en la planta alta y el corredor que conduce al Auditorio del 2do piso no sean acondicionados debido a su baja carga térmica (en el caso de los cubículos de

Audiovisuales) y a que son zonas de tránsito simplemente (en el caso del corredor y los baños), por lo que sería una inversión injustificada.

A continuación se presenta una tabla de distribución de cargas térmicas de toda la Biblioteca de la Universidad San Francisco:

SB	Q TOTAL
Procesos Tecnicos	73,224
PB	Q TOTAL
Lectura	208,050
Recepcion	18,371
Audiovisuales	65,038
Cubiculos	
1	1,022
2	1,022
3	1,022
4	1,022
Grande	3,161
P1	Q TOTAL
Lectura	353,674
Hemeroteca	125,624
Baños Hombres	13,655
Baños Mujeres	13,655
Cubiculos	
1	31,043
2	29,394
3	29,394
4	30,593
5	14,318
Xerox	23,657
P2	Q TOTAL
Aula	166,608
Q TOTAL	1,203,545

Tabla 14. Distribución de Cargas en la Biblioteca por zonas.

Se puede observar claramente que los baños y los cubículos de Audiovisuales no tienen una carga significativa, por lo que pueden ser obviados. De ahí que se generó una nueva tabla con los espacios a acondicionar simplemente:

SB	ACONDICIONAR
PROCESOS TECNICOS	73,224
PB	
AREA LECTURA	208,050
RECEPCION	18,371
AUDIOVISUALES	65,038
P1	
AREA DE LECTURA	353,674
HEMEROTECA	125,624
CUBICULOS	
1	31,043
2	29,394
3	29,394
4	30,593
5	14,318
XEROX	23,657
P2	
AULA	166,608
Q TOTAL	1,168,986

Tabla 15. Cargas de zonas a acondicionar. Biblioteca Universidad San Francisco de Quito.

Con estos valores, se puede proceder, de forma más fácil, a realizar la selección de equipos.

ANÁLISIS DE SISTEMAS VRV

Debido a las ventajas que proporcionan los sistemas VRV y a las características del edificio en análisis, se optó por este tipo de equipos para diseñar el sistema de aire

acondicionado. Entre los beneficios, cuya explicación se ampliará más adelante, están la facilidad de instalación, el ahorro por consumo energético y el confort de las personas en las diferentes zonas de la Biblioteca.

INTRODUCCIÓN A LOS CIRCUITOS DE AIRE ACONDICIONADO VRV

El circuito de refrigeración simple consta de los siguientes elementos: evaporador, compresor, tanque recibidor y válvula de expansión. A continuación se muestra un esquema del ciclo. Éste se aplica tanto a cuartos fríos como a sistemas de aire acondicionado.

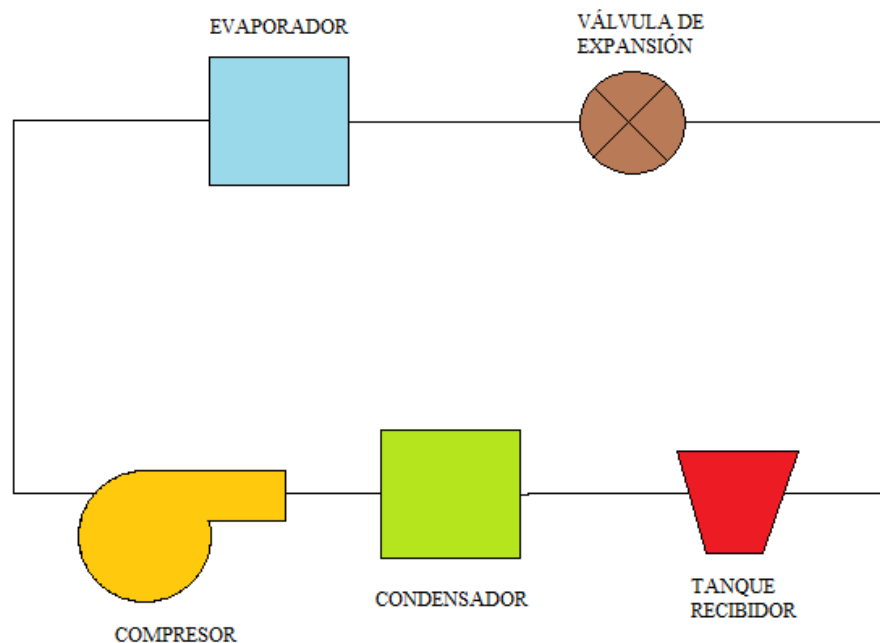


Figura 3. Sistema de refrigeración simple.

Los sistemas de aire acondicionado han tenido una evolución a lo largo de los años. Apareció el sistema Split, en el cual, como su nombre lo indica, está formado por una unidad

exterior y una única unidad interior. La unidad interior lleva el evaporador y la exterior, el compresor, disminuyendo el ruido al interior de la habitación aclimatizada (El Aire Acondicionado. Sistema Split). En el diagrama, se muestra como se da esta división.

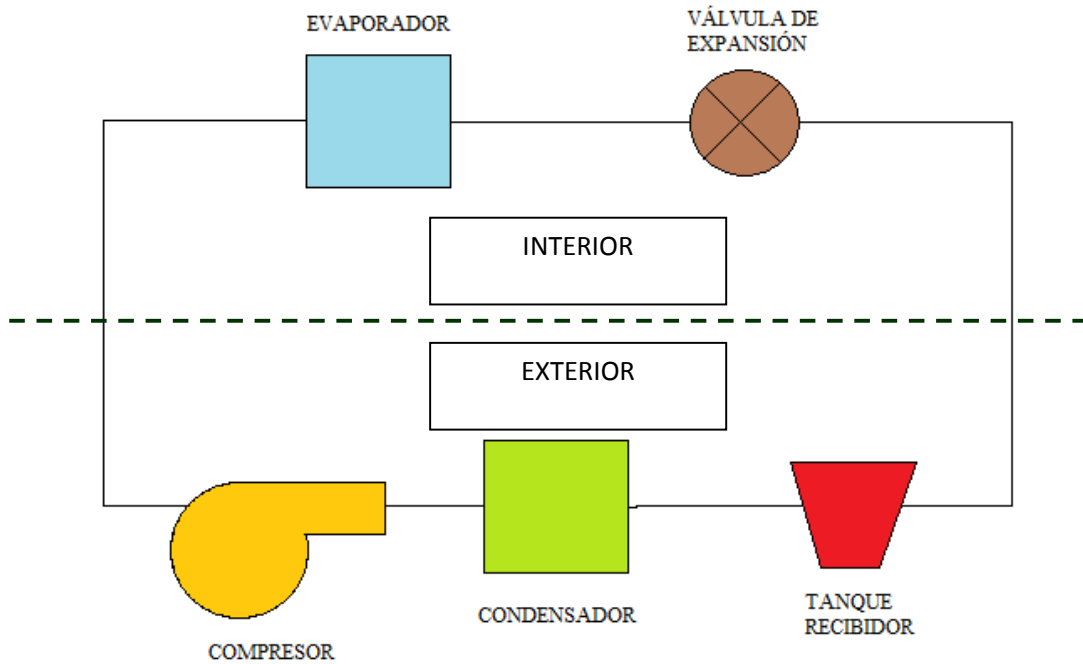


Figura 4. Sistema de Aire Acondicionado Split.

Luego de ello, aparecieron los sistemas Multi Split, los cuales tienen una unidad exterior y varias unidades interiores conectadas a ésta. Cada unidad interior tiene su propio control y pueden ser de distintos modelos y tipos (El Aire Acondicionado, Sistema Multi Split). A continuación se muestra el diagrama correspondiente.

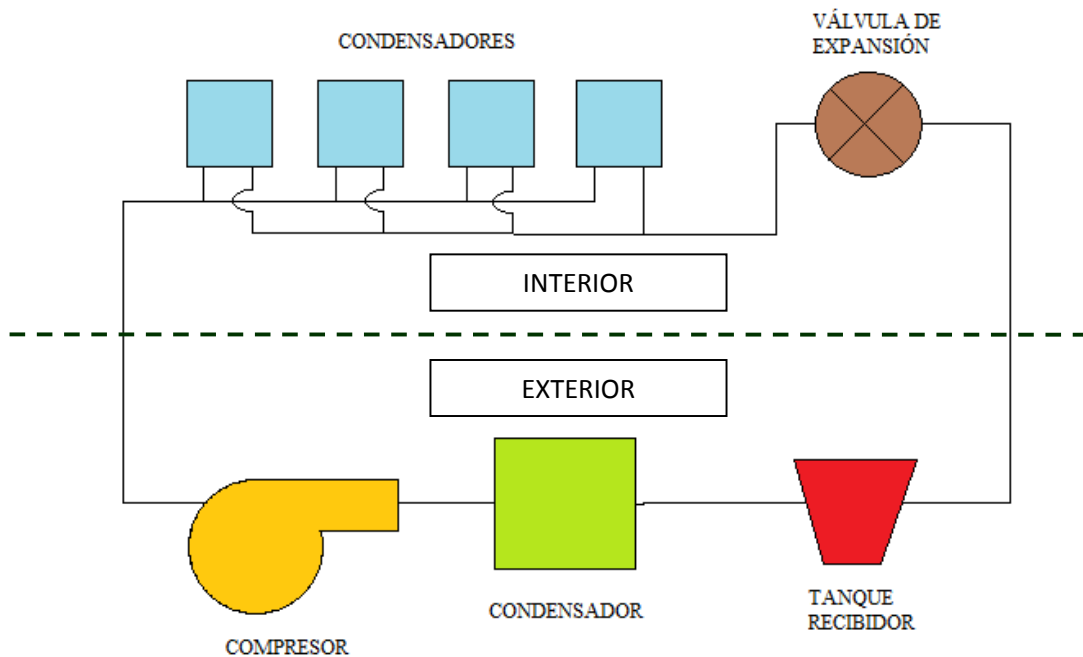


Figura 5. Sistema de Aire Acondicionado Multi Split

Uno de los mayores problemas de estos equipos es el consumo excesivo, y muchas veces innecesario. Por ello, la nueva tecnología VRV permite obtener una mayor eficiencia y ahorro en el consumo energético. Esto se logra a partir de variar el volumen del refrigerante que circula por el sistema. A partir de un inversor, la potencia del compresor se regula y, dependiendo de las necesidades de las habitaciones acondicionadas, se envía mayor o menor cantidad de refrigerante. Así, las habitaciones que se encuentren aclimatadas cerrarán su válvula de expansión, mientras que las que requieran enfriar, lo abrirán. Esto se logra a partir de sensores que envían información al control central. En la gráfica se muestra un sistema con tecnología VRV.

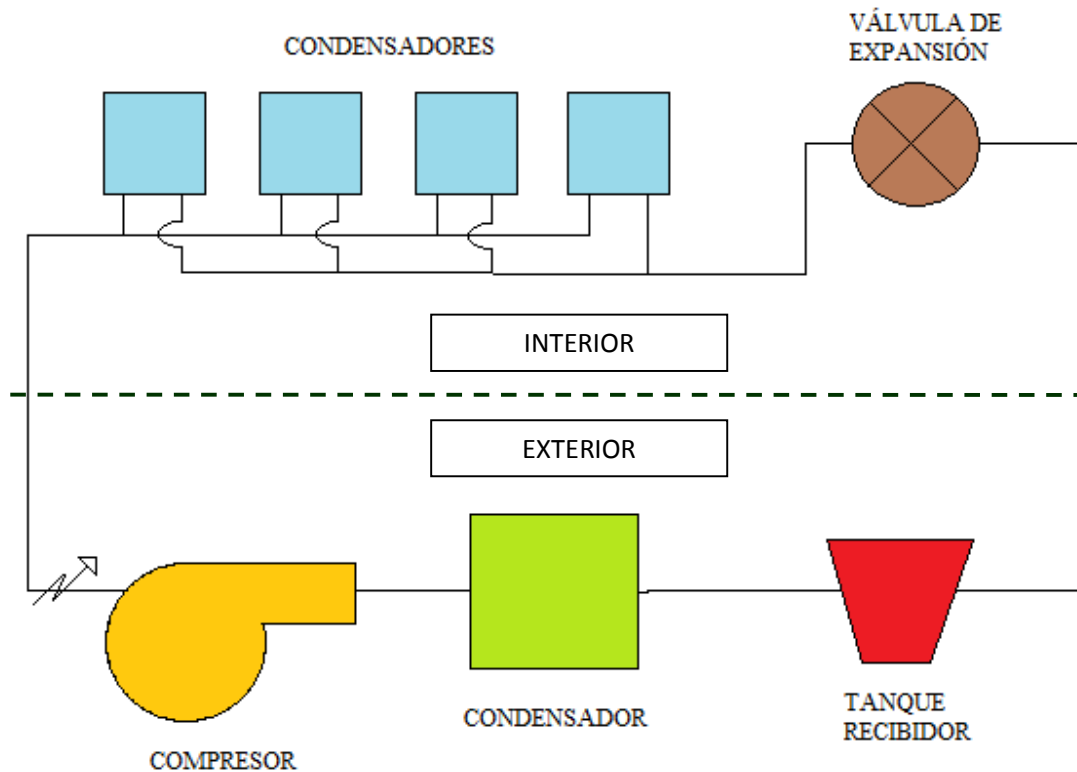


Figura 6. Sistema de Aire Acondicionado VRV

UNIDADES EXTERIORES

Como se puede observar en la tabla 15, la cantidad de carga térmica en cada una de las zonas es considerable. Sin embargo, se pueden realizar algunas agrupaciones para evitar tener un gran número de unidades por separado y aprovechar la disponibilidad de equipos que se tienen en el mercado.

Se agrupó la zona de Audiovisuales (la zona que se va a acondicionar de esta sección), Procesos Técnicos y Recepción. Para escoger la capacidad que debe tener esta unidad, se debió realizar un análisis detenido de la zona de Audiovisuales. Las cargas asumidas de esta

zona incluyen las paredes en sus 3 frentes hacia el exterior. Sin embargo, debido a que los cubículos no serán aclimatizados, esta carga debió reducirse significativamente. Se obtuvo, mediante sustracción de cargas, un calor final de 22,155 Btu/h, el cual, añadido a las otras áreas mencionadas, da un total de 113,750 Btu/h.

Se escogió una unidad exterior modelo PUHY-P192TSHMU-A, la cual excede en alrededor de 80,000 Btu/h a las necesidades de estas zonas. Se tomó esta decisión debido a que, por el momento, la zona de audiovisuales no es muy concurrida. Sin embargo, la carga térmica puede cambiar drásticamente si los usuarios de la biblioteca hacen uso de estas instalaciones. Por otro lado, se consideró implementar una pequeña salida para la oficina de dirección en caso de ser necesario.



Figura 7. Unidad exterior de 192,000 Btu/h. Mitsubishi City Multi.

El siguiente grupo está compuesto solamente por el Área de Lectura de la planta baja. Tiene una carga de 208,050 Btu/h. Debido al balcón que existe en la planta alta hasta el área en cuestión, es posible aprovechar la producción de aire acondicionado de la planta baja en

una pequeña zona del área de lectura de la Planta Alta (cercana a los baños). Se utiliza a favor el hecho de que el cielo falso para las 2 áreas es común.

Así, se escogió una unidad modelo PUHY-P288TSHMU-A, con la cual se alimenta por completo al área de lectura de la planta baja y se tiene alrededor de 80,000 Btu/h adicionales para alimentar el área de lectura de la planta alta, recomendando hacerlo en la zona cercana a los baños del edificio por cercanía y facilidad de instalación.



Figura 8. Unidad exterior de 288,000 Btu/h. Mitsubishi City Multy

A continuación, la siguiente unidad exterior alimentará solamente al Área de Lectura de planta alta. Se escogió utilizar una unidad exterior solo para esta área ya que la carga es bastante alta. Debido a la extensión de la misma y su forma de “L”, la solución de distribuir parte de la carga en la unidad exterior del área de lectura de la planta baja produce un ahorro de dinero significativo. Se requería cubrir 353,674 Btu/h pero, debido a los 79,950 Btu/h sobrantes en la unidad exterior de Planta Baja, solamente se necesita cubrir 273,724 Btu/h. Se escogió una unidad modelo PUHY-P288TSHMU-A para que cubras las expectativas.

El área de Hemeroteca y los Cubículos de la planta alta se agruparon en otra zona. La carga total de todo el grupo es de 284,021 Btu/h, donde el 44.2% de esta carga se encuentra en

la Hemeroteca. Debido a que son zonas diferentes las que se acondicionan con un mismo equipo, entonces se puede hacer uso del concepto de simultaneidad de operación de los equipos. Este concepto propone que no todos los equipos operarán a su máxima potencia si se encuentran en diferentes zonas de un edificio (PROAÑO, Entrevista Personal). En este caso, se controlan 7 zonas con cargas muy variables debido a la ocupación. Por esta razón, el software recomienda una sobrecarga de hasta el 30% en las unidades exteriores. Sin embargo, para otorgar un mayor tiempo de vida a esta unidad, solamente se redujo la capacidad de 288,000 Btu/h a 264,000 Btu/h. Por tanto, el modelo seleccionado es PUHY-P264TSHMU-A. Ésta es similar a la de 288,000 Btu/h

El auditorio de la Biblioteca se encuentra en el último grupo considerado para las unidades exteriores. Tiene una carga considerada de 166,608 Btu/h, la cual puede ser cubierta por una unidad modelo PUHY-P168TSHMU-A, similar a la de 192,000 Btu/h.

En el Apéndice 30 se puede encontrar las características técnicas de cada una de estas unidades seleccionadas. Vale mencionar que cada una de ellas viene acompañada de un panel de control, el cual estará comunicando la unidad con las unidades interiores conectadas a ella. Todos estos equipos requieren una alimentación de 220-240V trifásico a una frecuencia de 60 Hz.

UNIDADES INTERIORES

Las unidades interiores o evaporadoras serán las encargadas de acondicionar el aire en cada una de las zonas en las cuales se dividió el edificio. La tendencia actual es que estas

unidades sean lo más estéticas posibles debido a que, en algunos casos, son vistas y en otros, deben, necesariamente estar cubiertas para generar un ambiente más agradable, desde el punto de vista arquitectónico (MITSUBISHI ELECTRIC, p. 28).

Una de las ventajas que se pudo encontrar en la biblioteca es que el cielo falso de las zonas más grandes de la Biblioteca (áreas de lectura, hemeroteca, cubículos), proporciona espacio suficiente para la instalación de equipos que no sean vistos, así como de los ductos que los acompañan, si es del caso. Adicionalmente, las rejillas que se requieren también estarán cubiertas por el cielo falso, facilitando así su instalación y dejando al edificio sin rastro visible de las instalaciones que estos equipos requieren.

Esto ayudó a la selección de la mayor parte de equipos. En las zonas con cielo falso, se escogieron los llamados *Ceiling Concealed* o popularmente *Fan Coils* como la elección principal. Se utilizaron algunos equipos de los llamados cassettes para zonas donde no justifica la realización de ductos u otro tipo de instalaciones más complicadas. La zona de Audiovisuales, Procesos Técnicos y Recepción no tienen cielo falso. Las alturas del tumbado, en los tres casos, no sobrepasan los 2.88 metros, por lo que la opción de cubrir con Gypsum los equipos se descartó. Por esta razón, estas zonas requirieron un análisis más profundo.

Se debe tomar en cuenta que la distancia entre la Unidad Exterior y los evaporadores no debe sobrepasar los 300 metros o los 50 metros en línea perpendicular (PROAÑO, Entrevista personal). Sin embargo, la distancia de extremo a extremo de la biblioteca no supera los 40 metros, por lo que no es un parámetro a cuidar dentro del diseño.

Los equipos Fan Coil tienen 3 versiones conocidas: estándar, compacta y de alta presión. La facilidad de los equipos de alta presión es que los ductos pueden ser más largos

(aproximadamente hasta 10 metros), lo cual facilita, en áreas grandes como las de la biblioteca, la distribución de los equipos.

De acuerdo a los grupos formados para las unidades exteriores, se seleccionaron también las unidades interiores correspondientes.

La primera zona corresponde a Audiovisuales, Procesos Técnicos y Recepción. De acuerdo a las observaciones realizadas, se pudo comprobar que no hay cielo falso y una solución de recubrimiento con Gypsum no era la adecuada por el poco espacio que se dispone. Por esta razón, se optó por la utilización de otros equipos para estas instalaciones.

En el área de Procesos Técnicos, se consideraron algunos aspectos. En primer lugar, es un área poco transitada, donde usualmente no permanecen más de cuatro personas. Adicionalmente, debido a la estructura de la zona, se puede separar 2 espacios diferentes. Con estas consideraciones, se pensó que el equipo ideal sería un equipo suspendido en el tumbado. Ocupa poco espacio, los diseños actuales son estéticos y las cargas que admite, acondicionaría este Departamento sin ningún problema. Se seleccionaron 2 equipos: cada uno con una carga de 36000 Btu/h, lo cual cubre, sin problema, con las condiciones preestablecidas. El modelo es PCFY-P36NGMU-E.



Figura 9. Equipo de AC Suspendido en el Tumbado. Mitsubishi. City Multy.

El área de Audiovisuales tuvo las siguientes consideraciones. La única zona a acondicionar corresponde al cubículo del encargado de este departamento. Es un cubículo con espacio limitado, un tumbado de 2.88 metro de alto, con una viga atravesada en el medio. Se puede notar la falta de confort en el interior del mismo. Por esta razón, se pensó en un equipo al cual no le afecte esta estructura, dando como resultado un equipo de piso cubierto. En el piso, hay suficiente espacio para colocar una unidad de este tipo, sin necesidad de afectar la arquitectura por la tubería que se debe conectar. Se evita que la viga interrumpa la circulación de aire o la concentre en un solo espacio. El modelo seleccionado es PFFY-P24NRMU-E. Cabe mencionar que existe la posibilidad de acondicionar el área restante de Audiovisuales ya que existe cielo falso a una altura muy superior a los 2.88 metros, por lo que la opción de un fan coil se recomienda cuando las instalaciones lo necesiten.



Figura 10. Equipo de AC tipo piso. Mitsubishi. City Multy

El Área de Recepción está sujeta a algunos parámetros expuestos a continuación. En primer lugar, tiene una zona de circulación cerca de la puerta, por lo que no es un área que se requiera acondicionar. La zona de Préstamos y Referencia es una zona donde no hay ventilación, prácticamente está cerrada y, por ende, el ambiente no es confortable. Por esta

razón, y debido al poco espacio superior, se piensa que un equipo de piso es lo más adecuado. Éste se ubicaría cerca de la puerta de entrada, dentro de un mueble para, así, poder acondicionar todo el largo del cubículo. El equipo seleccionado es un modelo PFFY-P08NRMU-E, de 8,000 Btu/h.

Al final del área de recepción, se ubican un grupo de computadores, los cuales son utilizados actualmente para búsquedas de libros. Es una zona donde se siente la falta de confort y desde la cual se puede acondicionar el hall. Se seleccionó, por ello, una unidad de piso PFFY-P12NRMU-E, la cual será ubicada en un mueble al fondo de esta zona.

El segundo grupo corresponde al área de lectura de la planta baja. Como se mencionó, uno de los problemas es la altura del cielo falso. Se escogió la opción de utilizar fan coils ya que puede alimentar efectivamente a la zona y su instalación, debido al cielo falso, es fácil. Según el diseño, se ubicarán 2 equipos, uno a cada lado de esta zona, modelo PEFY-P96NMHU-E. Hay que tomar en cuenta que esta es de las zonas con mayor carga en el estudio realizado, por lo que se requiere utilizar equipos de alta presión. Adicionalmente, se coloca un tercer equipo de las mismas características, el cual acondicionará la carga sobrante (alrededor de 20000 Btu/h) pero, principalmente, acondicionará el área de lectura de la planta alta, junto al balcón oriental.



Figura 11. Equipo de AC tipo *Fan Coil*. Mitsubishi. City Multy.

Adicionalmente al equipo mencionado antes, la planta alta requiere de 275,000 Btu/h aproximadamente. Por esta razón, y debido a la existencia de cielo falso, se escogieron 3 equipos adicionales, modelo PEFY-P96NMHU-E. Los dos primeros acondicionarán la zona frente a los cubículos y el tercero, la zona posterior, junto a Hemeroteca. La forma en “L” de esta zona facilita esta distribución.

El cuarto grupo, correspondiente a los cubículos y la hemeroteca, tuvo ciertas consideraciones adicionales. En primer lugar, de acuerdo a los tamaños de los cubículos, la opción de fan coils aumentaría el costo de instalación de los equipos. En su lugar, se propone la utilización de cassettes de 4 vías ubicados en la parte central de cada uno de ellos. Estos equipos van por sobre el cielo falso, por lo que la parte estética está solventada, además del acondicionamiento que se busca. De acuerdo a las cargas mostradas anteriormente, se tienen los siguientes equipos:

- 1 PLFY-P36NBMU-E
- 3 PLFY-P30NBMU-E
- 1 PLFY-P24NBMU-E
- 1 PLFY-P15NBMU-E



Figura 12. Equipo de AC tipo Cassette de 4 vías. Mitsubishi. City Multy

Para la Hemeroteca, se requiere cubrir 125,624 Btu/h, y, ya que hay cielo falso, se propone la utilización de 2 fan coils, modelos PEFY-P72NMHU-E y PEFY-P54NMHU-E lo cual permitirá cubrir los requerimientos. Estará ubicados a cada lado de la hemeroteca a fin de poderla acondicionar en su totalidad. Se utilizan equipos de alta presión en este caso debido a la gran cantidad de calor que se debe extraer ya que éstos brindan una gran capacidad.

Para el último grupo, correspondiente al Auditorio en el segundo piso, se escogieron 2 equipos fan coil modelo PEFY-P96NMHU-E y PEFY-P72NMHU-E. Nuevamente, cuando el auditorio se encuentre a su máxima capacidad, la carga es bastante alta, por lo que los equipos de alta presión son necesarios por el área del mismo (97 m²).

Las especificaciones técnicas de los equipos, sus dimensiones, y las conexiones eléctricas respectivas se presentan en el Apéndice 31.

SISTEMAS CONFORMADOS

A partir de los criterios expuestos anteriormente, se presentan a continuación los diagramas de cada uno de los sistemas.

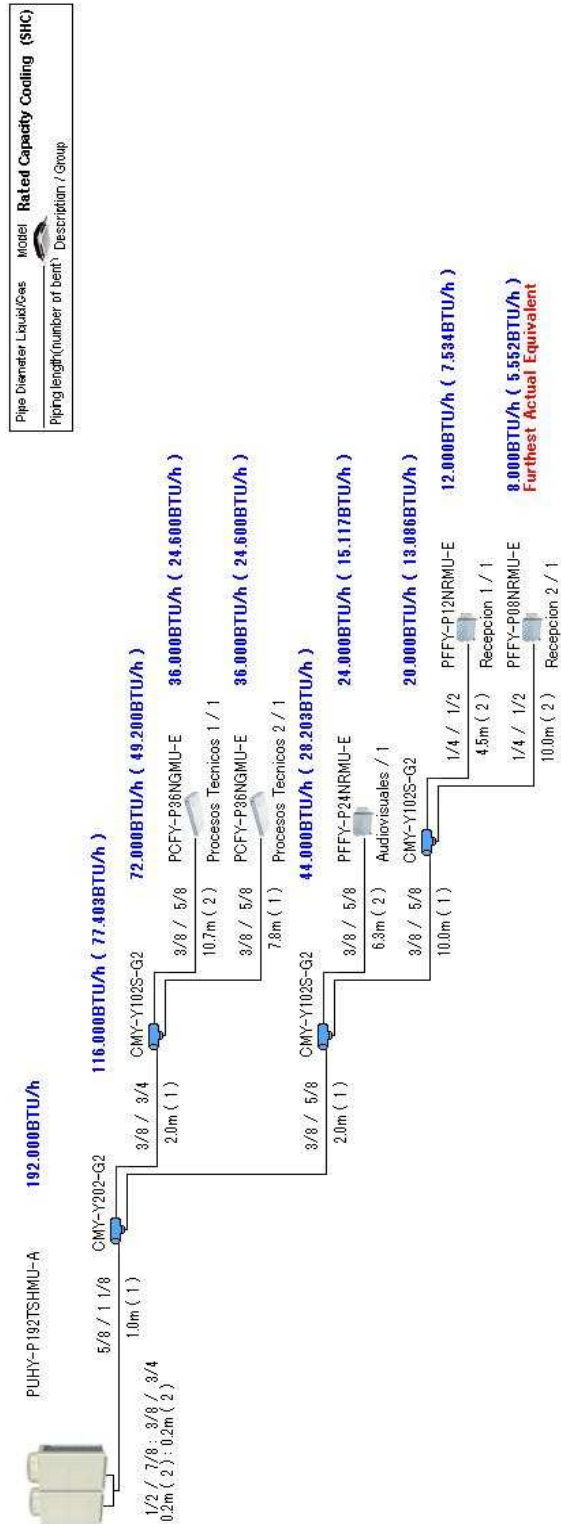
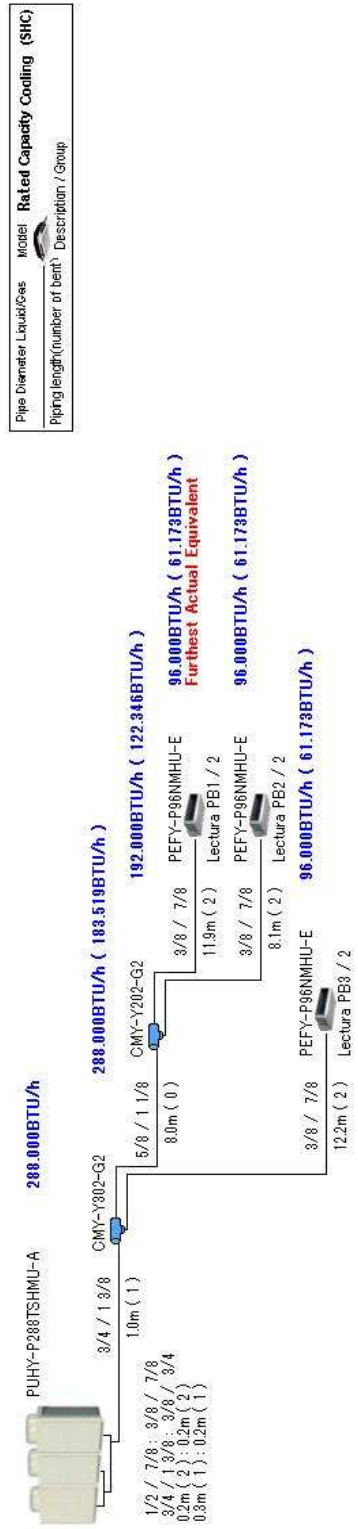


Figura 13. Sistema de Aire Acondicionado Planta Baja 1.



Pipe Diameter	Model	Rated Capacity
Number of bends	Description / Group	Cooling (SHC)

Figura 14. Sistema de Aire Acondicionado Planta Baja 2



Figura 15. Sistema de Aire Acondicionado Planta Alta 1

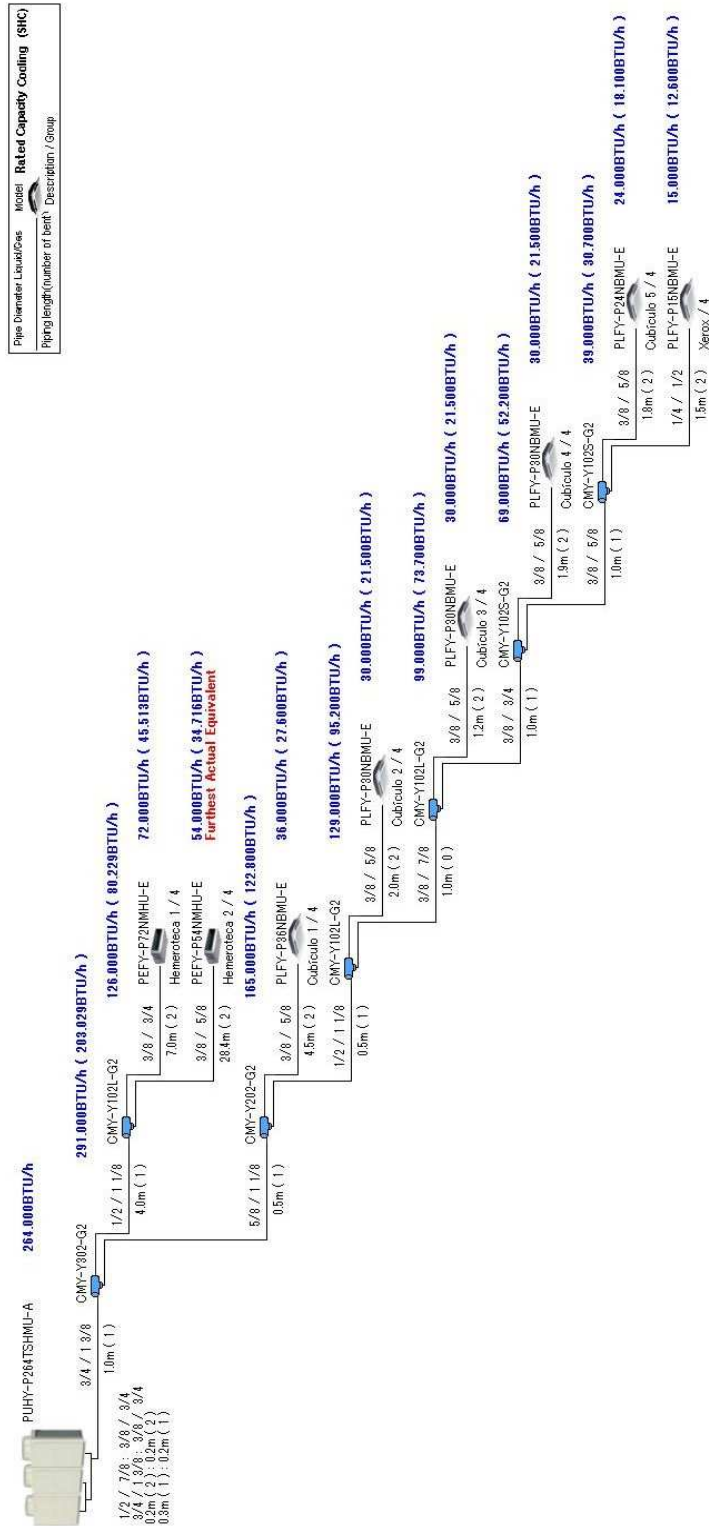


Figure 16. Sistema de Aire Acondicionado Planta Alta 2



Figura 17. Sistema de Aire Acondicionado Auditorio

DISEÑO DE CONDUCTOS

Para llevar el flujo de aire necesario a cada área a acondicionar se requiere diseñar un sistema de conductos, el cual puede constar de conductos circulares y rectangulares.

El Sistema de Aire Acondicionado de la Biblioteca de la USFQ, consta de conductos rectangulares de tramos rectos con longitudes no mayores a 50 m. en los cuales el aire no cambia de dirección ni de velocidad.

El procedimiento general que se uso para el diseño del conducto del sistema de la Aire Acondicionado de la biblioteca de USFQ es el siguiente:

1. Estudio los planos de construcción con el objetivo de proporcionar una distribución adecuada de aire en cada espacio a acondicionar.
2. Selección de equipos de acuerdo a las cargas de cada área a acondicionar.
3. Cálculo de las cantidades de aire para los conductos, a partir de los cálculos de carga de enfriamiento antes ya descritos.
4. Selección de rejillas dependiendo de la cantidad de aire de cada área a acondicionar. Los cálculos respectivos se muestran en la Tabla Rejillas.

5. Cálculo de dimensiones de los conductos, a partir de las cantidades de aire calculadas. Este procedimiento se lo realizo mediante el uso de un ductómetro, herramienta utilizada para diseños de sistemas de aire acondicionado la cual, mediante el uso de los CFM de un espacio a acondicionar, da a conocer dimensiones y velocidades de conductos rectangulares que dependen exclusivamente de la cantidad de aire para cada espacio a acondicionar. Los cálculos respectivos se muestran en la Tabla Dimensión Conductos.

6. Diseño del sistema de conductos con las conexiones de puntos de suministro y retorno con las unidades de aire acondicionado. En el diseño se utilizaron conductos rectangulares, con longitudes no superiores a los 50 metros. (ASHRAE Handbook. P.21-17)
7. Cálculo de pérdidas de presión en el sistema de conductos.
8. Análisis de niveles de ruido inaceptables en el sistema de conductos.

Las instalaciones están conformadas de cuatro partes principales: unidades exteriores, evaporadores, conductos de distribución y rejillas. Se consideraron factores de diseño, tales como:

- La velocidad no debe exceder la velocidad de descarga del evaporador.
- Los conductos deben tener el menor largo posible, preferiblemente no mayor a 50 m.
- Los codos tienen que ser los más largos posibles para un mayor incremento del flujo de aire y una menor resistencia.
- Bordes de metales, tornillos y similares proyecciones dentro de los conductos causan ruido y deben ser evadidos. (ASHRAE Handbook. P.21-16)

Por norma todos los conductos deberán ser fabricados de lámina de acero galvanizada ASTM A-525 y de los espesores indicados en la norma MSG. Los conductos deberán ser rectos y lisos en su interior, provistos de uniones longitudinales y transversales ejecutadas con la mayor técnica para minimizar las fugas de aire. Los conductos de suministro y retorno de aire a las unidades de enfriamiento se deberán aislar en su exterior con fibra de vidrio, así mismo las rejillas deberán fabricarse en aluminio con acabado anodizado natural. (SMACNA. HVAC Duct Construction Standards. HandBook. USA: Chantilly, Va 20151, 1995.)

SB	CFM	# REJILLAS	CFM REJILLAS	DIMENSION REJILLA
PROCESOS TECNICOS	3,760			
PB				
AREA LECTURA	9,044	19	500	20 X 10 (in)
RECEPCION	1,050			
AUDIOVISUALAES	1,266			
P1				
AREA DE LECTURA	9,536	32	300	20 X 6 (in)
HEMEROTECA	5,241	11	500	20 X 10 (in)
CUBICULOS				
1	1,260			
2	1,165			
3	1,165			
4	1,234			
5	818			
XEROX	1,109			
P2				
AULA	4,548	10	500	20 X 10 (in)

Tabla 16. Análisis de Rejillas

	EQUIPOS	DIMENSION DUCTOS (in)	LONGITUD DUCTOS (m)
PB			
AREA LECTURA	PEFY-P96NMHU-E	40 X 16	3.5
		20 X 16	1.9
	PEFY-P96NMHU-E	40 X 16	3.5
		20 X 16	1.9
P1	PEFY-P96NMHU-E	40 X 16	5.1
		20 X 16	6.3
AREA DE LECTURA	PEFY-P96NMHU-E	40 X 16	4.7
		28 X 16	7.5
		16 X 16	9.2
	PEFY-P96NMHU-E	40 X 16	10.3
		20 X 16	8.1
		40 X 16	7.6
HEMEROTECA	PEFY-P96NMHU-E	25 X 16	4.1
		30 X 14	3.5
		20 X 14	3.5
	PEFY-P54NMHU-E	28 X 14	4.9
CUBICULOS			
P2			
AULA	PEFY-P96NMHU-E	40 X 16	4.7
		25 X 16	2.8
		30 X 16	4.7
	PEFY-P72NMHU-E	24 X 16	2.8

Tabla 17. Dimensiones de Conductos

Normas para la fabricación de conductos

(SMACNA. HVAC Duct Construction Standards. HandBook. USA: Chantilly, Va 20151, 1995.)

- a) Todos los materiales deberán ser nuevos y de calidad comercial normalizada de primer grado, libres de defectos e imperfecciones y, donde se indique, las clasificaciones y calidades designadas.
- b) Los materiales no designados específicamente en estos documentos deberán estar sujetos a aprobación y ser normalizados por las normas de la ASTM (“American Society for Testing and Materials”) u otras normas equivalentes.

Normas Comerciales:

ASTM

1. Para miembros generales en el sistema de Conductos:

Acero estructural de acuerdo con la especificación ASTM A 36 “Standard Specification for Structural Steel”

2. Para miembros con altos esfuerzos en el sistema de Conductos:

Acero estructural de acuerdo con la especificación ASTM A 411 “Standard Specification for High – Strength Low- Allow Structural Manganese Vanadium Steel”

3. Para tuercas:

ASTM A 563 “Standard Specification Nuts.”

4. Para pernos y tornillos de 1/2, 5/8, 3/4, 7/8 y 1 pulgada de diámetro:

ASTM A 394 “Standard Specification for Galvanized Steel Transmission Tower Bolts”

5. Para las tuberías o conductos. Las tuberías o conductos metálicos y sus accesorios deberán cumplir con las especificaciones ANSI de la serie C 80 “Conduits and Ducts” C 80.1 “Specification for Rigid Steel Conduit, Zinc-Coated, Hot Dip Galvanized”, con la norma NTC 169 “Tubos de Acero tipo “IMC” recubiertos de cinc para la conducción y protección de conductores eléctricos”. La fabricación e instalación de los conductos y demás accesorios deberá ser conforme a lo indicado en las NORMAS SMACNA “Sheet Metal and Air Conditioning Contractor’s National Association”
- c) Las dimensiones de los tornillos, tuercas y boquillas de acero deberán estar de acuerdo con la norma ANSI B1.1 “Unified Screw Threads”. Las roscas de todas las tuercas, los pernos, pernos de anclaje y pernos prisioneros de diámetro igual o mayor a 7mm deberán cumplir con las normas ISO “Metric Coarse Thread Standards”. La cabeza de los tornillos y las tuercas deberán tener iguales dimensiones para el mismo tamaño de tornillo para poder ajustarlas con la misma herramienta. Cada tornillo del sistema de Conductos debe sobresalir por lo menos una rosca o filete pero no más de tres roscas o filetes a través de su tuerca y arandela.
- d) Para el acondicionamiento del aire se deberá instalar un sistema de conductos, adecuados, con todos los accesorios necesarios que permita su instalación técnicamente.
- e) Los sistemas de conductos deberán ser continuos, conectados al sistema de conexión a tierra de la instalación eléctrica. Todos los elementos deberán ser adecuados para su instalación en las condiciones ambientales especificada para cada sitio.

- f) Los conductos serán instalados en soportes apoyados por debajo de las losas o muros previstos en las obras civiles. El suministro deberá incluir los soportes ménsulas y pernos para la instalación de los conductos.
- g) La fabricación e instalación de conductos, rejillas, reguladores y demás accesorios indicados en los planos deberán efectuarse conforme con las recomendaciones y detalles de las normas SMACNA, empleando mano de obra de la mejor calidad.
- h) Todos los conductos y accesorios deberán se fabricados de lámina de acero galvanizada ASTM A-525 y de los espesores indicados en la norma MSG. Los conductos deberán ser rectos y lisos en su interior, provistos de uniones longitudinales y transversales ejecutadas con la mayor técnica para minimizar las fugas de aire. Los cambios de dimensiones y de forma deberán ser graduales como se indican en los planos. Los conductos deberán tener capacidad para soportar sin falla 1.5 veces la máxima presión de operación. Las fugas de aire a la presión de operación ni deberán exceder del 1% del caudal nominal del ducto.
- i) Los codos curvos deberán fabricarse con el radio medio igual a 1.25 veces el ancho del ducto, a menos que en el plano se indique diferente. El ancho del ducto es la dimensión mostrada en el mismo plano trazado del codo. Todos los codos curvos con radio medio menor de 1.25 veces el ancho del ducto, al igual que todos los codos rectos, deberán fabricarse con aletas curvadas.
- j) Refuerzos. El tipo de refuerzo y su espaciamiento se deberán adoptar de acuerdo con la norma SMACNA. Todos los refuerzos se deberán fijar a las paredes del ducto mediante tornillos de acero galvanizados o remaches de aluminio, localizados a 50 mm de las esquinas y espaciados 300 mm entre centros.

- k) Uniones longitudinales. Las uniones longitudinales se adoptarán conforme con las recomendaciones de las normas SMACNA. Las secciones se ensamblarán mediante herramientas manuales o equipo automático, empleando la técnica que garantice la mayor hermeticidad y acabado.
- l) Los conductos horizontales deberán suspenderse con colgantes hechos de tira de lámina galvanizada, de ancho y espesor conforme con las normas SMACNA, espaciados a no más de 2,500 mm entre centros. Los colgantes deberán extenderse por lo menos 300 mm a lo largo de la cara inferior del ducto, asegurados por medio de tornillos galvanizados. Alternativamente se podrán suspender mediante abrazaderas y varillas. Los conductos verticales deberán soportarse por medio de ménsulas de angular, diseñadas de acuerdo con el sitio de instalación.
- m) Aletas fijas. Las aletas deberán fabricarse en lámina de acero galvanizada, de doble espesor, de calibre dos veces mayor a la de los conductos donde van instaladas, aseguradas de tal manera que no vibren con el flujo de aire y que no ocasionen demasiadas pérdidas de presión. El espaciamiento de las aletas en los codos no deberá exceder de 55 mm entre centros. Las aletas deberán suministrarse montadas en marco para fijar por medio de tornillos o remaches al codo.
- n) Aletas móviles. Las aletas deberán fabricarse en lámina de acero galvanizado, de doble espesor, de calibre dos veces mayor al de los conductos donde van instaladas, aseguradas de tal manera que no vibren con el flujo de aire y que no ocasionen demasiadas pérdidas de presión. Las aletas deberán suministrarse montadas en marco. En las derivaciones en ángulo recto se deberán instalar aletas móviles para toma de aire, del tipo regulable con varilla de ajuste manual.

o) Rejillas

- Las rejillas deberán fabricarse en aluminio con acabado anodizado natural. Las rejillas de suministro deberán ser dispuestos con aletas móviles para toma de aire instalado en el ducto principal en la entrada al cuello, del tipo de aleta opuesta, operados por llave. Todas las rejillas deberán ser construidas con marco de no menos de 28 mm de ancho.
- Rejillas de suministro. Las rejillas de suministro deberán ser del tipo de deflexión doble, con barras anteriores verticales y barras posteriores horizontales ajustables, soportadas por bujes de nylon.
- Aislamiento de conductos. Los conductos de suministro y retorno de aire a las unidades de enfriamiento se deberán aislar en su exterior con fibra de vidrio de 38 mm de espesor, recubierta exteriormente con “foil” de aluminio, de conductividad térmica no mayor de $0.037 \text{ watio/m x } ^\circ\text{C}$, con excepción de los conductos a la intemperie, los cuales se deberán aislar con espuma rígida de polietileno de celda cerrada, recubierta exteriormente con “foil” de aluminio, de espesor no menor de 25 mm.

CAPÍTULO V

JUSTIFICATIVO ECONÓMICO

La opción de utilizar un sistema de volumen de refrigerante variable (VRV) se la escogió a partir de unos parámetros que justifican esa elección. No solamente su eficiencia y ahorro de energía fueron parámetros a tomar en cuenta sino que, debido a una construcción ya realizada, la instalación y ubicación de equipos también fue un punto importante.

INSTALACIÓN

Uno de los sitios más concurridos de la Universidad San Francisco es la Biblioteca. De lunes a viernes, y especialmente acercándose la época de exámenes, pasan varias horas del día en las cuales no es posible encontrar asientos para leer, estudiar o trabajar. Además, el servicio que brinda a profesores para consulta e investigación es bastante importante.

Por estas razones, no es posible pensar en la opción de cerrar este edificio para realizar cualquier tipo de instalación. Además, cualquier obra sucia dentro de una biblioteca implica un cuidado adicional de colecciones, revistas y libros, además de computadoras y otros dispositivos electrónicos.

La instalación de un sistema VRV no implica grandes modificaciones a la estructura arquitectónica del edificio. Debido al gran espacio que existe entre el cielo falso y el techo de la Biblioteca, la mayor parte de ductos y tuberías irán colocadas en este espacio. Los equipos de tipo Fan Coil pueden ubicarse sobre el cielo falso y, en los lugares donde no es posible

colocarlo, se puede utilizar el material Gypsum para cubrir el dispositivo, así como los ductos y las rejillas. De igual forma se puede hacer con los dispositivos tipo cassette seleccionados.

Se deberá picar mínimamente las paredes para pasar tuberías. Pero, debido a que son trabajos mínimos, estos se los puede hacer por etapas, cerrando solamente las secciones en las cuales se trabajará. Adicionalmente se propone el trabajo nocturno para evitar molestias a los usuarios y personal administrativo.

LOCALIZACIÓN

Se propone que los equipos acondicionadores que se ubican en la parte exterior sean ubicados en la parte occidental de la biblioteca. Existen dos espacios que se pueden utilizar para este fin: el balcón existente atrás de los cubículos de la planta alta y el corredor que existe en la parte de atrás de Procesos Técnicos y Audiovisuales.

La mayor parte de los equipos pueden ubicarse en el balcón ya que el espacio es suficiente y no se lo puede aprovechar de otra forma. Existen ya algunas instalaciones en este lugar, por lo que se puede crear una casa de máquinas con todos estos dispositivos. Para mayor estética del lugar, se puede realizar una construcción sencilla que cubra los equipos de la visión pública.

Se tiene una opción adicional para los equipos que alimentan la planta baja y el subsuelo, localizada en la parte posterior de Procesos Técnicos y Audiovisuales. La distancia que deben recorrer los ductos es un aspecto fundamental que hizo proponer esta segunda localización. La distancia desde este corredor (por donde no hay circulación de estudiantes)

hasta el punto más lejano (el área de lectura de la planta baja) no supera los 30 metros por lo que es factible la instalación.

Los equipos internos tipo Fan Coil se los colocará, en lo posible, en las esquinas de cada zona a fin de poder alimentar, mediante rejillas, a la zona de mejor manera. En aquellos casos donde el equipo no quepa sobre el cielo falso, se realizará una pequeña estructura de Gypsum para mejorar la estética del lugar y evitar que el equipo quede al descubierto. En la figura a continuación se puede observar cómo queda la instalación:



Figura 18. Vista de un espacio con equipos tipo Fan Coil. Mitsubishi. City Multy.

Los dispositivos tipo cassettes van por sobre el cielo falso, dando un aspecto agradable a los cubículos, además del confort que se brinda. A continuación se presenta una fotografía de una instalación de un equipo tipo cassette.



Figura 19. Vista de un espacio con equipos tipo Cassette. Mitsubishi. City Multy.

OBJETIVOS DEL SISTEMA VRV

Los objetivos de los sistemas VRV es brindar una serie de beneficios para el contratista, los usuarios y los dueños del edificio donde será instalado el sistema.

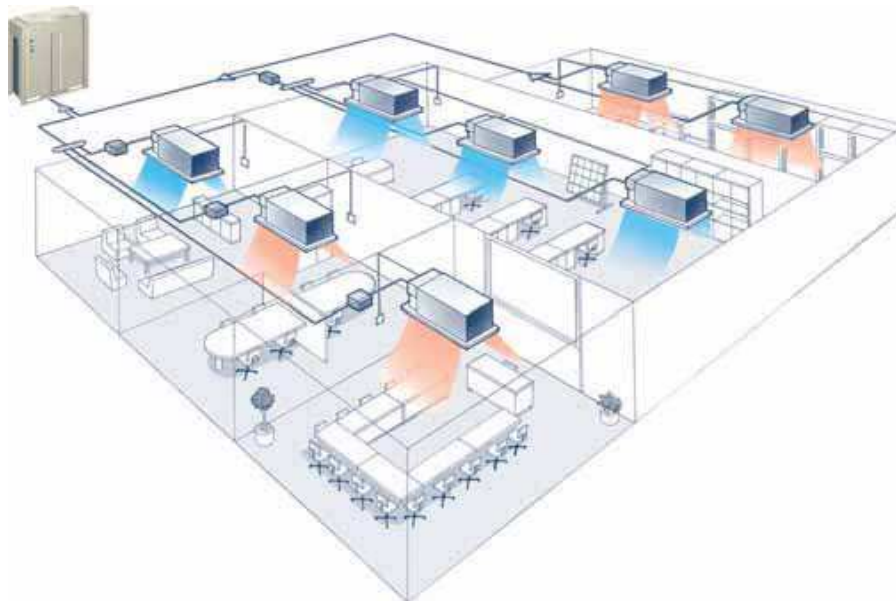


Figura 20. Esquema de funcionamiento de un sistema VRV. Tomada de Daikin AC, VRV.

El diseño de este tipo de equipos permite una rápida instalación, sin necesidad de realizar estructuras complicadas. Las unidades son livianas, compactas, fáciles de transportar, lo cual ayuda a la instalación en prácticamente cualquier lugar disponible. Por otro lado, la instalación de ductos, sistema eléctrico y otro tipo de conexiones son bastante sencillas, por lo que el tiempo de instalación se reduce notablemente. El sistema dispone de alertas para una revisión inmediata de cualquiera de sus partes.

La Universidad tendrá una gran ventaja con la instalación de este tipo de sistemas. En primer lugar, es una instalación limpia, como ya se mencionó anteriormente, lo cual permite la operación casi normal de la biblioteca, debiendo cerrar pequeñas áreas solo en forma temporal. Pero, más importante aún, es que, a diferencia de cualquier sistema de aire acondicionado convencional, el ahorro de consumo de energía que tienen los sistemas VRV es bastante grande. Debido a la sensibilidad del sistema, solamente se acondicionan los lugares que, en efecto, requieran acondicionamiento. Por ejemplo, si una habitación no está ocupada, el sistema puede detectar una menor carga térmica, reduciendo su operación al mínimo, o apagando la unidad interior por completo. Así, el sistema inteligente no depende del operador para regular el volumen de refrigerante utilizado, disminuyendo los costos de operación significativamente. Son sistemas confiables, con tiempos de instalación cortos y que pueden cubrir un área grande como la que está en cuestión.

Los usuarios del edificio podrán disfrutar de un ambiente confortable, sin necesidad de regular cada habitación, ya que cada unidad interior es manejada como un dispositivo individual. Si en una habitación se siente más calor, el sistema se encarga de regular esto para obtener un ambiente confortable, sin importar como están el resto de habitaciones.

CAPÍTULO VI

CONTROL DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Uno de los aspectos fundamentales del sistema VRV es, como su nombre lo indica, la capacidad de regular el volumen de refrigerante que se envía a cada unidad. Para ello, es importante que exista un sistema capaz de recibir la información de las condiciones de cada zona (temperatura y humedad), procese esa información y envíe una señal de salida a los equipos.

El control del sistema de aire acondicionado tiene ese propósito. Recibe la señal de los sensores ubicados en cada zona y, según la temperatura registrada, envía una respuesta a la unidad exterior para que regule su trabajo. Adicionalmente, las unidades interiores pueden encenderse o apagarse, según las necesidades.

El esquema siguiente muestra las formas de conexiones de las diferentes unidades de aire acondicionado con los dispositivos de control:

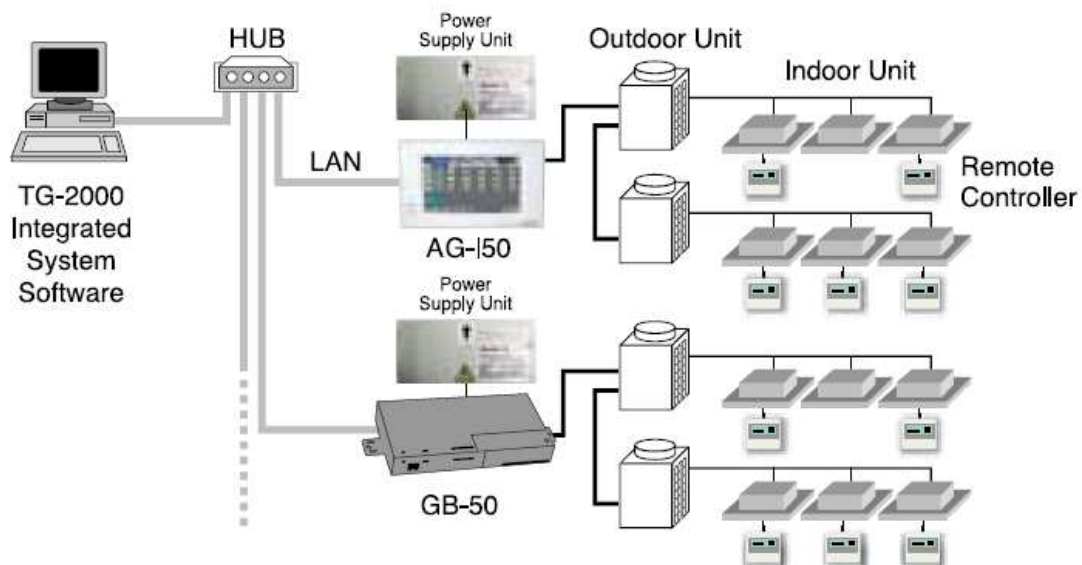


Figura 21. Sistema de control de aire acondicionado. Tomado de City Multy. VRFZ Technology. P. 48

CONTROL

Para la selección de un sistema de control apropiado se tomo en consideración el costo de los equipos y la tecnología de los mismos frente a las necesidades de la Biblioteca. Por esta razón, se propone que los equipos de control interiores sean lo más sencillos posible, mientras que el control central sea un poco más avanzado, tecnológicamente hablando.

Se escogió una unidad de control por cada grupo de evaporadores internos. Estos dispositivos pueden controlar hasta 16 unidades a la vez, por lo que, en el caso de la división realizada, no hay ningún inconveniente. El grupo correspondiente a los cubículos y a la hemeroteca es el que más unidades internas tiene (8 unidades), con lo cual se cumplen los requerimientos. El modelo sugerido es ME Remote Controller (PAR-F27MEA) y, debido a que hay 5 grupos, se escogen 5 unidades de control de este tipo.



Figura 22. Control Remoto ME. Tomado de City Multy. VRFZ Technology. P. 54

PROTOCOLO DE TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN

Existen dos interfaces con las cuales la Empresa Mitsubishi trabaja y con las cuales se pueden integrar otros sistemas, además del de aire acondicionado. Existe la posibilidad de controlar la iluminación del edificio y la apertura y cierre de puertas, por lo cual, cualquiera de estas implementaciones se puede adaptar a estos sistemas. Las dos interfaces son: LonWorks y BACnet.

Los dos protocolos de información se utilizan para la automatización de edificios y compiten entre sí para ganar la mayor parte del mercado (HULL, P1). Si se analiza por costos, intercomunicación o simplicidad de transmisión de datos, no hay diferencias que permitan escoger a uno sobre el otro. Incluso es posible interconectarlos a partir de la utilización de un Gateway que convierte de un protocolo a otro (Ibid).

Sin embargo, se pudieron encontrar algunas diferencias entre los dos protocolos, según un estudio realizado por la empresa Echelon, dueña de los derechos de LonWorks. Se analizaron 3 criterios: los alcances del sistema abierto, la presencia en el mercado y el alcance de la solución. Debido a la disponibilidad y diversidad de productos, opciones de distribuidores independientes y desarrollo tecnológico en los últimos años, LonWorks supera a BACnet, por lo que se convierte en la primera opción para el protocolo de datos a seguir (Strata Resource, P1).

Vale mencionar que LonWorks tiene estándares admitidos por la ANSI (American National Standards Institute) y forma parte de los estándares para automatización de edificios establecidos por la ASHRAE junto con ANSI.

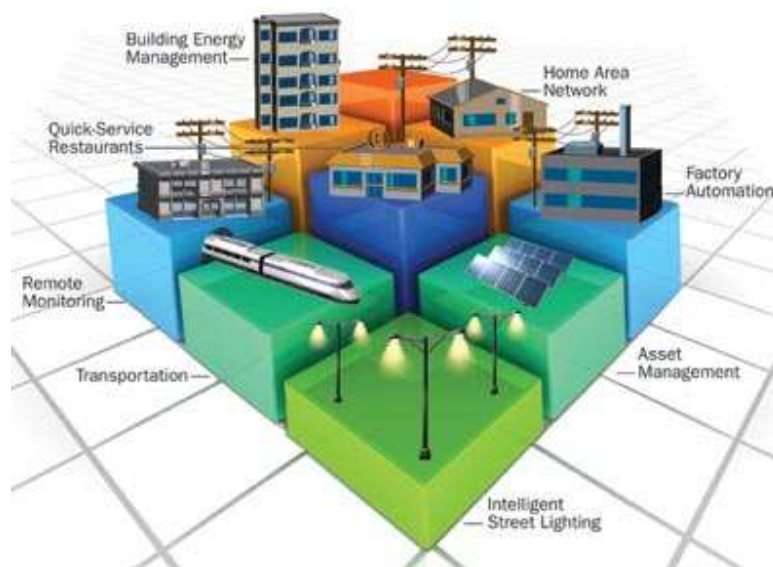


Figura 23. Usos del protocolo LonWorks. Tomado de Echelon. www.echelon.com

Dentro de aire acondicionado, se pueden conectar hasta 50 unidades interiores dentro de la interfase LonWorks. Permite variables de entrada como: encendido y apagado de

equipos, modo de operación, velocidad de ventiladores, control remoto, reseteo de señales, entre otros. Las variables de salida pueden ser: Tamaño de modelo, estado de alarma, códigos de error y error de dirección (City-Multi, P.58).

Debido a la utilización de este protocolo para permitir la interconexión con otros sistemas, se escogió el modelo AG-150 como control centralizado, ya que es el único, en esta marca, que permite la conversión a LonWorks.



Figura 24. Controlador centralizado AG-150

DIAGRAMA DE CONTROL

Se presentan a continuación los diagramas de control desarrollados en el programa City Multi Design Tool. Con esta herramienta, se pudo realizar la conexión por grupos de los diferentes dispositivos a utilizar.



















Group	Indoor Unit		Local remote controller	000	GB-24A	
						
1 	001 	PCFY-P36NGMU-E	101	 PAC-SE51CRA	✓	
	Procesos Tecnicos 1					
	002 	PCFY-P36NGMU-E				
	Procesos Tecnicos 2					
	003 	PFY-P24NRMU-E				
	Audiovisuales					
	004 	PFY-P12NRMU-E				
Recepcion 1						
005 	PFY-P08NRMU-E			✓		
Recepcion 2						
2 	006 	PEFY-P96NMHU-E	106		 PAC-SE51CRA	✓
	Lectura PB1					
	007 	PEFY-P96NMHU-E				
	Lectura PB2					
3 	008 	PEFY-P96NMHU-E	109		 PAC-SE51CRA	✓
	Lectura PB3					
	009 	PEFY-P96NMHU-E				
	Lectura PA1					
	010 	PEFY-P96NMHU-E				
4 	011 	PEFY-P96NMHU-E	112	 PAC-SE51CRA	✓	
	Lectura PA3					
	012 	PEFY-P72NMHU-E				
	Hemeroteca 1					
	013 	PEFY-P54NMHU-E				
	Hemeroteca 2					
	014 	PLFY-P36NBMU-E				
	Cubículo 1					
	015 	PLFY-P30NBMU-E				
	Cubículo 2					
	016 	PLFY-P30NBMU-E				
	Cubículo 3					
	017 	PLFY-P30NBMU-E				
Cubículo 4						
018 	PLFY-P24NBMU-E					
Cubículo 5						
019 	PLFY-P15NBMU-E			✓		
Xerox						
5 	020 	PEFY-P96NMHU-E	120		 PAC-SE51CRA	✓
	Auditorio 1					
	021 	PEFY-P72NMHU-E				
Auditorio 2						

Figura 25. Esquema del sistema de Control para el Aire Acondicionado de la Biblioteca USFQ

CAPÍTULO VII

PLANOS Y PRESUPESTO REFERENCIAL

A partir del estudio realizado en este trabajo, se presentan a continuación los planos de las instalaciones ubicadas en la Biblioteca, incluyendo cada uno de los grupos. Adicionalmente, se elaboró un presupuesto referencial de la instalación del sistema, en base a precios del mercado. Vale aclarar que solamente es un indicador de la posible inversión que deba realizar la Universidad ya que los precios son referenciales.

PLANOS

Para una mejor visión de las instalaciones del sistema de aire acondicionado propuesto, se detallan a continuación los planos tanto de los sistemas como de los equipos instalados.

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO SUBSUELO

BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PLANTA BAJA

BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PLANTA ALTA

BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO AUDITORIO

BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

PLANTILLA EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

PRESUPUESTO REFERENCIAL

En el presupuesto referencial mostrado a continuación, se consideró el costo de los equipos y accesorios, así como la instalación de los mismos. Incluye transporte, mano de obra, equipos y materiales. Se puede observar que la inversión inicial llega a los \$190,000.00 aproximadamente, lo cual asegura el confort de los usuarios de la Biblioteca. La ventaja de este diseño es que tiene la capacidad de ampliación con la compra de nuevos equipos, en caso de requerirlo.

RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	
				UNITARIO	TOTAL
1	Ducto de tol galvanizado con aislamiento	Kg	3,971.01	6.78	26,923.45
2	Rejilla de extracción 20"x10"	u	40.00	57.25	2,290.00
3	Rejilla de extracción 20"x6"	u	32.00	46.72	1,495.04
4	Unidad Exterior de 192000 Btu/h	u	1.00	8,144.04	8,144.04
5	Unidad Exterior de 288000 Btu/h	u	2.00	8,885.64	17,771.28
6	Unidad Exterior de 264000 Btu/h	u	1.00	8,765.64	8,765.64
7	Unidad Exterior de 168000 Btu/h	u	1.00	7,949.64	7,949.64
8	Unidad interior tipo suspendida en el tumbado 36000 Btu/h	u	2.00	4,535.71	9,071.42
9	Unidad interior de piso 24000 Btu/h	u	1.00	2,369.78	2,369.78
10	Unidad interior de piso 12000 Btu/h	u	1.00	1,967.78	1,967.78
11	Unidad interior de piso 8000 Btu/h	u	1.00	1,295.82	1,295.82
12	Unidad interior tipo Fan Coil 96000 Btu/h	u	7.00	7,346.93	51,428.51
13	Unidad interior tipo Fan Coil 72000 Btu/h	u	2.00	5,525.57	11,051.14
14	Unidad interior tipo Fan Coil 54000 Btu/h	u	1.00	3,983.64	3,983.64
15	Unidad interior tipo Cassette 4 vías 36000 Btu/h	u	1.00	2,041.39	2,041.39
16	Unidad interior tipo Cassette 4 vías 30000 Btu/h	u	3.00	2,371.39	7,114.17
17	Unidad interior tipo Cassette 4 vías 24000 Btu/h	u	1.00	2,359.39	2,359.39
18	Unidad interior tipo Cassette 4 vías 15000 Btu/h	u	1.00	2,197.39	2,197.39
19	Tubería de cobre de 1/4" Incluye aislamiento	m	16.00	7.39	118.24
20	Tubería de cobre de 3/8" Incluye aislamiento	m	163.70	8.59	1,406.18
21	Tubería de cobre de 1/2" Incluye aislamiento	m	21.30	10.69	227.70
22	Tubería de cobre de 5/8" Incluye aislamiento	m	93.10	12.80	1,191.68
23	Tubería de cobre de 3/4" Incluye aislamiento	m	30.90	14.00	432.60
24	Tubería de cobre de 7/8" Incluye aislamiento	m	59.90	17.33	1,038.07
25	Tubería de cobre de 1 1/8" Incluye aislamiento	m	20.00	28.52	570.40
26	Tubería de cobre de 1 3/8" Incluye aislamiento	m	3.90	35.41	138.10
27	Unidades remotas de control (sencillas)	u	5.00	306.04	1,530.20
28	Controlador AG-150	u	1.00	4,353.17	4,353.17
29	Supervisión y Fiscalización de Obra	u	1.00	8,961.29	8,961.29
TOTAL AIRE ACONDICIONADO					188,187.15

Tabla 18. Presupuesto Referencial Sistema de Aire Acondicionado Biblioteca San Francisco de Quito

CONCLUSIONES

- Las cargas por paredes, ventanas y ventilación son las más grandes dentro de la Biblioteca. Esto se debe a la orientación del edificio ya que se encuentra con una de sus caras completamente hacia el este y la otra hacia el oeste, haciendo que los rayos del sol impacten directamente sobre ellas.
- La carga total del edificio fue de 1,643,239 Btu/h, la cual, dividida para los 1,500 m² de construcción que tiene la Biblioteca, dan un promedio de 1,094 Btu/h por metro cuadrado. Así, se comprueba una carga térmica considerable que justifica el acondicionamiento del lugar.
- Se vio la necesidad de obviar algunas áreas para el acondicionamiento debido a que son áreas simplemente de tránsito, como es el caso de los baños y la entrada de la Biblioteca, o que no tienen la concurrencia que justifique una inversión, como en el caso de Audiovisuales. Sin embargo, en caso de ser necesario, es posible realizar adiciones al estudio.
- El espacio vacío que existe entre la estructura metálica exterior y el cielo falso está compuesto principalmente de aire. Éste almacena calor durante el día y lo transmite, a una tasa más baja, hacia la biblioteca. Por esta razón, es una carga adicional importante a considerar dentro del análisis.
- El estudio psicrométrico permitió confirmar que los cálculos realizados fueron los correctos con un error inferior al 0.01%, lo cual no justifica una corrección en los cálculos. Los dos programas utilizados arrojaron los mismos resultados para las propiedades de cada estado del aire.

- La utilización de fan coils en la biblioteca es necesaria ya que el área a acondicionar es grande. Debido a la existencia de un cielo falso con más de 1.20 metros de espacio interior, es posible realizar las instalaciones del equipo y los ductos correspondientes sin necesidad de realizar obras adicionales, además de no dejar al descubierto más que las rejillas necesarias.
- Los sistemas VRV son útiles especialmente cuando se trata de grandes espacios a acondicionar. La biblioteca, con sus 1,500 m² de superficie, requiere de estos equipos para disminuir costos de operación en una manera significativa. Además, debido al control que utiliza, es el primer paso para la formación de un edificio inteligente.
- Es importante destacar que los sistemas VRV brindarán un confort mayor a los usuarios de la Biblioteca en cada una de sus zonas. La posibilidad de controlar cada una por separado es importante debido a las variaciones de carga que el edificio puede tener.
- La inversión que debe realizar la universidad para la instalación de este sistema es de \$190,000.00 aproximadamente, acondicionando todos los sectores utilizados de la Biblioteca. Se tiene la ventaja de poder ampliar el sistema, en caso de requerirlo, con la instalación de unidades interiores y exteriores adicionales.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de equipos de aire acondicionado VRV debido al ahorro en el consumo diario mientras opera. Siendo un área considerable a cubrir (1500 m²), la disminución en costos de operación será importante.
- Se tuvieron dificultades en el cálculo de carga térmica y área de acondicionamiento debido a la falta de actualización de los planos disponibles. Existen áreas nuevas que no constan en los registros, por lo que se recomienda un levantamiento de éste área para tener planos actualizados.
- El confort es un aspecto bastante importante para mejorar el rendimiento de las personas en cada una de sus actividades. Uno de los aspectos que están incluidos en el confort es la temperatura y la humedad del ambiente. Se recomienda el acondicionamiento del área de la Biblioteca ya que hay una inconformidad general con el estado actual.
- Debido a la interfaz de comunicación que utilizan este tipo de sistemas, es posible integrar otros sistemas. Se recomienda hacer un estudio de un control de iluminación de la Biblioteca, así como de apertura y cierre automático de puertas. La interfaz es capaz de controlar, al mismo tiempo, todos ellos.
- La luz solar es un factor importante de carga. Debido a la orientación del edificio, la carga por paredes y ventanas resultó alta. Por esta razón, se recomienda que, en futuras construcciones, la orientación de las paredes y ventanas no coincida con el oriente u occidente.

BIBLIOGRAFÍA

- “2001 ASHRAE HandbookCD”, *ASHRAE*, CD-ROM, Atlanta, 2009
- “2009 ASHRAE Handbook Fundamentals”, *ASHRAE*, CD-ROM, Atlanta, 2009
- *A Building Management System – (BMS)*, Bristol University, 4 de noviembre de 2009,
<www.bristol.ac.uk/4A058BD3-96D6-444B-A7D4-B53CCDE3C52F/FinalDownload/DownloadId-DC4F3688D6109E1B8B4A0DCDE8FBefd8/4A058BD3-96D6-444B-A7D4-B53CCDE3C52F/environment/energy/BMS_Overview.pdf>
- AFIFY, Ramez, “Designing VRF Systems”, *ASHRAE Journal* (June 2008), 4páginas, 24 de octubre de 2010, <http://www.ashrae.org/members/doc/afify_8090903.pdf>
- ASHRAE LEARNING INSTITUTE, “Fundamentals of Heating and Cooling Loads”, *ASHRAE*, Atlanta, 2000.
- *Bomba de Calor: Calor y Frío en un Aparato*, El Aire Acondicionado, 10 de mayo de 2010.
- *Building Comfort Solutions. Variable Refrigerant Flow Zoning Systems*, Mitsubishi Electric, 2008, 24 de marzo de 2010. <www.mehvac.com>
- CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY, “Manual de Aire Acondicionado”, Marcombo, Barcelona, 1990.
- CENGEL, Yunus y BOLES, Michael, *Termodinámica*, McGraw Hill, 5ed, México DF, 2006.
- *City Multy*, Mitsubishi Electric Air Conditioning Systems (Octubre 2006), 24 de marzo de 2010. <<http://Global.MitsubishiElectric.com/>>
- DOSSAT, Roy, “Principios de Refrigeración”, CECSA, 2ed, México, 1980

- GATLEY, Donald, *Understanding Psychrometrics*, ASHRAE, 2ed, Atlanta, 2005.
- HULL, Jerry, *Myths of LonWorks and BACnet*, BACnet, 2 de mayo de 2010.
<<http://www.bacnet.org/Bibliography/BOM-4-98.pdf>>
- GARCÍA, Javier, *Lámparas Incandescentes*, UPC, 15 de diciembre de 2009,
<<http://edison.upc.edu/curs/llum/lamparas/lincan.html>>
- PINTO, Fernando, Entrevista personal, 2 de octubre de 2009.
- POZA, Luis, *Eficiencia Energética con el Uso de Luz Fluorescente*, Técnica Industrial, octubre 2005, 15 de diciembre de 2009.
- PROAÑO, Andrés, Entrevista Personal, 24 de marzo de 2010.
- *Room Air Conditioners*, Mitsubishi Electric (Mayo 2006), 24 de marzo de 2010.
<<http://Global.MitsubishiElectric.com/>>.
- *Sistema Multi Split*, El Aire Acondicionado, 10 de mayo de 2010.
- *Sistema Split*, El Aire Acondicionado, 10 de mayo de 2010.
- *Sistema KX4 de Caudal Variable de Refrigerante*, Mitsubishi Heavy Industries Ltd. (Abril 2008), 29 de octubre de 2009, <<http://Global.MitsubishiElectric.com/>>.
- SMACNA, *HVAC Duct Construction Standards. Metal and Flexible*, SMACNA, Chantilly, 1995.
- Strata Resources, *Tired of Being Locked into Sole Source Maintenance Contracts*, Echelon, 2 de mayo de 2010.
<http://www.echelon.com/support/documentation/analysis/investigatingopensys.htm>
- TREJO, Manuel y REYES, Humberto, *Cálculo y Selección del Equipo de un Sistema de Aire Acondicionado para un Teatro en Puerto Vallarta, Jalisco*, México DF, 2009.
- VERMONT, *Rejillas de Inyección*, Industrias Vermont SA, 1º de mayo de 2010.

- *VRV. Intelligent Air Conditioning Technology*, Daikin, 2005, 16 de marzo de 2009.
<http://www.daikinac.com/commercial/documents/VRV_PCVUSE06-04C.pdf>
- Wikipedia contributors. "LonWorks." *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Wikipedia, The Free Encyclopedia, modificado 30 de abril de 2010, accedido 2 de mayo de 2010.

APÉNDICES

APÉNDICE I

ENCUESTA REALIZADA A LOS USUARIOS DE LA BIBLIOTECA

ENCUESTA

Esta encuesta está diseñada para evaluar su satisfacción frente a las instalaciones de la Biblioteca de la Universidad San Francisco de Quito. Con una x en el casillero que usted considere adecuado. ¡De antemano le agradecemos por su colaboración!

Edad:

Género:

Ocupación:

1. ¿Con qué frecuencia visita usted la biblioteca?

Nunca 1 vez cada 15 días 1 vez a la semana Más de una vez a la semana

Si su respuesta es nunca, solamente responda la siguiente pregunta. ¿Por qué razones no visita la biblioteca?

2. ¿Está usted conforme con las instalaciones de la biblioteca?

Muy conforme Conforme Neutral Poco conforme Disconforme

3. ¿Qué opina de la temperatura ambiente dentro de la biblioteca?

Muy alta Alta Ideal Baja Muy baja

4. ¿Piensa usted que el sistema de aire acondicionado que funciona actualmente en la biblioteca trabaja adecuadamente?

Sí No

5. ¿Cree usted que es necesario implementar un nuevo sistema de aire acondicionado en la biblioteca?

Sí No

6. ¿Cree usted necesaria una inversión por parte de la Universidad para brindar mayor confort al estudiante en la biblioteca?

Sí No

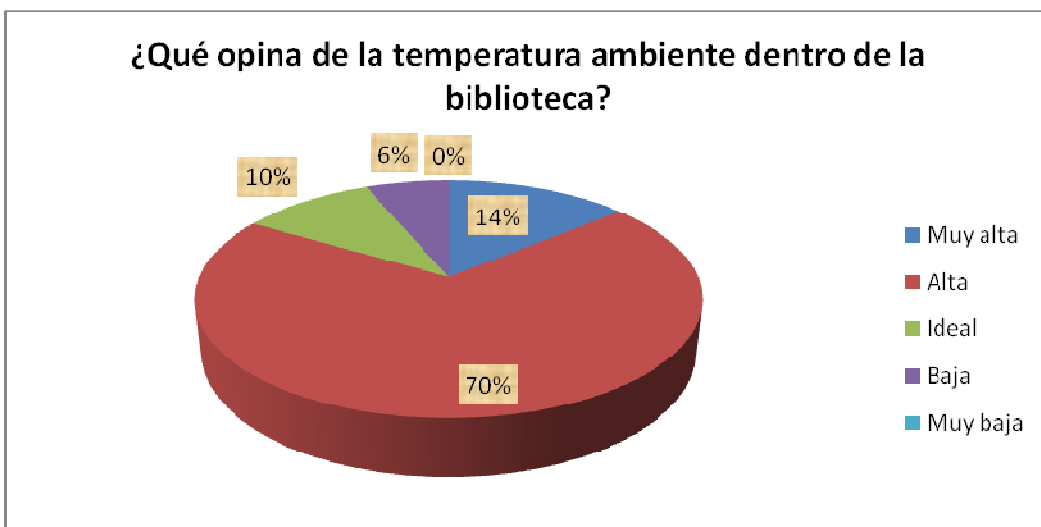
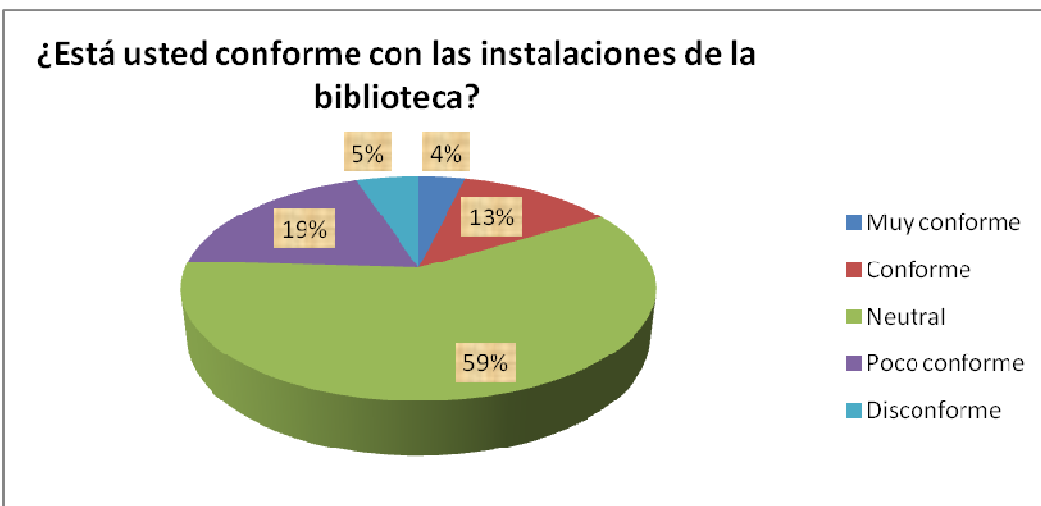
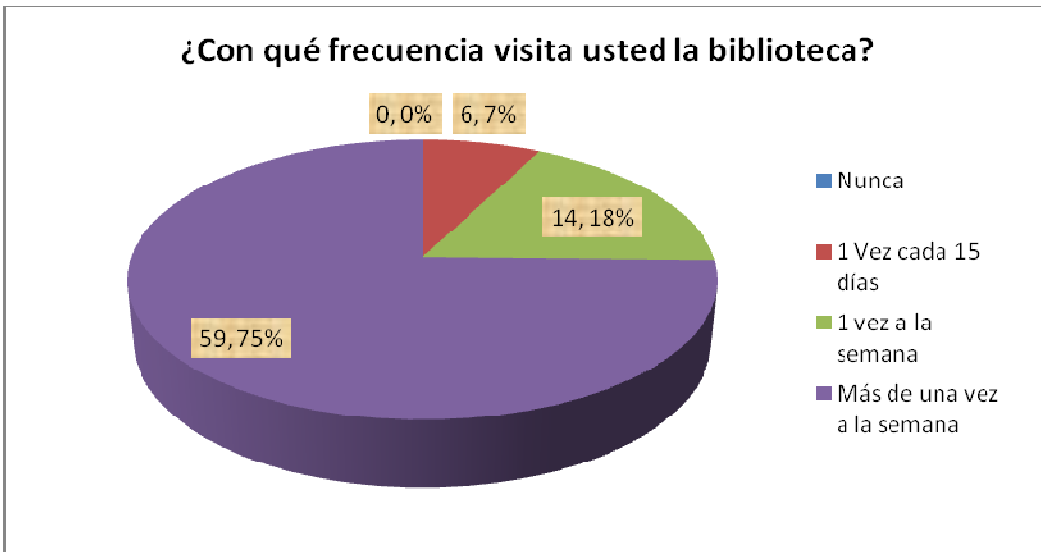
7. ¿Visitaría con mayor frecuencia la biblioteca si las condiciones de temperatura fueran más controladas?

Sí No

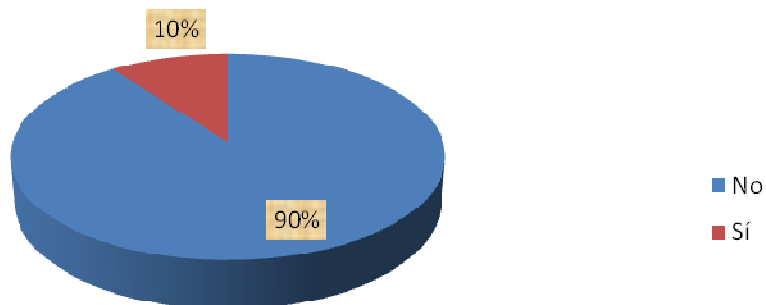
APÉNDICE II
TABULACIÓN DE LOS DATOS DE LAS ENCUESTAS

RESUMEN DE DATOS TABULADOS								
PREGUNTA								
		1	2	3	4	5	6	7
RESPUESTA	0	0	3	11	71	9	4	27
	1	6	10	55	8	70	75	52
	2	14	47	8				
	3	59	15	5				
	4		4	0				

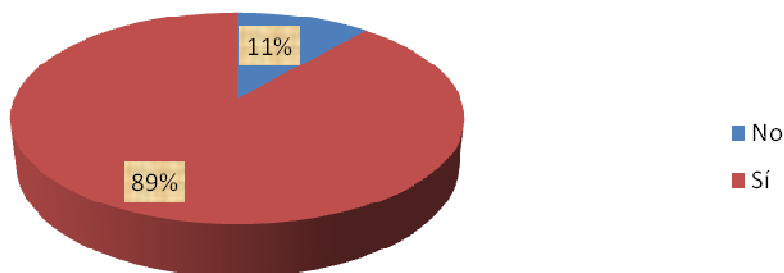
Leyenda		
Pregunta 1	Respuesta	Codificación
	Nunca	0
	1 Vez cada 15 días	1
	1 vez a la semana	2
	Más de una vez a la semana	3
Pregunta 2	Muy conforme	0
	Conforme	1
	Neutral	2
	Poco conforme	3
	Disconforme	4
Pregunta 3	Muy alta	0
	Alta	1
	Ideal	2
	Baja	3
	Muy baja	4
Pregunta 4	No	0
	Sí	1
Pregunta 5	No	0
	Sí	1
Pregunta 6	No	0
	Sí	1
Pregunta 7	No	0
	Sí	1



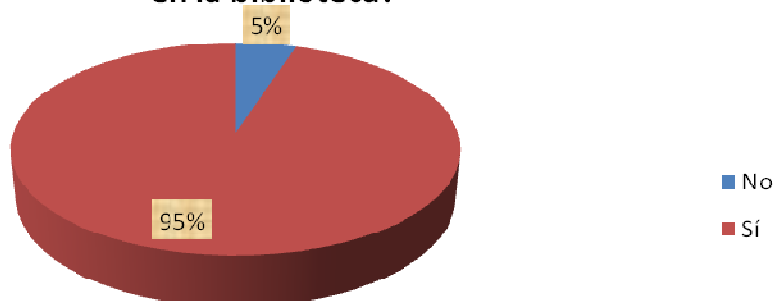
¿Piensa usted que el sistema de aire acondicionado que funciona actualmente en la biblioteca trabaja adecuadamente?



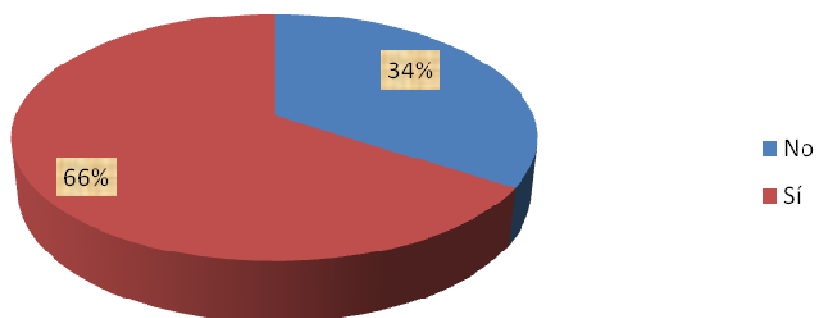
¿Cree usted que es necesario implementar un nuevo sistema de aire acondicionado en la biblioteca?



¿Cree usted necesaria una inversión por parte de la Universidad para brindar mayor confort al estudiante en la biblioteca?



¿Visitaría con mayor frecuencia la biblioteca si las condiciones de temperatura fueran más controladas?



APÉNDICE 3

PLANOS ORIGINALES DE LA BIBLIOTECA

APÉNDICE 4

TABLA DE CLF LUMINARIAS

Table 10-1. Cooling Load Factors for Lights¹

Lights On For	Number of Hours after Lights Turned On.																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Zone Type A																									
8	0.85	0.92	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.13	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.85	0.93	0.95	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.14	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
12	0.86	0.93	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.14	0.07	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
14	0.86	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.15	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
16	0.87	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.15	0.08	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Zone Type B																									
8	0.75	0.85	0.90	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.23	0.12	0.08	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
10	0.75	0.86	0.91	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.24	0.13	0.08	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
12	0.76	0.86	0.91	0.93	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.24	0.14	0.05	0.07	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
14	0.76	0.87	0.92	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.25	0.14	0.05	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03
16	0.77	0.88	0.92	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.25	0.15	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04
Zone Type C																									
8	0.72	0.80	0.84	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.23	0.15	0.11	0.05	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
10	0.73	0.81	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.25	0.16	0.13	0.11	0.05	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
12	0.74	0.82	0.86	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.26	0.18	0.14	0.12	0.10	0.05	0.08	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.05
14	0.75	0.84	0.87	0.89	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.27	0.19	0.15	0.13	0.11	0.10	0.05	0.08	0.08	0.07	0.07
16	0.77	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	0.94	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.28	0.20	0.16	0.15	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09
Zone Type D																									
8	0.66	0.72	0.76	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.25	0.20	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.05	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04
10	0.68	0.74	0.77	0.80	0.82	0.84	0.86	0.87	0.88	0.90	0.28	0.23	0.15	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.05	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06
12	0.70	0.75	0.79	0.81	0.83	0.85	0.87	0.88	0.85	0.90	0.51	0.92	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09
14	0.72	0.77	0.81	0.83	0.85	0.86	0.88	0.85	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.12	0.12
16	0.75	0.80	0.83	0.85	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.34	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.14

Note: See Table 35 for zone type. Data based on a radiative/convective fraction of 0.59(0.4).

.Factor de carga de enfriamiento para luminaria. Tomado ASHRAE Fundamentals 2000

APÉNDICE 5

CÁLCULO DE CARGA POR LUMINARIAS

ILUMINACIÓN							
SB							
Procesos Técnicos	Cantidad	Btu/W	Watts	F_{ul}	F_{sa}	CLF_{el}	Load (q_{el})
Lámparas	16	3.41	640	1	1.2	0.96	2514.1
PB							
Área de Lectura	Cantidad	Btu/W	Watts	F_{ul}	F_{sa}	CLF_{el}	Load (q_{el})
Lámparas	35	3.41	1400	1	1.2	0.96	5499.6
Focos	32	3.41	960	1	1.2	0.96	3771.2
Recepción							
Lámparas	0	3.41	0	1	1.2	0.96	0.0
Focos	18	3.41	540	1	1.2	0.96	2121.3
Audiovisuales							
Lámparas	7	3.41	280	1	1.2	0.96	1099.9
Focos							
Cubículos							
1	1	3.41	30	1	1.2	0.96	117.8
2	1	3.41	30	1	1.2	0.96	117.8
3	1	3.41	30	1	1.2	0.96	117.8
4	1	3.41	30	1	1.2	0.96	117.8
Grande	1	3.41	30	1	1.2	0.96	117.8
P1							
	Cantidad	Btu/W	Watts	F_{ul}	F_{sa}	CLF_{el}	Load (q_{el})
Area de Lectura	200	3.41	8000	1	1.2	0.96	9216.0
Hemeroteca	19	3.41	760	1	1.2	0.96	875.5
Cubiculos							
1	6	3.41	240	1	1.2	0.96	276.5
2	6	3.41	240	1	1.2	0.96	276.5
3	6	3.41	240	1	1.2	0.96	276.5
4	6	3.41	240	1	1.2	0.96	276.5
5	6	3.41	240	1	1.2	0.96	276.5
Xerox	4	3.41	160	1	1.2	0.96	184.3
Baños Hombre	4	3.41	160	1	1.2	0.96	184.3
Baños Mujeres	4	3.41	160	1	1.2	0.96	184.3
P2							
	Cantidad	Btu/W	Watts	F_{ul}	F_{sa}	CLF_{el}	Load (q_{el})
Aula	36	3.41	1440	1	1.2	0.96	1658.9
Corredor	10	3.41	400	1	1.2	0.96	460.8
						Q	29742.0

APÉNDICE 6

FACTOR DE CALOR SENSIBLE Y LATENTE SEGÚN ACTIVIDAD FÍSICA

Table 1 Representative Rates at Which Heat and Moisture Are Given Off by Human Beings in Different States of Activity

Degree of Activity		Total Heat, W		Sensible Heat, W	Latent Heat, W	% Sensible Heat that is Radiant ^b	
		Adult Male	Adjusted, M/F ^a			Low <i>V</i>	High <i>V</i>
Seated at theater	Theater, matinee	115	95	65	30		
Seated at theater, night	Theater, night	115	105	70	35	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	130	115	70	45		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	140	130	75	55		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	160	130	75	55	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	160	145	75	70		
Sedentary work	Restaurant ^c	145	160	80	80		
Light bench work	Factory	235	220	80	140		
Moderate dancing	Dance hall	265	250	90	160	49	35
Walking 4.8 km/h; light machine work	Factory	295	295	110	185		
Bowling ^d	Bowling alley	440	425	170	255		
Heavy work	Factory	440	425	170	255	54	19
Heavy machine work; lifting	Factory	470	470	185	285		
Athletics	Gymnasium	585	525	210	315		

Factor de Carga de Enfriamiento para Personas. Tomado ASHRAE Handbook 2009

APÉNDICE 7

FACTOR DE CARGA DE ENFRIAMIENTO PARA PERSONAS Y EQUIPOS

Table 10-2. Cooling Load Factors for People and Unhooded Equipment¹

Hours in Space	Number of Hours after Entry into Space or Equipment Turned On																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Zone Type A																									
2	0.75	0.88	0.18	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.75	0.88	0.93	0.95	0.22	0.10	0.05	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.23	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.24	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
10	0.75	0.88	0.93	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.24	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
12	0.75	0.88	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.25	0.12	0.07	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
14	0.76	0.88	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
16	0.76	0.89	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
18	0.77	0.89	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.25	0.12	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02
Zone Type B																									
2	0.65	0.74	0.16	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.65	0.75	0.81	0.85	0.24	0.17	0.13	0.10	0.07	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91	0.29	0.20	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
8	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91	0.93	0.95	0.31	0.22	0.17	0.13	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10	0.65	0.75	0.81	0.85	0.89	0.91	0.93	0.95	0.96	0.97	0.33	0.24	0.18	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
12	0.66	0.76	0.81	0.86	0.89	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.34	0.24	0.19	0.14	0.11	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
14	0.67	0.76	0.82	0.86	0.89	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03
16	0.69	0.78	0.83	0.87	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07	0.05	0.04	0.03
18	0.71	0.80	0.85	0.88	0.91	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	0.35	0.25	0.19	0.15	0.11	0.09	0.07
Zone Type C																									
2	0.60	0.68	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.60	0.68	0.74	0.79	0.23	0.18	0.14	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6	0.61	0.69	0.74	0.79	0.83	0.86	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
8	0.61	0.69	0.75	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.32	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01
10	0.62	0.70	0.75	0.80	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.35	0.28	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03
12	0.63	0.71	0.76	0.81	0.84	0.87	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.37	0.29	0.24	0.19	0.16	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
14	0.65	0.72	0.77	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.38	0.30	0.25	0.20	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.06	0.06
16	0.68	0.74	0.79	0.83	0.86	0.89	0.91	0.92	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.39	0.31	0.25	0.21	0.17	0.14	0.11	0.09
18	0.72	0.78	0.82	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.39	0.31	0.26	0.21	0.17	0.14	0.11
Zone Type D																									
2	0.59	0.67	0.13	0.09	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
4	0.60	0.67	0.72	0.76	0.20	0.16	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6	0.61	0.68	0.73	0.77	0.80	0.83	0.26	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
8	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.30	0.24	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
10	0.63	0.70	0.75	0.78	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.33	0.27	0.22	0.19	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05
12	0.65	0.71	0.76	0.79	0.82	0.84	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.35	0.29	0.24	0.21	0.18	0.16	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07
14	0.67	0.73	0.78	0.81	0.83	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.37	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.09
16	0.70	0.76	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13
18	0.74	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.39	0.32	0.27	0.23	0.20	0.17	0.14

Note: See Table 35 for zone type. Data based on a radiative/convective fraction of 0.70/0.30.

Factor de carga de enfriamiento para personas y equipos. Tomado ASHRAE Fundamentals 2000

APÉNDICE 8

CALCULO DE LA CARGA DE CALOR GENERADA POR LAS PERSONAS EN LA BIBLIOTECA

Personas	Ganancia de Q Latente	Ganancia de Q Sensible	Tiempo	Hora de Inicio	CLF at 16:00	Carga Sensible	Carga Latente	Q TOTAL
211.5	155	245	6	10:00	0.86	44563	32783	77346
141	155	245	8	12:00	0.79	27291	21855	49146
282	155	245	2	13:00	0.14	9673	43710	53383
423	155	245	2	13:00	0.14	14509	65565	

RESUMEN		
Total Sensible	Total Latente	Q Total
81526.2	98348	179874
Q TOTAL	179874	

CARGA TÉRMICA GENERADA POR PERSONAS HORA: 10:00										
SB	Personas	Personas	Ganancia de Q Latente Btu/h-persona	Ganancia de Q Sensible Btu/h-persona	Tiempo	Hora de inicio	CLF at 16:00	Carga Sensible Btu/h	Carga Latente Btu/h	Q TOTAL Btu/h
Procesos Técnicos	u	7	155	245	6	10:00	---	737	543	1280
PB	Personas	u	Heat Gain Latent Btu/h-persona	Heat Gain Sensible Btu/h-persona	Hours	Str. Time	CLF at 16:00	Cooling Load Sensible Btu/h	Cooling Load Latent Btu/h	Q TOTAL Btu/h
Lectura	45	22.5	155	245	6	10:00	0.86	4741	3488	8228
Recepcion	11	5.5	155	245	6	10:00	0.86	1159	853	2011
Audiovisuales	2	1.0	155	245	6	10:00	0.86	211	155	366
Cubículos										
1	2	1.0	155	245	6	10:00	0.86	211	155	366
2	2	1.0	155	245	6	10:00	0.86	211	155	366
3	2	1.0	155	245	6	10:00	0.86	211	155	366
4	2	1.0	155	245	6	10:00	0.86	211	155	366
Grande	7	3.5	155	245	6	10:00	0.86	737	543	1280
P1	Personas	u	Ganancia de Q Latente Btu/h-persona	Ganancia de Q Sensible Btu/h-persona	Tiempo	Hora de inicio	CLF at 16:00	Carga Sensible Btu/h	Carga Latente Btu/h	Q TOTAL Btu/h
Lectura	176	88.0	155	245	6	10:00	0.86	18542	13640	32182
Baños Hombres	7	3.5	155	245	6	10:00	0.86	737	543	1280
Baños Mujeres	7	3.5	155	245	6	10:00	0.86	737	543	1280
Cubículos										
1	8	4.0	155	245	6	10:00	0.86	843	620	1463
2	8	4.0	155	245	6	10:00	0.86	843	620	1463
3	8	4.0	155	245	6	10:00	0.86	843	620	1463
4	8	4.0	155	245	6	10:00	0.86	843	620	1463
5	4	2.0	155	245	6	10:00	0.86	421	310	731
Xerox	4	2.0	155	245	6	10:00	0.86	421	310	731
Hemeroteca	31	15.5	155	245	6	10:00	0.86	3266	2403	5668
P2	Personas	u	Ganancia de Q Latente Btu/h-persona	Ganancia de Q Sensible Btu/h-persona	Tiempo	Hora de inicio	CLF at 16:00	Carga Sensible Btu/h	Carga Latente Btu/h	Q TOTAL Btu/h
Aula	82	41	155	245	6	10:00	0.86	8639	6356	14994
PERSONAS	423	211.5							Q	77346

CARGA TÉRMICA GENERADA POR PERSONAS HORA: 12:00											
SB	Personas	Personas	Personas	Ganancia de Q Latente Btu/h-persona	Ganancia de Q Sensible Btu/h-persona	Tiempo h	Hora de Inicio	CLF at 16:00	Carga Sensible Btu/h	Carga Latente Btu/h	Q TOTAL Btu/h
Procesos Técnicos	u	7	u	165	245	8	12:00	---	452	362	813
PB	Personas	Personas	Personas	Ganancia de Q Latente Btu/h-persona	Ganancia de Q Sensible Btu/h-persona	Tiempo h	Hora de Inicio	CLF at 16:00	Carga Sensible Btu/h	Carga Latente Btu/h	Q TOTAL Btu/h
Lectura	u	45	u	165	245	8	12:00	---	2903	2325	5228
Recepcion	u	11	u	165	245	8	12:00	0.79	710	568	1278
Audiovisuales	u	2	u	165	245	8	12:00	0.79	129	103	232
Cubículos	u	2	u	165	245	8	12:00	0.79	129	103	232
1	u	2	u	165	245	8	12:00	0.79	129	103	232
2	u	2	u	165	245	8	12:00	0.79	129	103	232
3	u	2	u	165	245	8	12:00	0.79	129	103	232
4	u	2	u	165	245	8	12:00	0.79	129	103	232
Grande	u	7	u	165	245	8	12:00	0.79	452	362	813
P1	Personas	Personas	Personas	Ganancia de Q Latente Btu/h-persona	Ganancia de Q Sensible Btu/h-persona	Tiempo h	Hora de Inicio	CLF at 16:00	Carga Sensible Btu/h	Carga Latente Btu/h	Q TOTAL Btu/h
Lectura	u	176	u	165	245	8	12:00	---	11365	3033	20448
Baños Hombres	u	7	u	165	245	8	12:00	0.79	452	362	813
Baños Mujeres	u	7	u	165	245	8	12:00	0.79	452	362	813
Cubículos	u	8	u	165	245	8	12:00	0.79	516	413	929
1	u	8	u	165	245	8	12:00	0.79	516	413	929
2	u	8	u	165	245	8	12:00	0.79	516	413	929
3	u	8	u	165	245	8	12:00	0.79	516	413	929
4	u	8	u	165	245	8	12:00	0.79	516	413	929
5	u	4	u	165	245	8	12:00	0.79	258	207	465
Xerox	u	4	u	165	245	8	12:00	0.79	258	207	465
Hemeroteca	u	31	u	165	245	8	12:00	0.79	2000	1602	3602
P2	Personas	Personas	Personas	Ganancia de Q Latente Btu/h-persona	Ganancia de Q Sensible Btu/h-persona	Tiempo h	Hora de Inicio	CLF at 16:00	Carga Sensible Btu/h	Carga Latente Btu/h	Q TOTAL Btu/h
Aula	u	82	u	165	245	8	12:00	---	5290	4237	9527
PERSONAS	u	423	u	141	245	8	12:00	0.79	5290	4237	9527
										Q	49146

CARGA TÉRMICA GENERADA POR PERSONAS HORA: 13:00												
SB	Personas	Personas	Ganancia de Q Latente Btu/h-persona	Ganancia de Q Sensible Btu/h-persona	Tiempo h	Hora de Inicio	CLF at 16:00	Carga Sensible Btu/h	Carga Latente Btu/h	Q TOTAL Btu/h		
Procesos Técnicos	7	u	155	245	2	13:00	---	160	723	883		
PB												
	Personas	Personas	Ganancia de Q Latente Btu/h-persona	Ganancia de Q Sensible Btu/h-persona	Tiempo h	Hora de Inicio	CLF at 16:00	Carga Sensible Btu/h	Carga Latente Btu/h	Q TOTAL Btu/h		
Lectura	45	u	155	245	2	13:00	---	1029	4650	5679		
Recepcion	11	7.3	155	245	2	13:00	0.14	252	1137	1388		
Audiovisuales	2	1.3	155	245	2	13:00	0.14	46	207	252		
Cubiculos												
1	2	1.3	155	245	2	13:00	0.14	46	207	252		
2	2	1.3	155	245	2	13:00	0.14	46	207	252		
3	2	1.3	155	245	2	13:00	0.14	46	207	252		
4	2	1.3	155	245	2	13:00	0.14	46	207	252		
Grande	7	4.7	155	245	2	13:00	0.14	160	723	883		
P1												
	Personas	Personas	Ganancia de Q Latente Btu/h-persona	Ganancia de Q Sensible Btu/h-persona	Tiempo h	Hora de Inicio	CLF at 16:00	Carga Sensible Btu/h	Carga Latente Btu/h	Q TOTAL Btu/h		
Lectura	178	u	155	245	2	13:00	---	4025	18187	22211		
Baños Hombres	7	4.7	155	245	2	13:00	0.14	160	723	883		
Baños Mujeres	7	4.7	155	245	2	13:00	0.14	160	723	883		
Cubiculos												
1	8	5.3	155	245	2	13:00	0.14	183	827	1010		
2	8	5.3	155	245	2	13:00	0.14	183	827	1010		
3	8	5.3	155	245	2	13:00	0.14	183	827	1010		
4	8	5.3	155	245	2	13:00	0.14	183	827	1010		
5	4	2.7	155	245	2	13:00	0.14	91	413	505		
Xerox	4	2.7	155	245	2	13:00	0.14	91	413	505		
Hemeroteca	31	20.7	155	245	2	13:00	0.14	709	3203	3912		
P2												
	Personas	Personas	Ganancia de Q Latente Btu/h-persona	Ganancia de Q Sensible Btu/h-persona	Tiempo h	Hora de Inicio	CLF at 16:00	Carga Sensible Btu/h	Carga Latente Btu/h	Q TOTAL Btu/h		
Aula	82	u	155	245	2	13:00	---	1875	8473	10348		
PERSONAS	423	282							Q	53383		

APÉNDICE 9

CALOR SENSIBLE DE EQUIPOS DE OFICINA

Table 8 Recommended Heat Gain from Typical Computer Equipment

Equipment	Description	Nameplate Power Consumption, W	Average Power Consumption, W
Desktop computer ^a	Manufacturer A (model A); 2.8 GHz processor, 1 GB RAM	480	73
	Manufacturer A (model B); 2.6 GHz processor, 2 GB RAM	480	49
	Manufacturer B (model A); 3.0 GHz processor, 2 GB RAM	690	77
	Manufacturer B (model B); 3.0 GHz processor, 2 GB RAM	690	48
	Manufacturer A (model C); 2.3 GHz processor, 3 GB RAM	1200	97
Laptop computer ^b	Manufacturer 1; 2.0 GHz processor, 2 GB RAM, 430 mm screen	130	36
	Manufacturer 1; 1.8 GHz processor, 1 GB RAM, 430 mm screen	90	23
	Manufacturer 1; 2.0 GHz processor, 2 GB RAM, 355 mm screen	90	31
	Manufacturer 2; 2.13 GHz processor, 1 GB RAM, 355 mm screen, tablet PC	90	29
	Manufacturer 2; 366 MHz processor, 130 MB RAM, 355 mm screen)	70	22
	Manufacturer 3; 900 MHz processor, 256 MB RAM (265 mm screen)	50	12
Flat-panel monitor ^c	Manufacturer X (model A); 760 mm screen	383	90
	Manufacturer X (model B); 560 mm screen	360	36
	Manufacturer Y (model A), 480 mm screen	288	28
	Manufacturer Y (model B), 430 mm screen	240	27
	Manufacturer Z (model A), 430 mm screen	240	29
	Manufacturer Z (model C), 380 mm screen	240	19

Factores recomendados de Calor Ganado para equipos de computación. Tomado ASHRAE Handbook 2009

Table 9 Recommended Heat Gain from Typical Laser Printers and Copiers

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

Factores recomendados de Calor Ganado para equipos de computación. Tomado ASHRAE Handbook 2009

**Table 12 Cooling Load Estimates for
Various Office Load Densities**

Load Density*	Num- ber	Each, W	Total, W	Diver- sity	Load, W
Light					
Computers	6	55	330	0.67	220
Monitors	6	55	330	0.67	220
Laser printer—small desk top	1	130	130	0.33	43
Fax machine	1	15	15	0.67	10
Total Area Load					494
Recommended equipment load factor = 5.4 W/m ²					
Medium					
Computers	8	65	520	0.75	390
Monitors	8	70	560	0.75	420
Laser printer—desk	1	215	215	0.5	108
Fax machine	1	15	15	0.75	11
Total Area Load					929
Recommended equipment load factor = 10.8 W/m ²					
Medium/Heavy					
Computers	10	65	650	1	650
Monitors	10	70	700	1	700
Laser printer—small office	1	320	320	0.5	160
Facsimile machine	1	30	30	0.5	15
Total Area Load					1525
Recommended equipment load factor = 16.1 W/m ²					
Heavy Load Density*					
Computers	12	75	900	1	900
Monitors	12	80	960	1	960
Laser printer-small office	1	320	320	0.5	160
Facsimile machine	1	30	30	0.5	15
Total Area Load					2035
Recommended equipment load factor = 21.5 W/m ²					

Estimación de carga de enfriamiento para equipos de computación. Tomado ASHRAE Handbook 2009

APÉNDICE 10

TIPOS DE ZONAS PARA USO DE TABLAS DE SCL, CLF Y EDIFICIOS

Table 9-4a. Zone Types for Use With SCL and CLF Tables, Single-Story Building²

No. Walls	Zone Parameters ^a			Zone Type			Error Band	
	Floor Covering	Partition Type	Inside Shade	Glass Solar	People and Equipment	Lights	Plus	Minus
1 or 2	Carpet	Gypsum	t	A	F	F	5	2
1 or 2	Carpet	Concrete block	t	E	C	C	5	0
1 or 2	Vinyl	Gypsum	Full	F	C	C	5	0
1 or 2	Vinyl	Gypsum	Half to None	C	C	C	10	0
1 or 2	Vinyl	Concrete block	Full	C	L	E	5	0
1 or 2	Vinyl	Concrete block	Half to None	L	L	L	10	0
3	Carpet	Gypsum	t	A	F	F	5	2
3	Carpet	Concrete block	Full	A	E	E	5	2
3	Carpet	Concrete block	Half to None	E	F	E	5	0
3	Vinyl	Gypsum	Full	E	C	C	5	0
3	Vinyl	Gypsum	Half to None	C	C	C	10	0
3	Vinyl	Concrete block	Full	F	C	C	5	0
3	Vinyl	Concrete block	Half to None	C	C	C	10	0
4	Carpet	Gypsum	t	A	E	F	5	2
4	Vinyl	Gypsum	Full	E	C	C	10	0
4	Vinyl	Gypsum	Half to None	C	C	C	15	0

^aA total of 14 zone parameters is fully defined in Table 20. Those not shown in this table were selected to achieve the minimum error band shown in the righthand column: for Solar Cooling Load (SCL). The error band for Lights and People and Equipment is approximately 10%.
²The effect of inside shade is negligible in this case.

Tipos de Zona para uso de Tablas con SCL, CLF, y Edificios. Tomado ASHRAE Fundamentals 2000

APÉNDICE 11

CÁLCULO DE CARGA GENERADA POR APLICACIONES

Equipo	Ganancia Estimada	Tiempo de Uso	CLF	Carga Estimada	Hora de Inicio
	Btu/h	Hours	at 16:00	Btu/h	---
Laptops	85.3	4	0.18	15.3	10
Computadora MAC	579.7	14	0.88	510.1	9
Decodificador	112.6	2	0.11	12.4	12
Router	23.9	14	0.9	21.5	9
PC	409.2	14	0.9	368.3	9
Impresora	270.0	10	0.89	240.3	9
Copiadora	2000.0	10	0.89	1780.0	9
Cafetera	2046.0	10	0.89	1820.9	9
TV 1	409.2	2	0.11	45.0	12
DVD	20.5	2	0.11	2.3	12
VHS	58.0	2	0.11	6.4	12
Radio	27.3	4	0.79	21.6	12
Focos	136.4	14	0.89	121.4	9
Focos Lamp	102.3	14	0.89	91.0	9
Ventiladores	511.5	4	0.79	404.1	12
TV 2	491.0	2	0.11	54.0	12

SB	Desktop	Portatiles	Equipos	Load (qel)
	u	u	Btu/h	Btu/h
Procesos Tecnicos	4		2082.8	3555.9
PB	Desktop	Portatiles	Equipos	Load (qel)
	u	u	Btu/h	Btu/h
Area de Lectura	11	15	21.5	4302.7
Recepcion	3	0	21.6	3675.7
Audiovisuales	4		53.6	1526.8
Cubiculos				
1	0		53.6	53.6
2	0		53.6	53.6
3	0		53.6	53.6
4	0		53.6	53.6
Grande	0		66.0	66.0
P1	Desktop	Portatiles	Equipos	Load (qel)
	u	u	Btu/h	Btu/h
Area de Lectura	8	58.7	7413.0	16871.0
Hemeroteca	3	9.3	1734.9	2983.0
Cubiculos				
1	0	2.67		40.9
2	0	2.67		40.9
3	0	2.67		40.9
4	0	2.67		40.9
5	0	1.33		20.5
Xerox	1	0.00	7892.4	8260.6
P2	Desktop	Portatiles	Equipos	Load (qel)
	u	u	Btu/h	Btu/h
Aula		27.33	54.0	473.4
			Q	42114

APÉNDICE 12

CÁLCULO DE CARGA POR VENTILACIÓN

Ventilación		
Personas	m3/h por persona	5499
423	13	
Área (m2)	m3/h por m2	DESCARTADO PORQUE SE PREFIERE EL FACTOR DE PERSONAS
M3/H VENTILACIÓN		5499

CALOR SENSIBLE VENTILACIÓN					
Densidad aire (lb/ft3)	Calor específico (Btu/lb°F)	Conv a horas	CFM aire exterior	ΔT	315569
0,075	0,242	60	6012	48,2	
CALOR LATENTE VENTILACIÓN					
Densidad aire (lb/ft3)	Calor latente (Btu/lb)	Conv a horas	CFM aire exterior	ΔW	518522
0,075	1075	60	6012	0,017829	

APÉNDICE 13

TABLA DE INFILTRACIONES POR LAS PUERTAS Y VENTANAS EN VERANO

TABLA 41. INFILTRACIONES POR LAS PUERTAS Y VENTANAS EN VERANO *
Velocidad del viento : 12 km/h **

TABLA 41 a - VENTANAS A BATIENTES ***

DESIGNACIÓN	m ³ /h POR m ² DE ABERTURA									
	Porcentaje de la superficie que puede ser abierta									
	0 %	25 %	33 %	40 %	45 %	50 %	60 %	66 %	75 %	100 %
Ventana tipo A	6,0	13,2	-	18,0	-	-	-	26,5	-	47,4
Ventana tipo B	-	7,1	-	-	-	10,0	13,5	-	-	-
Ventana tipo C	-	-	5,1	-	-	9,0	-	-	-	11,5
Ventana tipo D	-	-	-	-	4,2	-	-	5,9	7,1	-
Ventana tipo E	5,0	10,6	-	15,0	-	-	-	22,0	-	40,0

TABLA 41 b - VENTANAS DE GUILLOTINA ***

DESIGNACIÓN	m ³ /h POR m ² DE ABERTURA					
	Pequeña 75 × 180 cm			Grande 140 × 245 cm		
	Sin burlete de estanqueidad	Con burlete de estanqueidad	Doble ventana	Sin burlete de estanqueidad	Con burlete de estanqueidad	Doble ventana
Marco madera	7,8	4,8	4,0	5,0	3,1	2,6
Marco madera mal ajustado	22,0	6,8	11,0	14,0	4,4	7,0
Marco metálico	14,6	6,4	7,3	9,3	4,0	4,6



Tipo 1



Tipo 2



Tipo 3



Tipo 4



Tipo 5

DIFERENTES TIPOS DE VENTANAS
(vistas desde el exterior)

Tomado de Carrier Air Conditioning Company, P1-84

APÉNDICE 14

TABLA DE CARGAS POR INFILTRACIONES

Infiltraciones		
Puertas Giratorias (personas)	m3/h por persona	
423	11	
4653		
Puertas abiertas (puertas)	m3/h por m2	
0		0
Extractor	0	
Rendijas (m2)	m3/h por m2	
10,47	6	
M3/H INFILTRACIÓN		4716

CALOR SENSIBLE VENTILACION					
Densidad aire (lb/ft3)	Calor específico (Btu/lb°F)	Conv a horas	CFM aire exterior	ΔT	
0,075	0,242	60	6012	48,2	
					315569
CALOR LATENTE VENTILACION					
Densidad aire (lb/ft3)	Calor latente (Btu/lb)	Conv a horas	CFM aire exterior	ΔW	
0,075	1075	60	6012	0,017829	
					518522

APÉNDICE 16

PROPIEDADES TÉRMICAS DE MATERIALES USADOS EN TECHOS Y PAREDES

**Table 8-5. Thermal Properties and Code Numbers of Layers
Used in Wall and Roof Descriptions¹**

Code Number	Layer Description	Thickness and Thermal Properties					
		L	k	ρ	C_p	R	Mass
A1	1 in. Stucco	0.08	0.40	116	0.2	0.21	9.7
A2	4 in. Face brick	0.33	0.77	125	0.22	0.43	41.7
B7	1 in. Wood	0.08	0.07	37	0.6	1.20	3.1
B10	2 in. Wood	0.17	0.07	37	0.6	2.39	6.2
B9	4 in. Wood	0.33	0.07	37	0.6	4.76	12.3
C1	in. Clay tile	0.33	0.33	70	0.2	1.01	23.3
C2	4 in Lightweight concrete block	0.33	0.22	38	0.2	1.51	12.7
C3	4 in. Heavyweight concrete block	0.33	0.47	61	0.2	0.71	20.3
C4	4 in. Common brick	0.33	0.42	120	0.2	0.79	40.0
C5	4 in. Heavyweight concrete	0.33	1.00	140	0.2	0.33	46.7
C6	8 in. Clay tile	0.67	0.33	70	0.2	2.00	46.7
C7	8 in Lightweight concrete block	0.67	0.33	38	0.2	2.00	25.7
C8	8 in Heavyweight concrete block	0.67	0.60	61	0.2	1.11	40.7
C17	8 in. Lightweight concrete block (filled)	0.67	0.08	18	0.2	8.34	12.0
C18	8 in. Heavyweight concrete block (filled)	0.67	0.34	53	0.2	1.90	35.4

L = thickness; k = thermal conductivity, Btu/h·ft·°F; ρ = density, lb/ft³
 C_p = specific heat, Btu/lb·°F; R = thermal resistance, °F·ft²·h/Btu; Mass = unit mass, lb/ft²

Tomado de ASHRAE Fundamentals of Heating and Cooling Loads P8-9

APÉNDICE 17

CLASIFICACIÓN DE PAREDES SEGÚN MATERIAL

Appendix B: Wall Types
Mass Evenly Distributed

Secondary Material	R-Value, ft ² ·F·h/Btu	Principal Wall Material**														
		A1	A2	B7	B10	B9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C17	C18
Stucco and/or plaster	0.0 to 2.0	1	3	*	*	*	*	*	1	3	3	*	*	*	*	*
	2.0 to 2.5	1	3	1	*	*	2	*	2	4	4	*	*	5	*	*
	2.5 to 3.0	1	4	1	*	*	2	2	2	4	4	*	*	5	*	*
	3.0 to 3.5	1	*	1	*	*	2	2	*	*	*	10	4	5	*	4
	3.5 to 4.0	1	*	1	2	*	*	4	*	*	*	10	4	*	*	4
	4.0 to 4.75	1	*	1	2	*	*	*	*	*	*	10	4	*	*	4
	4.75 to 5.5	1	*	1	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	5.5 to 6.5	1	*	2	4	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	6.5 to 7.75	1	*	2	4	11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	7.75 to 9.0	1	*	2	4	16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	9.0 to 10.75	1	*	2	4	16	*	*	*	*	*	*	*	*	4	*
	10.75 to 12.75	1	*	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	*
	12.75 to 15.0	2	*	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	15.0 to 17.5	2	*	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	17.5 to 20.0	2	*	2	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	20.0 to 23.0	2	*	4	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
23.0 to 27.0	*	*	*	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Steel or other light-weight siding	0.0 to 2.0	1	3	*	*	*	*	*	1	3	2	*	*	*	*	*
	2.0 to 2.5	1	3	1	*	*	2	*	1	3	2	*	*	3	*	*
	2.5 to 3.0	1	4	1	*	*	2	1	2	4	4	*	*	3	*	*
	3.0 to 3.5	1	*	1	*	*	4	1	*	*	*	5	2	4	*	4
	3.5 to 4.0	1	*	1	2	*	*	2	*	*	*	5	2	*	*	4
	4.0 to 4.75	1	*	1	2	*	*	*	*	*	*	10	4	*	*	4
	4.75 to 5.5	1	*	1	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	5.5 to 6.5	1	*	1	2	10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	6.5 to 7.75	1	*	1	4	11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	7.75 to 9.0	1	*	2	4	16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	9.0 to 10.75	1	*	2	4	16	*	*	*	*	*	*	*	*	2	*
	10.75 to 12.75	1	*	2	4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	4	*
	12.75 to 15.0	1	*	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	15.0 to 17.5	1	*	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	17.5 to 20.0	1	*	2	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	20.0 to 23.0	2	*	4	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
23.0 to 27.0	*	*	*	9	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Face brick	0.0 to 2.0	3	6	*	*	*	*	*	*	6	*	*	*	*	*	*
	2.0 to 2.5	3	10	*	*	*	*	*	5	10	10	*	*	*	*	*
	2.5 to 3.0	4	10	5	*	*	5	*	5	10	11	*	*	10	*	*
	3.0 to 3.5	*	11	5	*	*	10	5	5	11	11	15	10	10	*	10
	3.5 to 4.0	*	11	5	10	*	10	5	5	11	11	16	10	16	*	10
	4.0 to 4.75	*	11	*	11	*	10	5	5	16	11	*	10	16	*	16
	4.75 to 5.5	*	11	*	11	*	10	5	10	16	16	*	10	16	*	16
	5.5 to 6.5	*	16	*	*	*	10	9	10	16	11	*	11	16	*	16
	6.5 to 7.75	*	16	*	*	*	11	9	10	16	16	*	16	16	*	*
	7.75 to 9.0	*	16	*	*	*	15	9	10	16	16	*	15	16	*	*
	9.0 to 10.75	*	16	*	*	*	15	10	10	*	16	*	16	*	10	*
	10.75 to 12.75	*	16	*	*	*	16	10	10	*	*	*	16	*	15	*
	12.75 to 15.0	*	16	*	*	*	16	10	10	*	16	*	*	*	15	*
	15.0 to 17.5	*	*	*	*	*	16	10	15	*	*	*	*	*	16	*
	17.5 to 20.0	*	*	*	*	*	16	15	15	*	*	*	*	*	16	*
	20.0 to 23.0	*	*	*	*	*	15	16	16	*	*	*	*	*	*	*
23.0 to 27.0	*	*	*	*	*	15	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

*Denotes a wall that is not possible with the chosen set of parameters.
**See Table 11 for definition of Code letters

APÉNDICE 19

FACTOR GLD PARA VENTANAS.

Table 3 Window Glass Load Factors (GLFs) for Single-Family Detached Residences^a

Design Temperature, °F	Regular Single Glass					Regular Double Glass					Heat-Absorbing Double Glass					Clear Triple Glass						
	85	90	95	100	105	110	85	90	95	100	105	110	85	90	95	100	105	110	85	90	95	
<i>No inside shading</i>																						
North	34	36	41	47	48	50	30	30	30	34	37	38	41	20	20	23	25	26	28	27	27	30
NE and NW	63	65	70	75	77	83	55	56	59	62	63	66	36	37	39	42	44	44	50	50	53	
East and West	88	90	95	100	102	107	77	78	81	84	85	88	51	51	54	56	59	59	70	70	73	
SE and SW ^b	79	81	86	91	92	98	69	70	73	76	77	80	45	46	49	51	54	54	62	63	65	
South ^b	53	55	60	65	67	72	46	47	50	53	54	57	31	31	34	36	39	39	42	42	45	
Horizontal skylight	156	156	161	166	167	171	137	138	140	143	144	147	90	91	93	95	96	98	124	125	127	
<i>Draperies, venetian blinds, translucent roller shades, fully drawn</i>																						
North	18	19	23	27	29	33	16	16	19	22	23	26	13	14	16	18	19	21	15	16	18	
NE and NW	32	33	38	42	43	47	29	30	32	35	36	39	24	24	27	29	29	32	28	28	30	
East and West	45	46	50	54	55	59	40	41	44	46	47	50	33	33	36	38	38	41	39	39	41	
SE and SW ^b	40	41	46	49	51	55	36	37	39	42	43	46	29	30	32	34	35	37	35	36	38	
South ^b	27	28	33	37	38	42	24	25	28	31	31	34	20	21	23	25	26	28	23	24	26	
Horizontal skylight	78	79	83	86	87	90	71	71	74	76	77	79	58	59	61	63	63	65	69	69	71	
<i>Opaque roller shades, fully drawn</i>																						
North	14	15	20	23	25	29	13	14	17	19	20	23	12	12	15	17	17	20	13	13	15	
NE and NW	25	26	31	34	36	40	23	24	27	30	30	33	21	22	24	26	27	29	23	23	26	
East and West	34	36	40	44	45	49	32	33	36	38	39	42	29	30	32	34	35	37	32	32	35	
SE and SW ^b	31	32	36	40	42	46	29	30	33	35	36	39	26	27	29	31	32	34	29	29	31	
South ^b	21	22	27	30	32	36	20	20	23	26	27	30	18	19	21	23	24	26	19	20	22	
Horizontal skylight	60	61	64	68	69	72	57	57	60	62	63	65	52	52	55	57	57	59	56	57	59	

^aGlass load factors (GLFs) for single-family detached houses, duplexes, or multifamily residences, with both east and west exposed walls or only north and south exposed walls, ft²/h-ft².
^bCorrect by +30% for latitude of 48° and by -30% for latitude of 32°. Use linear interpolation for latitude from 40 to 48 and from 40 to 32°. To obtain GLF for other combinations of glass and/or inside shading: GLF_g = (SC_gSC_i)(GLF_g - U_gD_g) + U_gD_g, where the subscripts *g* and *i* refer to the alternate and table values, respectively. SC_g and U_g are given in Table 5. D_g = (t_g - 75), where t_g = t_o - (DR/2); t_o is the outdoor design temperature and DR is the daily range.

APÉNDICE 20

ÁREA DE VENTANAS Y MARCOS

BIBLIOTECA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Zona 1 6 ventanas		
	TIPO	Área Ventana
		[m2]
Vidrio		2,54
	TIPO	Área Marco
		[m2]
Marco	Estruct. Metálica	0,62
		Perímetro Marco
		[m]
		24,60
Zona 3 2 ventanas		
	TIPO	Área Ventana
		[m2]
Vidrio		0,31
	TIPO	Área Marco
		[m2]
Marco	Estruct. Metálica	0,05
		Perímetro Marco
		[m]
		4,10
Zona 3 2 ventanas		
	TIPO	Área Ventana
		[m2]
Vidrio		2,49
	TIPO	Área Marco
		[m2]
Marco	Estruct. Metálica	0,17
		Perímetro Marco
		[m]
		6,64
Zona 11 4 ventanas		
	TIPO	Área Ventana
		[m2]
Vidrio		1,63
	TIPO	Área Marco
		[m2]
Marco	Estruct. Metálica	0,23
		Perímetro Marco
		[m]
		9,32
Zona 11 3 ventanas		
	TIPO	Área Ventana
		[m2]
Vidrio		2,36
	TIPO	Área Marco
		[m2]
Marco	Estruct. Metálica	0,28
		Perímetro Marco
		[m]
		11,38

Zona 13 2 ventanas		
	TIPO	Área Ventana
		[m2]
Vidrio		3,02
	TIPO	Área Marco
		[m2]
Marco	Estruct. Metálica	0,75
		Perímetro Marco
		[m]
		29,96
Zona 14 6 ventanas		
	TIPO	Área Ventana
		[m2]
Vidrio		1,60
	TIPO	Área Marco
		[m2]
Marco	Estruct. Metálica	0,23
		Perímetro Marco
		[m]
		9,36
Zona 14 1 ventana		
	TIPO	Área Ventana
		[m2]
Vidrio		5,26
	TIPO	Área Marco
		[m2]
Marco	Estruct. Metálica	0,43
		Perímetro Marco
		[m]
		17,28
Zona 15-18 8 ventanas		
	TIPO	Área Ventana
		[m2]
Vidrio		1,54
	TIPO	Área Marco
		[m2]
Marco	Estruct. Metálica	0,28
		Perímetro Marco
		[m]
		11,18
Zona 20 2 ventanas		
	TIPO	Área Ventana
		[m2]
Vidrio		1,11
	TIPO	Área Marco
		[m2]
Marco	Estruct. Metálica	0,19
		Perímetro Marco
		[m]
		7,78

APÉNDICE 21

CARGAS TÉRMICAS POR VENTANAS

CÁLCULO DE CARGA POR VENTANAS Y PUERTAS									
Zona	Área Bruta	Orientación	U-Value	GLF	Temp. Real	ΔT	Q'	Cargas Parciales	Notas
	[ft ²]	[-]	[Btu/h-ft ² °F]		[°F]	[°F]	[Btu/h]	[Btu/h]	
Zona 1	163,72	E		88,0	77,0	9	14.407	19.340	T de confort=20
Marco	39,72		13,80		77,0	9	4.933		68°F
Zona 3	6,65	N		34,0	80,6	13	226	6.315	
Marco	1,10		23,37		80,6	13	325		
	53,54	O		88,0	80,6	13	4.712		
Marco	3,57		23,37		80,6	13	1.052		
Zona 11	70,19	N		34,0	77,0	9	2.386	13.121	
Marco	10,03		23,37		77,0	9	2.110		
	76,06	O		88,0	77,0	9	6.693		
Marco	9,19		23,37		77,0	9	1.932		
Zona 13	65,07	E		88,0	80,6	13	5.726	10.474	
Marco	16,12		23,37		80,6	13	4.748		
Zona 14	103,01	N		34,0	77,0	9	3.502	9.585	
Marco	15,11		23,37		77,0	9	3.178		
	56,66	N		34,0	77,0	9	1.926		
Marco	4,65		23,37		77,0	9	978		
Zona 15	33,18	O		88,0	80,6	13	2.920	10.006	
Marco	24,07		23,37		80,6	13	7.087		
Zona 16	33,18	O		88,0	80,6	13	2.920	10.006	
Marco	24,07		23,37		80,6	13	7.087		
Zona 17	33,18	O		88,0	80,6	13	2.920	10.006	
Marco	24,07		23,37		80,6	13	7.087		
Zona 18	33,18	O		88,0	80,6	13	2.920	10.006	
Marco	24,07		23,37		80,6	13	7.087		
Zona 20	23,79	O		88,0	80,6	13	2.094	3.326	
Marco	4,19		23,37		80,6	13	1.233		
Total							102.187	102.187	

APÉNDICE 22

CARGA TÉRMICA POR PLENO DE TUMBADO

Piso 1					
U	Área	Área	Tp	Tr	Carga Almacenada
ft ² °Fh/btu	m ²	ft ²	°F	°F	btu/h
0.35	147.6	1582.3	80.6	77	1993.7
Piso 2					
U	Área	Área	Tp	Tr	Carga Almacenada
ft ² °Fh/btu	m ²	ft ²	°F	°F	btu/h
0.35	886.4	9541.2	82.4	78.8	12021.9
Piso 3					
U	Área	Área	Tp	Tr	Carga Almacenada
ft ² °Fh/btu	m ²	ft ²	°F	°F	btu/h
0.35	97	1044.1	82.4	78.8	1315.6
Corredor					
U	Área	Área	Tp	Tr	Carga Almacenada
ft ² °Fh/btu	m ²	ft ²	°F	°F	btu/h
0.35	29.9	321.8	84.2	80.6	405.5
Audiovisuales					
U	Área	Área	Tp	Tr	Carga Almacenada
ft ² °Fh/btu	m ²	ft ²	°F	°F	btu/h
0.35	300	3228	82.4	78.8	4067.3
					CARGA TOTAL (CONVECCIÓN)
					19804

APÉNDICE 23

CARGA TÉRMICA POR TRANSFERENCIA INTERNA DE CALOR

Cocina					
U	Área	Área	Tb	Ti	CARGA TOTAL
btu/h.ft ² .F	m ²	ft ²	°F	°F	btu/h
0.935	81.27	871.8	84.2	75.2	683.9

APÉNDICE 24

CÁLCULO DEL FLUJO DE AIRE A IMPULSAR EN LA BIBLIOTECA.

DISTRIBUCIÓN CARGA TOTAL		
Calor Sensible		Q btu/h
Techo		69.934
Paredes		385.298
Ventanas		102.187
Personas		81526
Iluminacion		29742
Ventilación		315569
Aplicaciones		42114
	Q S btu/h	1026370
Calor Latente		Q btu/h
Personas		98348
Ventilacion		518522
	Q L btu/h	616869
	Q TOTAL btu/h	1.643.239

Q TOTAL	Constante	T interior	T acondicionada	Delta T	CFM
Btu/h	Btu·min/h·ft³·°F	°F	°F	°F	ft³/min
1.643.239	1,08	84,2	68	16,2	93921

APÉNDICE 25

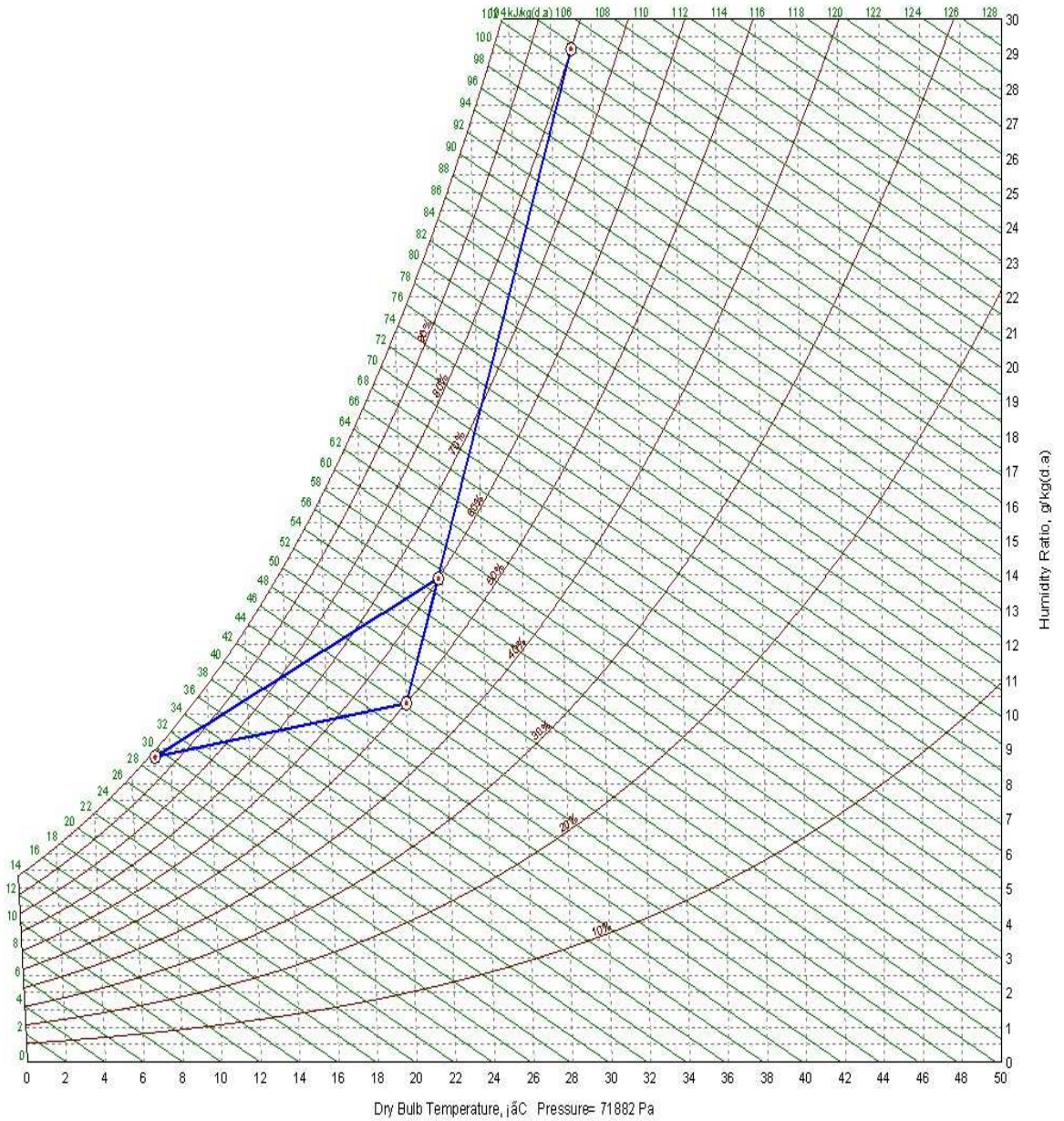
PROPIEDADES DEL AIRE EXTERIOR, INTERIOR MEZCLA Y A LA SALIDA DEL ACONDICIONADOR.

DATOS SEGUN EQUATION SOLVER							
EXTERIOR							
Tdb	P	w	Twb	Rh	v	Tdp	h
°C	kPa	kgv/kga	°C	%	m3/kga	°C	kJ/kga
29	75,62	0,02763	25,95	0,8	1,198	25,2	99,75
INTERIOR							
Tdb	P	w	Twb	Rh	v	Tdp	h
°C	kPa	kgv/kga	°C	%	m3/kga	°C	kJ/kga
20	75,62	0,009801	13,08	0,5	1,13	9,274	45
MEZCLA							
Tdb	P	w	Twb	Rh	v	Tdp	h
°C	kPa	kgv/kga	°C	%	m3/kga	°C	kJ/kga
21,8	75,62	0,01321	16,18	0,6	1,143	13,7	55,5
ACONDICIONAMIENTO							
Tdb	P	w	Twb	Rh	v	Tdp	h
°C	kPa	kgv/kga	°C	%	m3/kga	°C	kJ/kga
5	75,62	0,006916	4,598	0,95	1,068	4,267	22,39

DATOS SEGUN PSYCHROMETRIC CHART + DUCT CALCULATOR							
EXTERIOR							
Tdb	P	w	Twb	Rh	v	Tdp	h
°C	kPa	kgv/kga	°C	%	m3/kga	°C	kJ/kga
29	75,62	0,027631	25,948	0,8		25,1986	99,721
INTERIOR							
Tdb	P	w	Twb	Rh	v	Tdp	h
°C	kPa	kgv/kga	°C	%	m3/kga	°C	kJ/kga
20	75,62	0,0098	13,0732	0,5		9,27381	44,98
MEZCLA							
Tdb	P	w	Twb	Rh	v	Tdp	h
°C	kPa	kgv/kga	°C	%	m3/kga	°C	kJ/kga
21,8	75,62	0,013208	16,1807	0,6		13,6995	55,48
ACONDICIONAMIENTO							
Tdb	P	w	Twb	Rh	v	Tdp	h
°C	kPa	kgv/kga	°C	%	m3/kga	°C	kJ/kga
5	75,62	0,006914	4,59821	0,95		4,26809	22,385

APÉNDICE 26

CARTA PSICROMÉTRICA DEL CICLO DE AIRE PARA BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.



Salida de Psychrometric Chart + Duct Calculator 4.0

APÉNDICE 27

CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERACIÓN Y DESHUMECTACIÓN

HOJA DE CÁLCULO DEL BALANCE TÉRMICO

CALOR SENSIBLE LOCAL					258645
Ganancia Calor Conduc Imp (%)		Pérdidas por Escap y fugas (%)		Ventilador (%)	
0		10		1,33	0,1133
Aire Exterior (m3/h)		T exterior (°C)		BF	0,29
10215		29		0,1	0,29
CALOR SENSIBLE EFECTIVO DEL LOCAL					220750
CALOR LATENTE LOCAL					155451
Pérdida Filtración Conduc. Impul. (%)					0,1133
Aire Exterior (m3/h)		GR/KG	BF	0,72	
10215		27,63	0,1	0,72	20321
CALOR LATENTE EFECTIVO DEL LOCAL					117517
CALOR TOTAL EFECTIVO DEL LOCAL					338267
CALOR AIRE EXTERIOR					
Sensible (m3/h)	T exterior (°C)	(1-BF)	0,29		
1528	29	0,9	0,29		11563
Latente (m3/h)	GR/KG	(1-BF)	0,72		
10359	27,63	0,9	0,72		185477
Ganancia Calor Cond. Ret. (%)	Ganancia por fugas + Cond. Ret. (%)	Bomba CV (%)	Deshum y Per. Tubo (%)		
0	0	1,66	2		0,0366
GRAN CALOR TOTAL					325887
AIRE EXTERIOR					
Ventilación					
Personas	m3/h por persona				
423	13				5499
Área (m2)	m3/h por m2				
1320,4248					DESCARTADO PORQUE SE PREFERE EL FACTOR DE PERSONAS
M3/H VENTILACIÓN					5499
Infiltraciones					
Puertas Giratorias (personas)	m3/h por persona				
423	11				4653
Puertas abiertas (puertas)	m3/h por m2				
0					0
Extractor					0
Rendijas (m2)	m3/h por m2				
10,47	6				62,8
M3/H INFILTRACIÓN					4716
m3/h AIRE EXTERIOR					10215
ADP					
Tadp					
T mezcla	Tacondicionado	BF			
21,8	5	0,1			3,13
SHFE					0,6526
ADP indicado					5
ADP seleccionado					5
CANTIDAD DE AIRE DESHUMIDIFICADO					
ΔT (°C)					
(1-BF)	°C Local	ADP			
0,9	20	5			13,5
m3/h de aire deshum.					
Calor efectivo sensible local (kcal/h)		0,29 ΔT (°C)			
220750		0,29	13,5		56386
ΔT salida (°C)					
Calor sensible local (kcal/h)		0,29 m3/h tratados			
258645		0,29	56386		15,8
CANTIDAD DE AIRE SUMINISTRADO					
m3/h suministrado					
Calor sensible local (kcal/h)		0,29 ΔT (°C)			
258645		0,29	13,5		66065
m3/h bipasado					
m3/h suministrado		m3/h de aire deshum.			
66065		56386			9679
CONDICIONES DE ENTRADA Y SALIDA DEL APARATO					
Temperatura de bulbo seco a la entrada					
Temp local (°C)	m3/h aire exterior	m3/h aire suministrado	T aire exterior (°C)		
20	10215	66065	29		21,4
Temperatura de bulbo seco a la salida					
Tadp (°C)	BF	T bs entrada (°C)			
5	0,1	21,4			6,639

Tomada de Carrier P1-118.

APÉNDICE 28

GANANCIAS DEBIDAS AL VENTILADOR DE INSUFLACIÓN

TABLA 59. GANANCIAS DEBIDAS AL VENTILADOR DE INSUFLACIÓN
Ventilador situado después de las baterías *****

	ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL ** mm C.A.	INSTALACIÓN CENTRALIZADA ***					INSTALACIÓN NO CENTRALIZADA (ARMARIO) ****				
		DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE EL AIRE DEL LOCAL Y EL AIRE IMPULSADO (°C)					DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE EL AIRE DEL LOCAL Y EL AIRE IMPULSADO (°C)				
		5°	7°5	10°	12°5	15°	5°	7°5	10°	12°5	15°
PORCENTAJE DE LAS GANANCIAS SENSIBLES DEL LOCAL *											
	10	0,99	0,66	0,49	0,40	0,33	2,00	1,34	1,00	0,80	0,67
	15	1,32	0,88	0,66	0,53	0,44	3,30	2,20	1,65	1,32	1,10
	20	2,67	1,78	1,33	1,07	0,89	4,35	2,90	2,17	1,74	1,45
MOTOR DEL VENTILADOR EN EL EXTERIOR DEL LOCAL ACONDICIONADO O DEL CIRCUITO DE AIRE	30	4,00	2,66	2,00	1,60	1,33	6,66	4,44	3,33	2,66	2,22
	40	5,34	3,56	2,67	2,15	1,78	9,00	6,00	4,50	3,60	3,00
	50	7,00	4,68	3,50	2,81	2,34	11,70	7,80	5,85	4,68	3,90
	60	8,34	5,56	4,17	3,34	2,78	13,74	9,16	6,87	5,50	4,58
	80	12,30	8,20	6,15	4,91	4,10	20,40	13,60	10,20	8,15	6,80
	100	16,35	10,90	8,17	6,54	5,45					
	200	21,60	14,40	10,80	8,64	7,20					
	150	27,30	18,20	13,65	10,10	9,10					
	200	42,00	28,00	21,00	16,70	14,00					
MOTOR DEL VENTILADOR EN EL INTERIOR DEL LOCAL ACONDICIONADO O DEL CIRCUITO DE AIRE *****	10	1,32	0,88	0,66	0,53	0,44	2,70	1,80	1,35	1,08	0,90
	15	2,67	1,78	1,33	1,07	0,89	3,66	2,44	1,88	1,46	1,22
	20	3,30	2,20	1,65	1,32	1,10	3,84	2,56	1,92	1,54	1,28
	30	5,00	2,34	2,50	2,00	1,67	7,65	5,10	3,82	3,05	2,55
	40	6,66	4,44	3,33	2,66	2,22	10,32	6,88	5,16	4,12	3,44
	50	9,00	6,00	4,50	3,60	3,00	13,50	9,00	6,75	5,40	4,50
	60	10,68	7,12	5,34	4,30	3,56	16,65	11,00	8,32	6,65	5,55
	80	15,60	10,40	7,80	6,25	5,20	23,40	15,60	11,70	9,50	7,80
	100	20,10	13,40	10,00	8,05	6,70					
	125	26,70	17,80	13,35	10,07	8,90					
	150	33,30	22,20	16,65	13,30	11,10					
	200	50,40	33,60	25,20	20,00	16,80					

* Estos valores tienen en cuenta que una parte de la energía aplicada al ventilador se disipa en la sala de máquinas.

** La altura manométrica total debe tener en cuenta la presión dinámica en la impulsión, si la velocidad correspondiente es mayor que 6 m/seg.

*** El rendimiento del ventilador se toma igual al 70 %.

**** El rendimiento del ventilador se toma igual al 50 %.

***** El rendimiento de la transmisión se toma igual al 80 %.

***** Si el ventilador está situado detrás de las baterías, estas ganancias son comunicadas al aire insuflado y se suman a las ganancias sensibles del local. Si el ventilador está situado delante de las baterías, estas ganancias se suman al balance frigorífico total de la instalación.

APÉNDICE 30

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS UNIDADES EXTERIORES

UNIDAD EXTERIOR

192,000 BTU/H

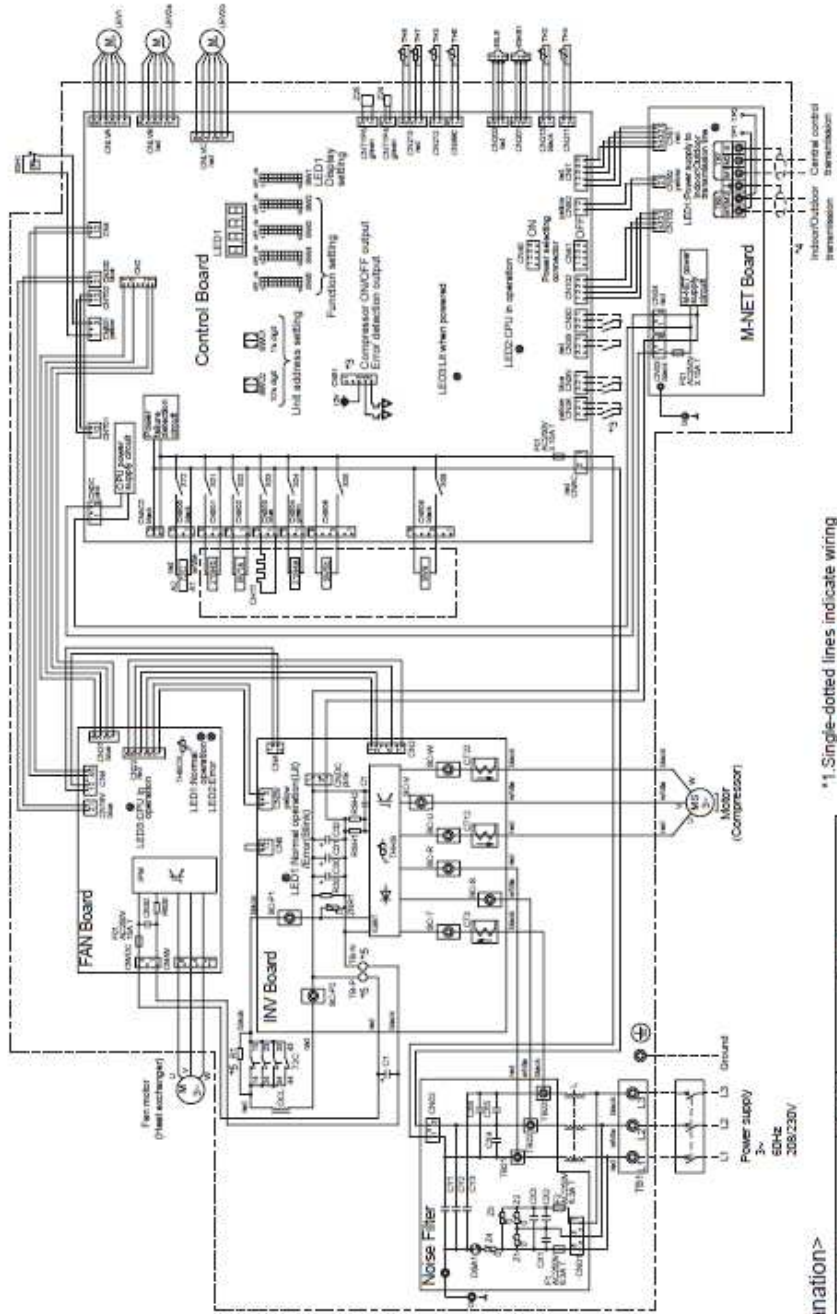
1. SPECIFICATIONS

DATA U4

Model		PUHY-P192TSHMU-A(-BS)	
Power source		3-phase 3-wire 208-230V ±10% 60Hz	
Cooling capacity (Nominal)	*1 BTU / h	192,000	
	*1 kW	56.3	
	Power input	15.84	
(208-230)	Current input	A	
	Indoor	W.B.	
	Outdoor	D.B.	
Temp. range of cooling	Indoor	59 to 75degF(15 to 24degC)	
	Outdoor	23 to 109degF(-5 to 43degC)	
Heating capacity (Nominal)	*2 BTU / h	200,000	
	*2 kW	58.6	
	Power input	15.38	
(208-230)	Current input	A	
	Indoor	D.B.	
	Outdoor	W.B.	
Temp. range of heating	Indoor	59 to 81degF(15 to 27degC)	
	Outdoor	-4 to 60degF(-20 to 15.5degC)	
Indoor unit connectable	Total capacity	50 to 130 % of outdoor unit capacity	
	Model / Quantity	P06 to P96 / 1 to 41	
Sound pressure level (measured in anechoic room)		dB <A>	
Refrigerant piping diameter		62.5	
Refrigerant piping diameter	Liquid pipe	in. (mm)	
	Gas pipe	5/8"(15.88) Brazed	
Refrigerant piping diameter	Liquid pipe	in. (mm)	
	Gas pipe	1-1/8"(28.58) Brazed	

Set Model		PUHY-P72THMU-A(-BS)		PUHY-P120THMU-A(-BS)		
FAN	Type x Quantity	Propeller fan x 1		Propeller fan x 1		
	Airflow rate	cfm	7,050		7,950	
		m ³ / min	200		225	
		L/s	3,330		3,750	
	Control, Driving mechanism	Inverter-control, Direct-driven by motor		Inverter-control, Direct-driven by motor		
	Motor output	kW	0.92		0.92	
	*3 External static press.	0 in.WG (0 Pa)		0 in.WG (0 Pa)		
Compressor	Type x Quantity	Inverter scroll hermetic compressor x 1		Inverter scroll hermetic compressor x 1		
	Manufacture	AC&R Works, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION		AC&R Works, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION		
	Starting method	Inverter		Inverter		
	Motor output	kW	5.1		8.8	
	Case heater	kW	0.051(230 V)		0.057(230 V)	
	Lubricant	MEL32		MEL32		
External finish		Pre-coated galvanized steel sheet (+powder coating for -BS type) <MUNSELL 5Y 8/1 or similar>		Pre-coated galvanized steel sheet (+powder coating for -BS type) <MUNSELL 5Y 8/1 or similar>		
External dimension H x W x D		in. mm		in. mm		
Protection devices	High pressure protection	High pressure sensor, High pressure switch at 4.15MPa (601 psi)		High pressure sensor, High pressure switch at 4.15MPa (601 psi)		
	Compressor / Fan	Over-heat protection / Thermal switch		Over-heat protection / Thermal switch		
	Inverter	Over-heat protection, Over-current protection		Over-heat protection, Over-current protection		
Refrigerant	Type x original charge	R410A x 19 lbs + 13 oz (9.0kg)		R410A x 25 lbs + 6 oz (11.5kg)		
	Control	LEV and HIC circuit				
Net weight	lbs (kg)	441(200)		541(245)		
Heat exchanger		Salt-resistant cross fin & copper tube		Salt-resistant cross fin & copper tube		
HIC circuit (HIC: Heat Inter-Changer)		Copper pipe, tube-in-tube structure		Copper pipe, tube-in-tube structure		
Refrigerant piping diameter	Liquid pipe	in. (mm)		in. (mm)		
	Gas pipe	in. (mm)		in. (mm)		
Defrosting method		Auto-defrost mode (Reversed refrigerant cycle)				
Drawing	External	KB94L845				
	Wiring	WKE94C207X01		WKE94C208X01		
	Refrigerant cycle					
Standard attachment	Document	Installation Manual				
	Accessory	Refrigerant conn. pipe				
Optional parts		Outdoor Twinning kit: CMY-Y100VBK2 joint: CMY-Y102SL-G2, CMY-Y202/302-G2 Header: CMY-Y104/108/1010-G				
Remark		Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual.				

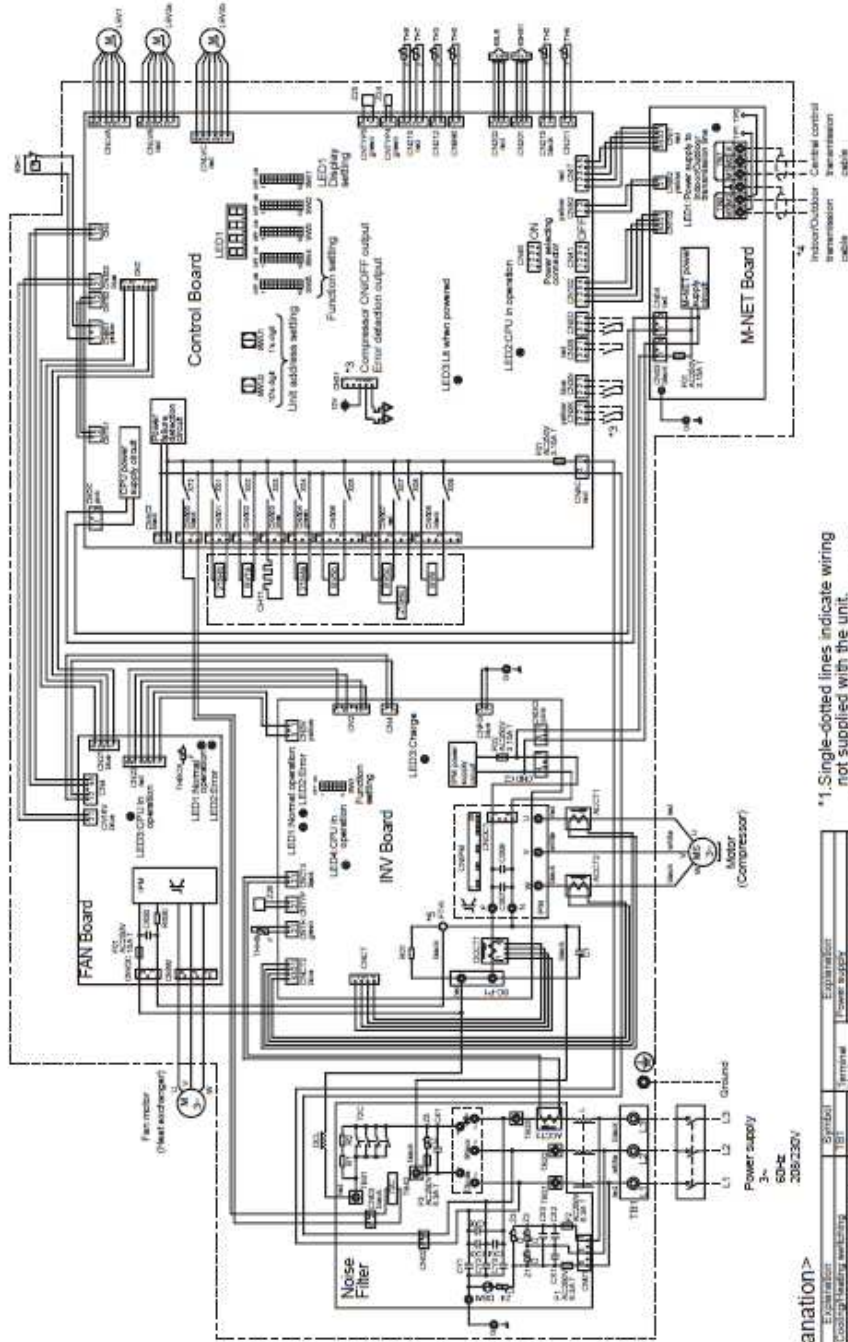
Note	*1 Nominal cooling conditions	*2 Nominal heating conditions	Unit converter
	Indoor : 80degF D.B. / 67degF W.B. (26.7degC D.B. / 19.4degC W.B.)	70degF D.B. (21.1degC D.B.)	kcal =kW x 860
	Outdoor : 95degF D.B. (35degC D.B.)	47degF D.B. / 43degF W.B. (8.3degC D.B. / 6.1degC W.B.)	BTU/h =kW x 3,412
	Pipe length : 25ft.(7.6m)	25ft.(7.6m)	cfm =m ³ /min x 35.31
	Level difference : 0ft.(0m)	0ft.(0m)	lb =kg / 0.4536
* Due to continuing improvement, above specifications may be subject to change without notice.			* Above specification data is subject to rounding variation.
*3 External static pressure option is available (0.12 in.WG, 0.24 in.WG / 30Pa, 60Pa).			



<Symbol explanation>

Symbol	Explanation	Symbol	Explanation
Key valve	Control/Heating/cooling	Terminal block	Power M-Net/ Indoor/Outdoor transmission cable
1154B	Control/Heating/cooling	TB3	Central control transmission cable
81H1	Pressure outdoor unit	TB7	Terminal
81H51	Pressure	T12	Room temperature sensor/thermostat
81H5	Pressure	T13	Room temperature sensor/thermostat
81H52	Pressure	T14	Room temperature sensor/thermostat
81H53	Pressure	T15	Room temperature sensor/thermostat
81H54	Pressure	T16	Room temperature sensor/thermostat
81H55	Pressure	T17	Room temperature sensor/thermostat
81H56	Pressure	T18	Room temperature sensor/thermostat
81H57	Pressure	T19	Room temperature sensor/thermostat
81H58	Pressure	T20	Room temperature sensor/thermostat
81H59	Pressure	T21	Room temperature sensor/thermostat
81H60	Pressure	T22	Room temperature sensor/thermostat
81H61	Pressure	T23	Room temperature sensor/thermostat
81H62	Pressure	T24	Room temperature sensor/thermostat
81H63	Pressure	T25	Room temperature sensor/thermostat
81H64	Pressure	T26	Room temperature sensor/thermostat
81H65	Pressure	T27	Room temperature sensor/thermostat
81H66	Pressure	T28	Room temperature sensor/thermostat
81H67	Pressure	T29	Room temperature sensor/thermostat
81H68	Pressure	T30	Room temperature sensor/thermostat
81H69	Pressure	T31	Room temperature sensor/thermostat
81H70	Pressure	T32	Room temperature sensor/thermostat
81H71	Pressure	T33	Room temperature sensor/thermostat
81H72	Pressure	T34	Room temperature sensor/thermostat
81H73	Pressure	T35	Room temperature sensor/thermostat
81H74	Pressure	T36	Room temperature sensor/thermostat
81H75	Pressure	T37	Room temperature sensor/thermostat
81H76	Pressure	T38	Room temperature sensor/thermostat
81H77	Pressure	T39	Room temperature sensor/thermostat
81H78	Pressure	T40	Room temperature sensor/thermostat
81H79	Pressure	T41	Room temperature sensor/thermostat
81H80	Pressure	T42	Room temperature sensor/thermostat
81H81	Pressure	T43	Room temperature sensor/thermostat
81H82	Pressure	T44	Room temperature sensor/thermostat
81H83	Pressure	T45	Room temperature sensor/thermostat
81H84	Pressure	T46	Room temperature sensor/thermostat
81H85	Pressure	T47	Room temperature sensor/thermostat
81H86	Pressure	T48	Room temperature sensor/thermostat
81H87	Pressure	T49	Room temperature sensor/thermostat
81H88	Pressure	T50	Room temperature sensor/thermostat
81H89	Pressure	T51	Room temperature sensor/thermostat
81H90	Pressure	T52	Room temperature sensor/thermostat
81H91	Pressure	T53	Room temperature sensor/thermostat
81H92	Pressure	T54	Room temperature sensor/thermostat
81H93	Pressure	T55	Room temperature sensor/thermostat
81H94	Pressure	T56	Room temperature sensor/thermostat
81H95	Pressure	T57	Room temperature sensor/thermostat
81H96	Pressure	T58	Room temperature sensor/thermostat
81H97	Pressure	T59	Room temperature sensor/thermostat
81H98	Pressure	T60	Room temperature sensor/thermostat
81H99	Pressure	T61	Room temperature sensor/thermostat
81H100	Pressure	T62	Room temperature sensor/thermostat

- *1 Single-dotted lines indicate wiring not supplied with the unit.
- *2 Dot-dash lines indicate the control box boundaries.
- *3 Refer to the Data book for connecting input/output signal connectors.
- *4 Daisy-chain terminals (TB3) on the outdoor units in the same refrigerant system together.
- *5 F-action terminals have a locking function. Make sure the terminals are securely locked in place after insertion. Press the tab on the terminals to removed them.



- *1. Single-dotted lines indicate wiring not supplied with the unit.
- *2. Dot-dash lines indicate the control box boundaries.
- *3. Refer to the Data book for connecting input/output signal connectors.
- *4. Daisy-chain terminals (TB3) on the outdoor units in the same refrigerant system together.
- *5. Faston terminals have a locking function. Make sure the terminals are securely locked in place after insertion. Press the tab on the terminals to removed them.

<Symbol explanation>

Symbol	Explanation	Symbol	Explanation
2134a	Supply valve	TS1	Terminal block
2134b	Coasting/braking warning	TB3	Indoor/Outdoor transmission cable
2134c	High-voltage capacitor control	TB7	Central control transmission cable
2137	Pressure protection for the compressor	TH2	Subcool by-pass outlet
22-01	Pressure	TH3	Subcool by-pass inlet
22-02	Low pressure	TH4	Discharge pipe temperature
22-03	Micro switch (for main circuit)	TH5	A/C evaporator temperature
A301 (2.3)	Control terminal (A/B)	TH6	Refrigerant liquid refrigerant
CH1	Compressor heater (for heating the compressor)	TH7	CAA temperature
CO01	Control terminal (CO)	TH8	Control box internal temperature
CO1	Control terminal (CO)	TH9	USB temperature
CO2	Control terminal (CO)	TA1, TA2, TA3	Function setting controller
LEV1	Pressure control (refrigerant flow)		
LEV2a	Pressure control (refrigerant flow)		
LEV2b	Pressure control (refrigerant flow)		
SV1a	Subcool		
SV1b	Subcool		
SV1c	Subcool		
SV1d	Subcool		
SV1e	Subcool		
SV1f	Subcool		
SV1g	Subcool		
SV1h	Subcool		
SV1i	Subcool		
SV1j	Subcool		
SV1k	Subcool		
SV1l	Subcool		
SV1m	Subcool		
SV1n	Subcool		
SV1o	Subcool		
SV1p	Subcool		
SV1q	Subcool		
SV1r	Subcool		
SV1s	Subcool		
SV1t	Subcool		
SV1u	Subcool		
SV1v	Subcool		
SV1w	Subcool		
SV1x	Subcool		
SV1y	Subcool		
SV1z	Subcool		

Power supply
3-φ
200-230V

Ground
L1 L2 L3

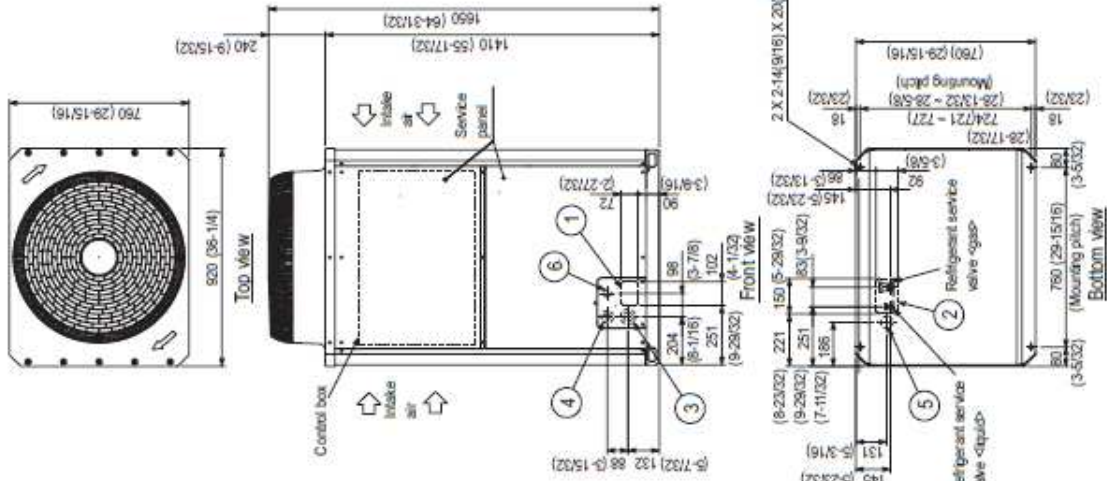
PUHY-P72,96THMU-A-(BS)

Ref. : PUHY_THMU-A_EXD_USDB_P72-96_Y1
Unit : mm(in)

- <Accessories>
 ● Connecting pipe (D465.4(1) X OD:65.4(1)) — P72-P96 1pc.
 ● Gas- Elbow (D465.4(1) X OD:619.05(24)) — P72 1pc.
 ● Pipe (D465.4(1) X OD:622.2(76)) — P96 1pc.
 ● Liquid- Pipe (D465.52(38) X OD:652(26)) — P72-P96 1pc.

Note 1: Please refer to (27) for information regarding necessary spacing around the unit and foundation work.
 2: A braiding of pipes wrap the refrigerant service valve with wet cloth and keep the temperature of refrigerant service valve under 120°C (248°F).

NO.	Usage	Specifications
①	Front through hole	102 X 72 Knockout hole (4-1/32) (2-27/32)
②	Bottom through hole	150 X 92 Knockout hole (5-29/32) (3-5/8)
③	Front through hole	ø27.7 or ø24.5 Knockout hole (2-15/32) (1-3/8)
④	Front through hole	ø43.7 or ø22.2 Knockout hole (1-3/4) (7/8)
⑤	Bottom through hole	ø52 Knockout hole (2-1/16)
⑥	For transmission cables	ø34 Knockout hole (1-11/32)



Connecting pipe specifications

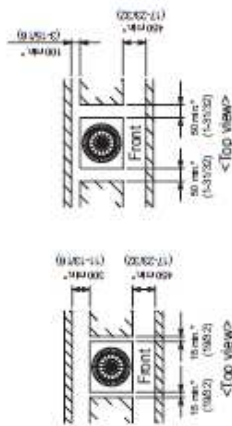
Model	Position dimensions for the refrigerant service valve		Connection specifications for the refrigerant service valve *1	
	Liquid	Gas	Liquid	Gas
PUHY-P72THMU	170 (6-23/32)	170 (6-23/32)	ø9.52 Braised (3/8)	ø19.05 Braised (3/4)
PUHY-P96THMU	142 (5-19/32)	172 (6-25/32)	ø9.52 Braised (3/8) ø12.7 Braised (1/2)	ø22.2 Braised (7/8)

*1 Connect by using the connecting pipes (for bottom piping and front piping) that are supplied.
 *2 Total length: 900

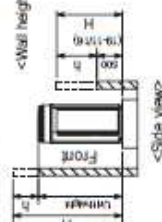
1. Required space around the unit

● **In case of single installation**

- ① Secure enough space around the unit as shown in the figure below.
 - With a space of at least 300mm (11-13/16) to the wall on the back of the unit
 - With a space of at least 100mm (3-15/16) to the wall on the front of the unit



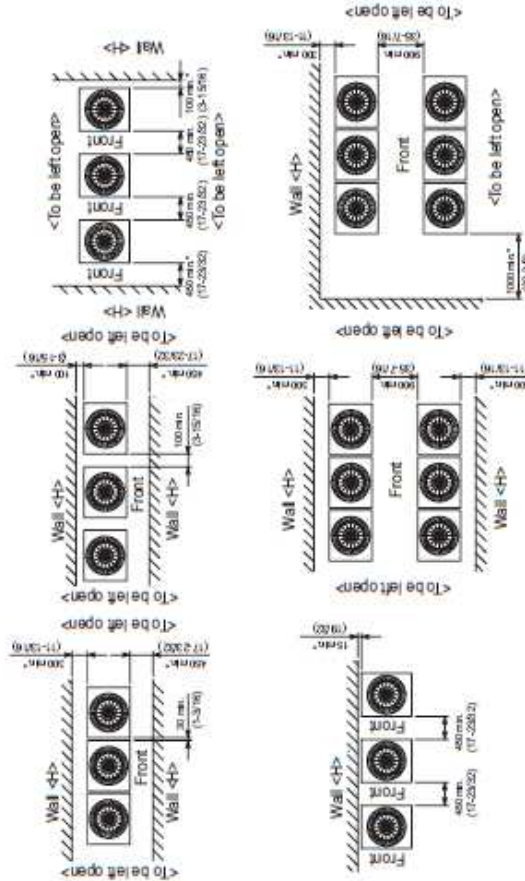
- ② When the height of the walls on the front, back or on the sides <H> exceeds the wall height limit as defined below, add the height that exceeds the height limit <h> to the figures that are marked with an asterisk.



<Wall height limit> Front : Up to the unit height
Back : Up to 500mm (19-11/16) from the unit bottom
Side : Up to the unit height

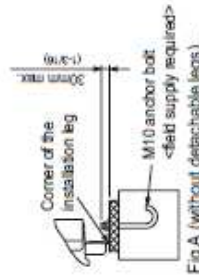
● **In case of collective installation**

- ① When multiple units are installed adjacent to each other, secure enough space to allow for air circulation and walkway between groups of units as shown in the figures below.
- ② At least two sides must be left open.
- ③ As with the single installation, add the height that exceeds the height limit <h> to the figures that are marked with an asterisk.



2. Foundation work

- ① Take into consideration the surface strength, water drainage route, piping route and wiring route when preparing the installation site.
 - <Note that the drain water comes out of the unit during operation.>
- ② Build the foundation in such way that the corner of the installation leg is securely supported as shown in the right figure. (Fig.A)
When using a rubber isolating cushion, please ensure it is large enough to cover the entire width of each of the unit's legs.
- ③ The protrusion length of the anchor bolt must not exceed 30mm (1-3/16). (Fig.A)
- ④ Use four fixing plates as shown in the right figure. <Field supply required> when using post-installed anchor bolts. (Fig.B)
- ⑤ To prevent small animals and water from entering the unit and damaging its parts, close the gap around the edges of through holes for pipes and wires with filler plates. <Field supply required>.
- ⑥ When the pipes or cables are routed at the bottom of the unit, make sure that the through hole at the base of the unit does not get blocked with the installation base.
- ⑦ Refer to the Installation Manual when installing units on an installation base.



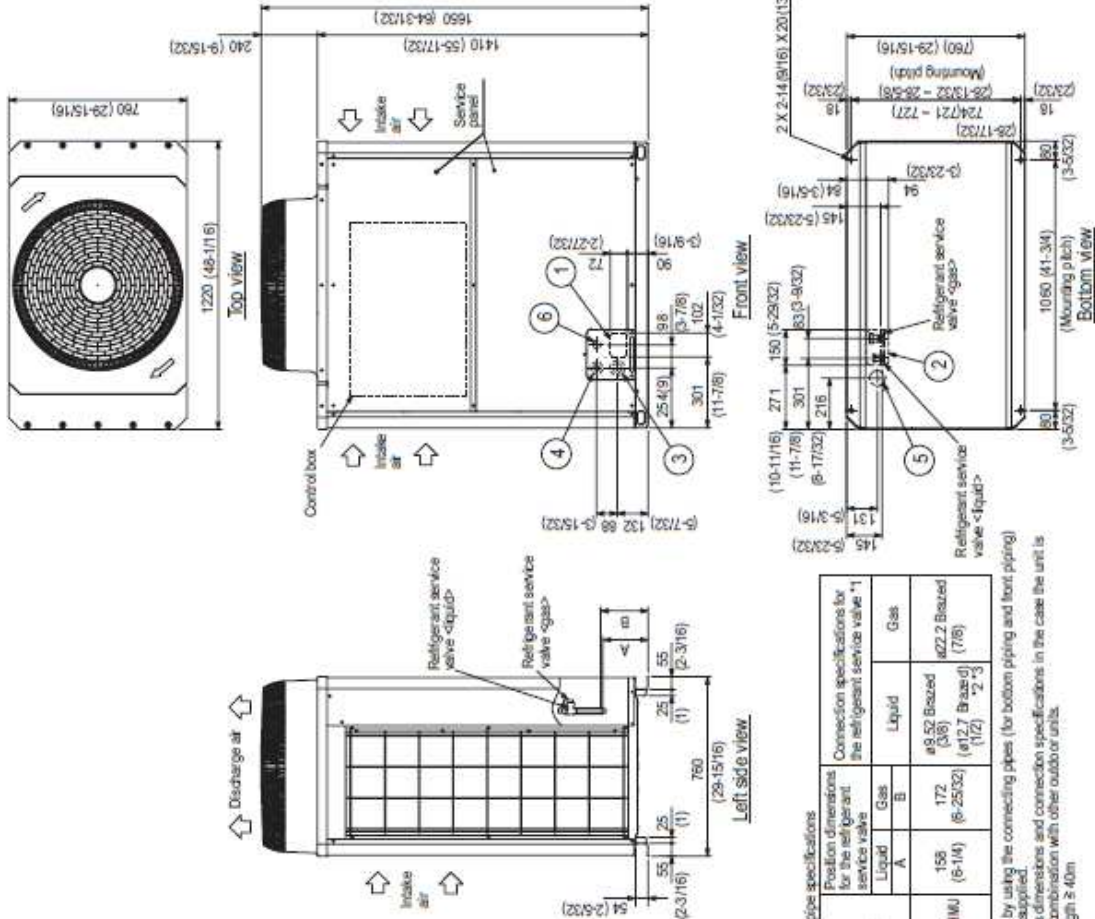
PUHY-P120THMU-A(-BS)

Ref. : PUHY_THMU-A_EXD_USDB_P120_Y1
Unit : mm(in)

- <Accessories>
 ● Connecting pipe
 - Elbow (ØD65.4(1) X OD625.4(1)) 1pc.
 - Pipe (ØD65.4(1) X OD622.2(78)) 1pc.
 <Liquid>
 - Pipe (ØD45.88(58) X OD46.52(38)) 1pc.
 - Pipe (ØD45.88(36) X OD42.7(12)) 1pc.

Note: Please refer to (22) for information regarding necessary spacing around the unit and foundation work.
 2. At brazing of pipes, keep the refrigerant service valve with wet cloth and keep the temperature of refrigerant service valve under 120°C (248°F).

NO.	Usage	Specifications
①	For pipes Front through hole	102 X 72 Knockout hole (4-1/32) (2-27/32)
②	For pipes Bottom through hole	150 X 94 Knockout hole (5-29/32) (3-23/32)
③	For wires Front through hole	ø62.7 or ø64.5 Knockout hole (2-15/32) (1-3/8)
④	For wires Front through hole	ø53.7 or ø52.2 Knockout hole (1-3/4) (7/8)
⑤	For transmission cables Bottom through hole	ø65 Knockout hole (2-9/16)
⑥	For transmission cables Front through hole	ø94 Knockout hole (1-11/32)



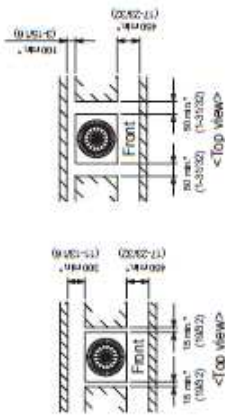
Model	Position dimensions for the refrigerant service valve			Connection specifications for the refrigerant service valve *1		
	Liquid A	Gas B	Gas	Liquid	Gas	Gas
PUHY-P120THMU	158 (6-1/4)	172 (6-25/32)	ø12.7 (1/2)	ø9.52 Brazed (3/8)	ø27.2 Brazed (1 1/4)	ø27.2 Brazed (1 1/4)

*1 Connect by using the connecting pipes (for bottom piping and front piping) that are supplied.
 *2 Indicates dimensions and connection specifications in the case the unit is used in combination with other outdoor units.
 *3 Total length ≥ 40m

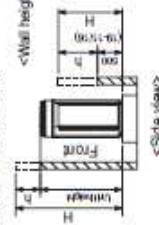
1. Required space around the unit

In case of single installation

- ① Secure enough space around the unit as shown in the figure below.
- With a space of at least 300mm (11-13/16) to the wall on the back of the unit.

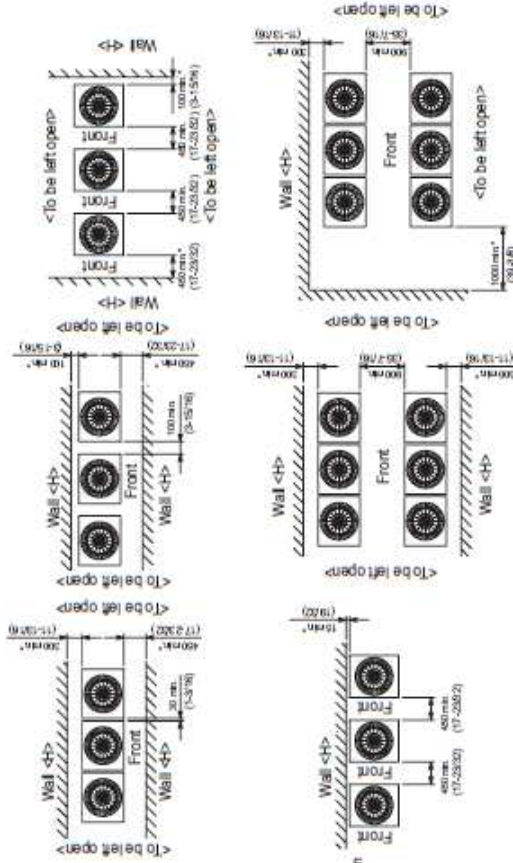


- ② When the height of the walls on the front, back or on the sides <H> exceeds the wall height limit as defined below, add the height that exceeds the height limit <h> to the figures that are marked with an asterisk.



In case of collective installation

- ① When multiple units are installed adjacent to each other, secure enough space to allow for air circulation and walkway between groups of units as shown in the figures below.
- ② At least two sides must be left open.
- ③ As with the single installation, add the height that exceeds the height limit <h> to the figures that are marked with an asterisk.



2. Foundation work

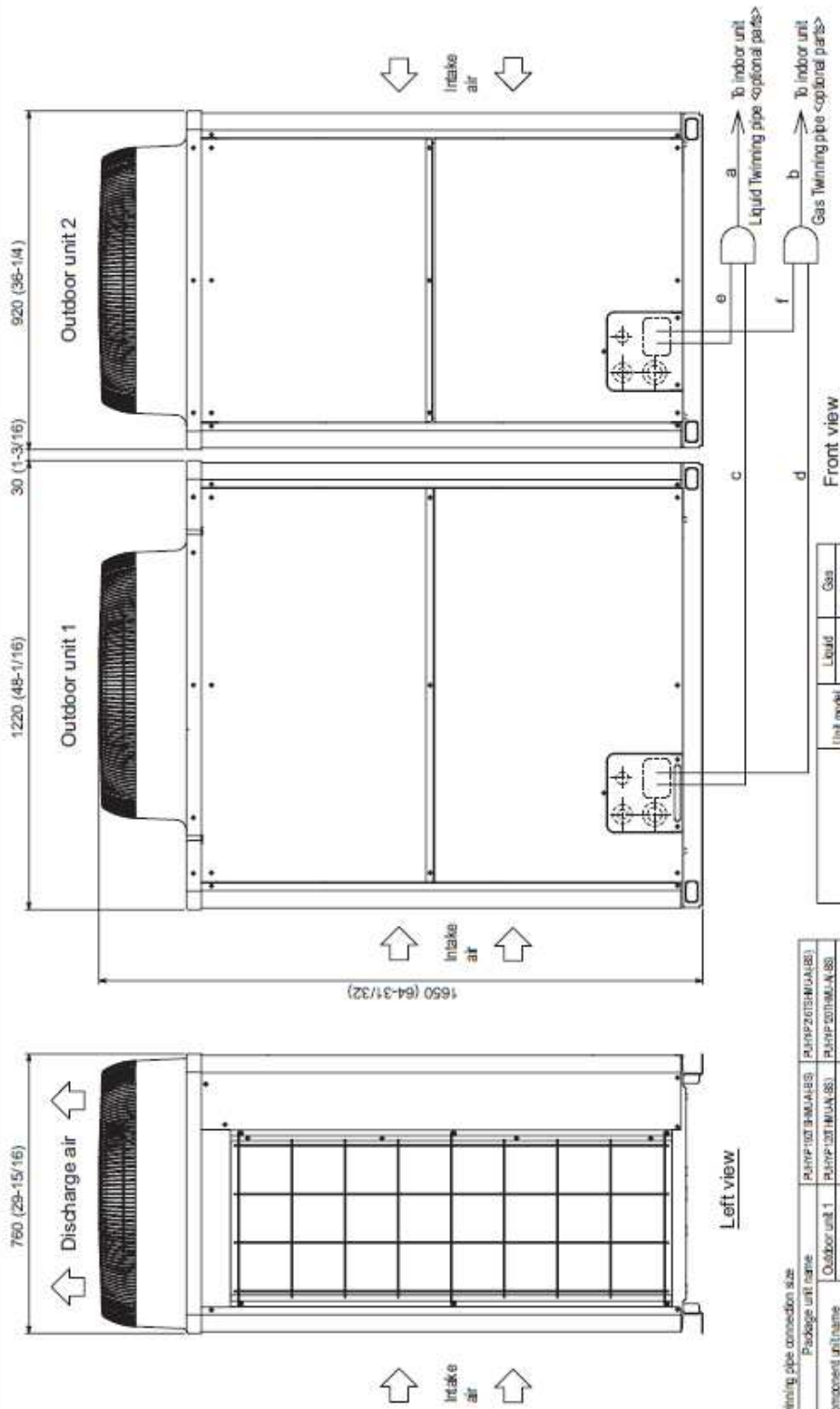
- ① Take into consideration the surface strength, water drainage route, piping route and wiring route when preparing the installation site.
 - <Note that the drain water comes out of the unit during operation.>
- ② Build the foundation in such way that the corner of the installation leg is securely supported as shown in the right figure. (Fig.A)
When using a rubber isolating cushion, please ensure it is large enough to cover the entire width of each of the unit's legs.
- ③ The protrusion length of the anchor bolt must not exceed 30mm (1-3/16). (Fig.A)
- ④ Use four fixing plates as shown in the right figure <field supply required> when using post-installed anchor bolts. (Fig.B)
- ⑤ To prevent small animals and water from entering the unit and damaging its parts, close the gap around the edges of through holes for pipes and wires with filler plates <field supply required>
- ⑥ When the pipes or cables are routed at the bottom of the unit, make sure that the through hole at the base of the unit does not get blocked with the installation base.
- ⑦ Refer to the Installation Manual when installing units on an installation base.



Fig.A (without detachable legs)
Fig.B (without detachable legs)

PUHY-P192,216TSHMU-A(-BS)

Ref : PUHY_TSHMU_EXD_USDB_P192-216
Unit : mm(in)



Unit model	Liquid	Gas
P72	c or e ø152 (6)	d or f ø19.0 (3/4)
P96	e152 (6)	e22.2 (7/8)
P120	e127 (5)	e22.2 (7/8)

Twinning pipe connection size		PUHY-P192TSHMU-A(-BS)		PUHY-P216TSHMU-A(-BS)	
Package unit name	Outdoor unit 1	PUHY-P192TSHMU-A(-BS)	PUHY-P216TSHMU-A(-BS)	PUHY-P192TSHMU-A(-BS)	PUHY-P216TSHMU-A(-BS)
Component unit name	Outdoor unit 2	PUHY-P192TSHMU-A(-BS)	PUHY-P216TSHMU-A(-BS)	PUHY-P192TSHMU-A(-BS)	PUHY-P216TSHMU-A(-BS)
Outdoor Twinning kit (optional part)		CUFY-Y100-151/2	CUFY-Y100-151/2	CUFY-Y100-151/2	CUFY-Y100-151/2
Indoor unit - Twinning pipe	Liquid a	ø158(5)	ø158(5)	ø158(5)	ø158(5)
	Gas b	ø25.3(1-1/8)	ø25.3(1-1/8)	ø25.3(1-1/8)	ø25.3(1-1/8)

- Note 1. Connect the pipes as shown in the figure above. Refer to the table above for the pipe size.
 2. Twinning pipes should not be tilted more than 15 degrees from the horizontal plane.
 Be sure to see the Installation Manual for details of Twinning pipe installation.
 3. The pipe section before the Twinning pipe (sections "a" and "b" in the figure) must have at least 500mm (19-11/16) of straight section (including the straight pipe that is supplied with the Twinning pipe).
 4. Only use the Twinning pipe by Mitsubishi (optional parts).

UNIDAD EXTERIOR

288,000 BTU/H

Model			PUHY-P281THMU-A(-BS)	
Power source	3-phase 3-wire 208-230V ±10% 60Hz			
Cooling capacity (Nominal)	*1	BTU / h	288,000	
	*1	kW	84.4	
	(208-230)	Power input	kW	24.52
	(208-230)	Current input	A	75.6/68.3
Temp. range of cooling	Indoor	W.B.	59 to 75 degF(15 to 24degC)	
	Outdoor	D.B.	23 to 109degF(-5 to 43degC)	
Heating capacity (Nominal)	*2	BTU / h	308,000	
	*2	kW	90.3	
	(208-230)	Power input	kW	24.27
	(208-230)	Current input	A	74.8/67.6
Temp. range of heating	Indoor	D.B.	59 to 81 degF(15 to 27degC)	
	Outdoor	W.B.	-4 to 60 degF(-20 to 15.5degC)	
Indoor unit connectable	Total capacity	50 to 130 % of outdoor unit capacity		
	Model / Quantity	P06 to P96 / 2 to 50		
Sound pressure level (measured in anechoic room)	63.5 dB <A>			
Refrigerant piping diameter	Liquid pipe	in. (mm)	3/4"(19.05) Brazed	
	Gas pipe	in. (mm)	1-3/8"(34.93) Brazed	

Set Model			PUHY-P72THMU-A(-BS)	PUHY-P96THMU-A(-BS)	PUHY-P120THMU-A(-BS)
FAN	Type x Quantity	Propeller fan x 1			
	Airflow rate	cfm	7,050	7,050	7,950
		m ³ / min	200	200	225
		L/s	3,330	3,330	3,750
	Control , Driving mechanism	Inverter-control, Direct-driven by motor			
	*3 Motor output	kW	0.92	0.92	0.92
	External static press.	0 in.WG (0 Pa)			
Compressor	Type x Quantity	Inverter scroll hermetic compressor x 1			
	Manufacture	AC&R Works, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION			
	Starting method	Inverter			
	Motor output	kW	5.1	6.8	8.8
	Case heater	kW	0.051(230 V)	0.051(230 V)	0.057(230 V)
	Lubricant	MEL32			
External finish	Pre-coated galvanized steel sheet (+powder coating for -BS type) <MUNSELL 5Y 8/1 or similar>				
External dimension H x W x D	in.	64-31/32" x 36-1/4" x 29-15/16"	64-31/32" x 36-1/4" x 29-15/16"	64-31/32" x 48-1/16" x 29-15/16"	64-31/32" x 48-1/16" x 29-15/16"
	mm	1,650 x 920 x 760	1,650 x 920 x 760	1,650 x 1,220 x 760	1,650 x 1,220 x 760
Protection devices	High pressure protection	High pressure sensor, High pressure switch at 4.15MPa (601 psi)			
	Compressor / Fan	Over-heat protection / Thermal switch			
	Inverter	Over-heat protection, Over-current protection			
Refrigerant	Type x original charge	R410A x 19 lbs + 13 oz (9.0kg)	R410A x 19 lbs + 13 oz (9.0kg)	R410A x 25 lbs + 6 oz (11.5kg)	R410A x 25 lbs + 6 oz (11.5kg)
	Control	LEV and HIC circuit			
Net weight	lbs (kg)	441(200)	441(200)	541(245)	541(245)
Heat exchanger	Salt-resistant cross fin & copper tube				
HIC circuit (HIC: Heat Inter-Changer)	Copper pipe, tube-in-tube structure				
Refrigerant piping diameter	Liquid pipe	in. (mm)	3/8"(9.52)Brazed	3/8"(9.52)Brazed	1/2"(12.7)Brazed
	Gas pipe	in. (mm)	3/4"(19.05)Brazed	7/8"(22.2)Brazed	7/8"(22.2)Brazed
Defrosting method	Auto-defrost mode (Reversed refrigerant cycle)				
Drawing	External	KB94L651			
	Wiring	WKE94C207X01	WKE94C207X01	WKE94C208X01	WKE94C208X01
	Refrigerant cycle	-			
Standard attachment	Document	Installation Manual			
	Accessory	Refrigerant conn. Pipe			
Optional parts	Outdoor Twinning kit: CMY-Y300VBK2 Joint: CMY-Y102SL-G2, CMY-Y202/302-G2 Header: CMY-Y104/108/1010-G				
Remark	Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual.				

Note :	*1 Nominal cooling conditions	*2 Nominal heating conditions	Unit converter	
	Indoor: 80degF D.B./ 67degF W.B.	70degF D.B.		kcal =kW x 860
	(26.7degC D.B./ 19.4degC W.B.)	(21.1degC D.B.)		BTU/h =kW x 3,412
	Outdoor: 95degF D.B.	47degF D.B./ 43degF W.B.		cfm =m ³ /min x 35.31
	(35degC D.B.)	(8.3degC D.B./ 6.1degC W.B.)		lb =kg / 0.4536
Pipe length : 25ft.(7.6m)	25ft.(7.6m)			
Level difference : 0ft.(0m)	0ft.(0m)			
* Due to continuing improvement, above specifications may be subject to change without notice.			*Above specification data is subject to rounding variation.	
*3 External static pressure option is available (0.12 in.WG, 0.24 in.WG / 30Pa, 60Pa).				

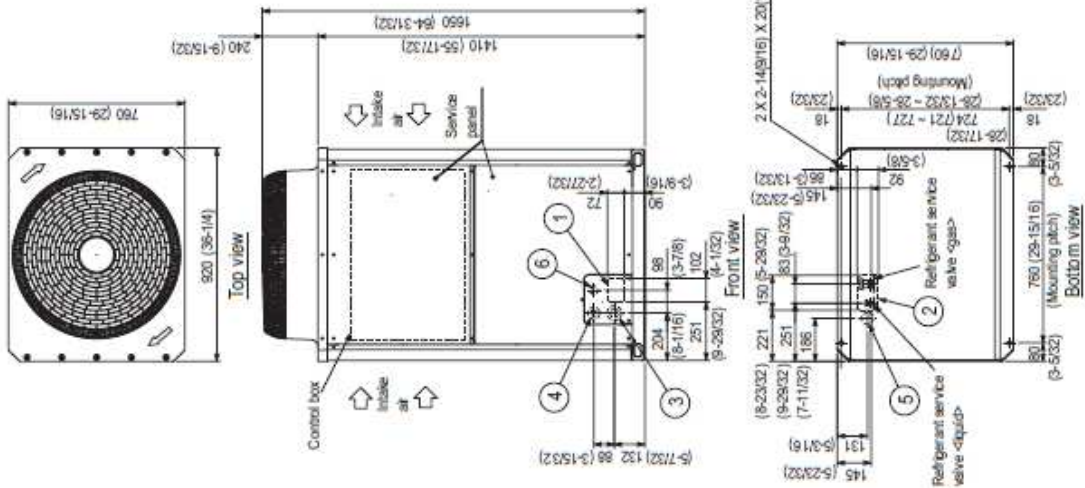
PUHY-P72,96THMU-A(-BS)

Ref. : PUHY_THMU-A_EXD_USDB_P72-96_Y1
Unit : mm(in)

- <Accessories>
- Connecting pipe
- Elbow (Da25.4(1) X ODa25.4(1)) --- P72.P96 1pc.
- Pipe (Da25.4(1) X ODa19.0(5/8)) --- P72 1pc.
- Pipe (Da25.4(1) X ODa22.2(7/8)) --- P96 1pc.
- Liquid Pipe (Da9.5(3/8) X ODa9.5(3/8)) --- P72.P96 1pc.

Note 1 Please refer to (22) for information regarding necessary spacing around the unit and foundation work.
2 At brazing of pipes, wrap the refrigerant service valve with wet cloth and keep the temperature of refrigerant service valve under 120°C (248°F).

NO.	Usage	Specifications
①	Front through hole	102 X 72 Knockout hole (4-1/32), (2-27/32)
②	Bottom through hole	150 X 92 Knockout hole (5-29/32)(3-5/8)
③	Front through hole	ø82.7 or ø84.5 Knockout hole (2-15/32), (1-3/8)
④	Front through hole	ø43.7 or ø22.2 Knockout hole (1-3/4), (7/8)
⑤	Bottom through hole	ø32 Knockout hole (2-1/16)
⑥	Front through hole	ø34 Knockout hole (1-11/32)



Connecting pipe specifications

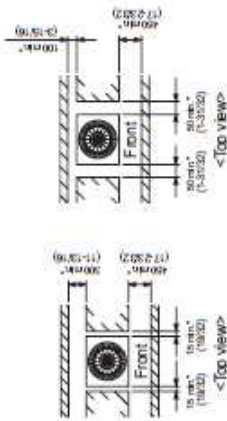
Model	Position dimensions for the refrigerant service valve		Connection specifications for the refrigerant service valve *1	
	Liquid A	Gas B	Liquid	Gas
PUHY-P72THMU	170 (6-23/32)	170 (6-23/32)	ø9.52 Brazed (3/8)	ø19.05 Brazed (3/4)
PUHY-96THMU	142 (5-15/32)	172 (6-25/32)	ø9.52 Brazed (ø12.7 Brazed)*2	ø22.2 Brazed (7/8)

*1 Conned by using the connecting pipes for bottom piping and front piping that are supplied.
*2 Total length is 900mm

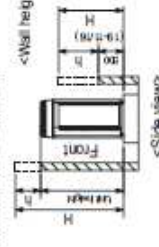
1. Required space around the unit

● In case of single installation

- ① Secure enough space around the unit as shown in the figure below.
 - With a space of at least 300mm (11-13/16) to the wall on the back of the unit

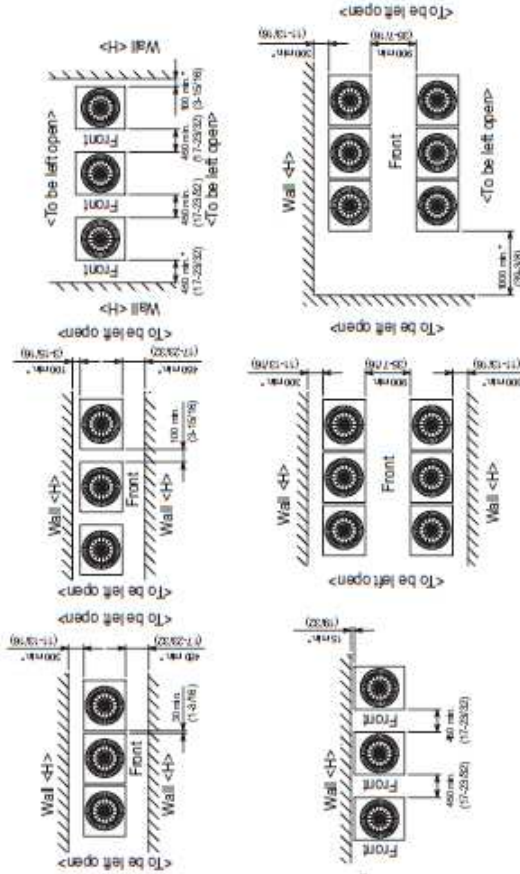


- ② When the height of the walls on the front, back or on the sides <H> exceeds the wall height limit as defined below and the height that exceeds the height limit <H> to the figures that are marked with an asterisk.



● In case of collective installation

- ① When multiple units are installed adjacent to each other, secure enough space to allow for air circulation and walkway between groups of units as shown in the figures below.
- ② At least two sides must be left open.
- ③ As with the single installation, add the height that exceeds the height limit <H> to the figures that are marked with an asterisk.



2. Foundation work

- ① Take into consideration the surface strength, water drainage route, piping route, and wiring route when preparing the installation site.
 - <Note that the drain water comes out of the unit during operation.>
- ② Build the foundation in such way that the corner of the installation leg is securely supported as shown in the right figure. (Fig.A)
 - When using a rubber isolating cushion, please ensure it is large enough to cover the entire width of each of the unit's legs.
- ③ The protrusion length of the anchor bolt must not exceed 30mm (1-3/16). (Fig.A)
- ④ Use four fixing plates as shown in the right figure <field supply required> when using post-installed anchor bolts. (Fig.B)
- ⑤ To prevent small animals and water from entering the unit and damaging its parts, close the gap around the edges of through holes for pipes and wires with filler plates <field supply required>.
- ⑥ When the pipes or cables are routed at the bottom of the unit, make sure that the through hole at the base of the unit does not get blocked with the installation base.
- ⑦ Refer to the Installation Manual when installing units on an installation base.

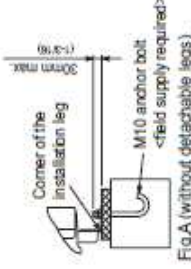


Fig.A (without detachable legs)



Fig.B (without detachable legs)

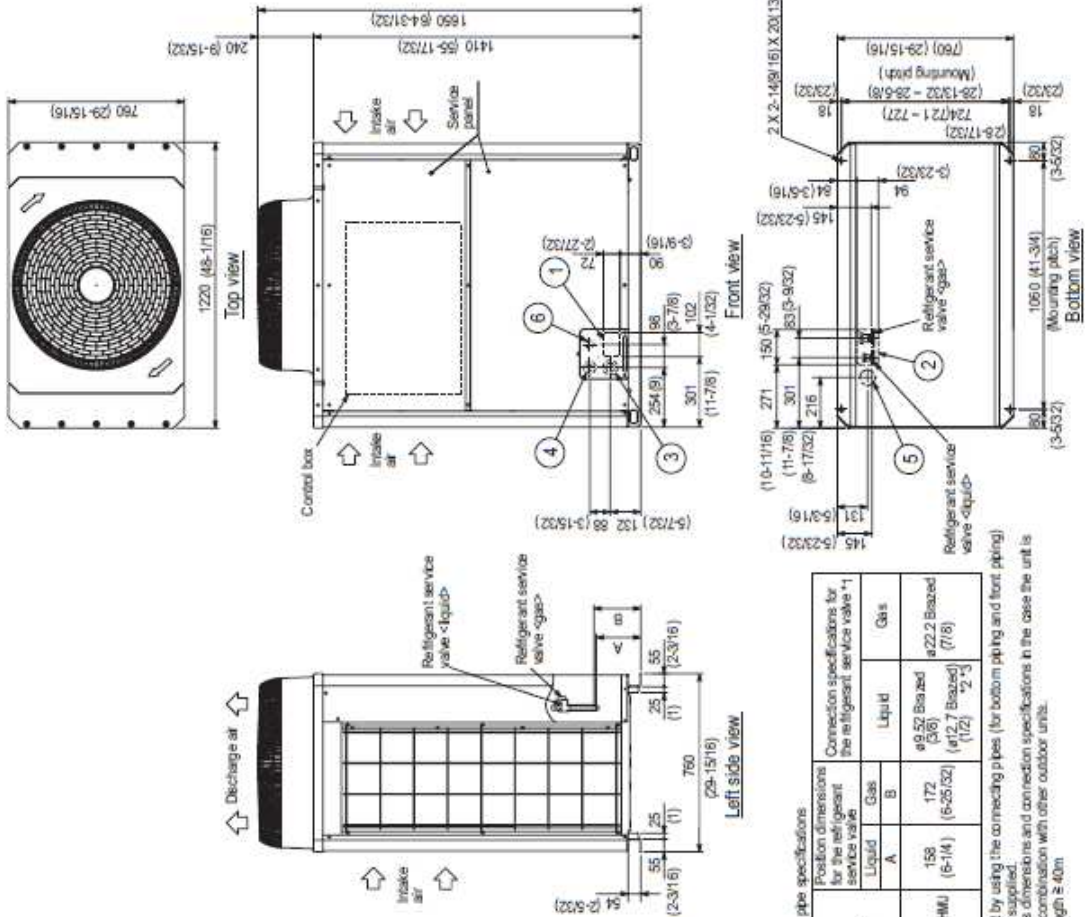
PUHY-P120THMU-A(-BS)

Ref.: PUHY_THMU-A_EXD_USDB_P120_Y1
Unit: mm(in)

- <Accessories>
- Connecting pipe
- <Gas>
 - Elbow (Da 25.4(1) X OD 42.5(4.11)) 1pc
 - Pipe (Da 25.4(1) X OD 42.2(7/8)) 1pc
- <Liquid>
 - Pipe (Da 15.88(5/8) X OD 49.5(3.8)) 1pc
 - Pipe (Da 15.88(5/8) X OD 41.2(7/2)) 1pc

Note 1: Please refer to (22) for information regarding necessary spacing around the unit and foundation work.
2: At brazing of pipes, wrap the refrigerant service valve with wet cloth and keep the temperature of refrigerant service valve under 120°C (248°F).

No.	Usage	Specifications
①	Front through hole	102 X 72 Knockout hole (4-1/2) (2-27/32)
②	Bottom through hole	150 X 94 Knockout hole (5-29/32) (3-23/32)
③	Front through hole	φ62.7 or φ64.5 Knockout hole (2-1/2) (1-3/8)
④	Front through hole	φ43.7 or φ22.2 Knockout hole (1-3/4) (7/8)
⑤	Bottom through hole	φ65 Knockout hole (2-9/16)
⑥	Front transmission cable	φ34 Knockout hole (1-1/32)



Connecting pipe specifications

Model	Position dimensions for the refrigerant service valve		Connection specifications for the refrigerant service valve ¹⁾	
	Liquid	Gas	Liquid	Gas
PUHY-P120THMU	158 (6-1/4)	172 (6-25/32)	φ9.52 Beazed (3/8) φ12.7 Beazed (1/2) ²⁾	φ22.2 Beazed (7/8) (7/8)

¹⁾ Connect by using the connecting pipes (for bottom piping and front piping) that are supplied.
²⁾ Indicates dimensions and connection specifications in the case the unit is used in combination with other outdoor units.
³⁾ Total length ± 40m

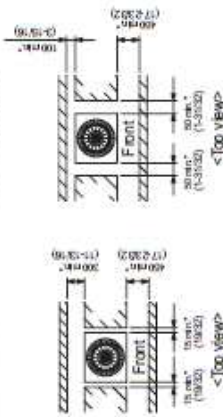
PUHY-P120THMU-A-(BS)

Ref. : PUHY_THMU-A_EXD_USDB_P120_Y2
Unit : mm (in)

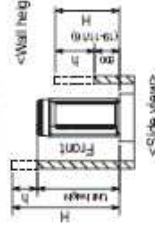
1. Required space around the unit

● In case of single installation

- ① Secure enough space around the unit as shown in the figure below.
- With a space of at least 300mm (11-13/16) to the wall on the back of the unit.



- ② When the height of the walls on the front, back or on the sides <H> exceeds the wall height limit as defined below add the height that exceeds the height limit <h> to the figures that are marked with an asterisk.



2. Foundation work

- ① Take into consideration the surface strength, water drainage route, piping route and wiring route when preparing the installation site.
- Note that the drain water comes out of the unit during operation.
- ② Build the foundation in such way that the corner of the installation leg is securely supported as shown in the right figure. (Fig.A)
When using a rubber isolating cushion, please ensure it is large enough to cover the entire width of each of the unit's legs.
- ③ The protrusion length of the anchor bolt must not exceed 30mm (1-3/16). (Fig.A)
- ④ Use four fixing plates as shown in the right figure. (field supply required) when using post-installed anchor bolts. (Fig.B)
- ⑤ To prevent small animals and water from entering the unit and damaging its parts, close the gap around the edges of through holes for pipes and wires with filler plates. (field supply required).
- ⑥ When the pipes or cables are routed at the bottom of the unit, make sure that the through hole at the base of the unit does not get blocked with the installation base.
- ⑦ Refer to the Installation Manual when installing units on an installation base.

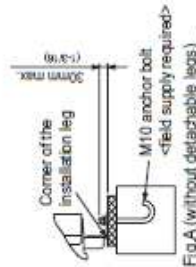


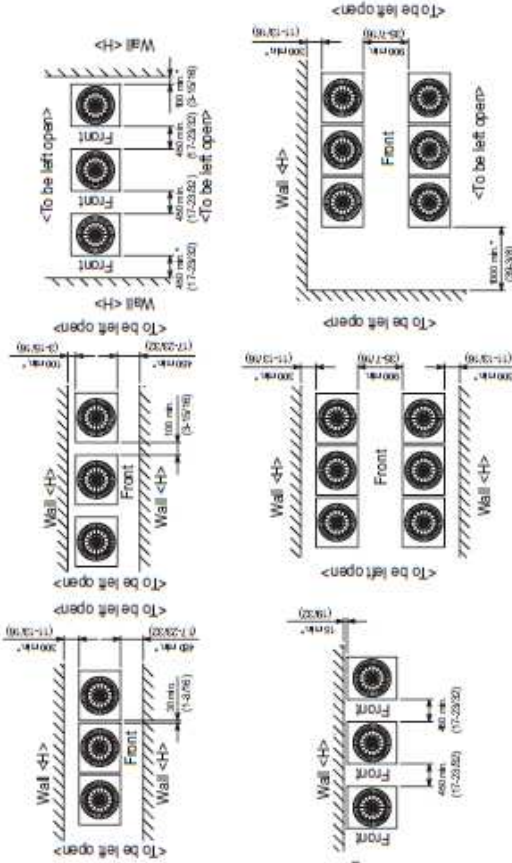
Fig.A (without detachable legs)



Fig.B (without detachable legs)

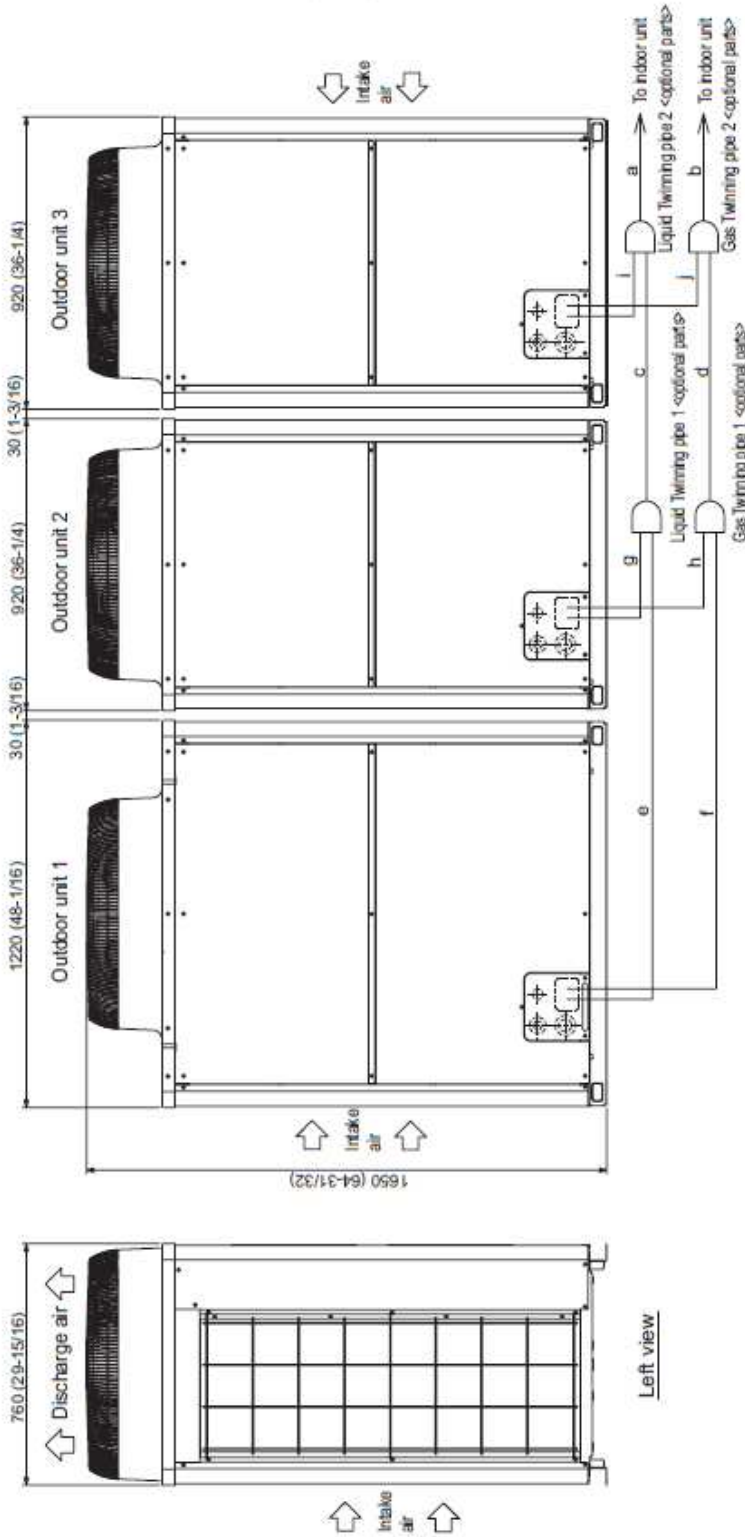
● In case of collective installation

- ① When multiple units are installed adjacent to each other, secure enough space to allow for air circulation and walkway between groups of units as shown in the figures below.
- ② At least two sides must be left open.
- ③ As with the single installation, add the height that exceeds the height limit <h> to the figures that are marked with an asterisk.



PUHY-P264,288TSHMU-A(-BS)

Ref.: PUHY_TSHMU_EXD_USDB_P264-288
Unit: mm(in)



Front view

Left view

Twinning pipe connection size

Package unit name	PUHY-P264TSHMU-A(-BS)	PUHY-P288TSHMU-A(-BS)
Outdoor unit 1	PUHY-P20TSHMU-A(-BS)	PUHY-P10TSHMU-A(-BS)
Outdoor unit 2	PUHY-P27TSHMU-A(-BS)	PUHY-P17TSHMU-A(-BS)
Outdoor unit 3	PUHY-P27TSHMU-A(-BS)	PUHY-P17TSHMU-A(-BS)
Outdoor Twinning Kit (optional parts)	OMFY300VBQ	
Indoor unit - Twinning pipe 2	ø15.05 (3/4)	ø14.93 (1-3/8)
Indoor unit - Twinning pipe 1	ø15.05 (3/4)	ø15.05 (3/4)
Twinning pipe 2 - Twinning pipe 2	ø12.7 (1/2)	ø12.7 (1/2)
Twinning pipe 1 - Twinning pipe 1	ø12.7 (1/2)	ø12.7 (1/2)

List model	Liquid core	Gas d or f
P72	ø152 (3/8)	ø110 (3/4)
P96	ø152 (3/8)	ø122 (1/8)
P120	ø127 (1/2)	ø122 (1/8)

Note 1. Connect the pipes as shown in the figure above. Refer to the table above for the pipe size.

Note 2. Twinning pipes should not be tilted more than 15 degrees from the horizontal plane.

Note 3. Be sure to see the Installation Manual for details of Twinning pipe installation.

Note 4. The pipe section before the Twinning pipe (sections "a", "b", "c" and "d" in the figure) must have at least 500mm (19-11/16) of straight section (including the straight pipe that is supplied with the Twinning pipe).

Note 5. Only use the Twinning pipe by Mitsubishi (optional parts).

UNIDAD EXTERIOR

264,000 BTU/H

Model		PUHY-P254TSHMU-A(-BS)	
Power source		3-phase 3-wire 208-230V ±10% 60Hz	
Cooling capacity (Nomina)	*1	BTU / h	264,000
	*1	kW	77.4
	(208-230)	Power input	21.28
		Current input	65.6-59.3
Temp. range of cooling	Indoor	W.B.	59 to 75degF (15 to 24degC)
	Outdoor	D.B.	23 to 109degF (-5 to 43degC)
Heating capacity (Nomina)	*2	BTU / h	280,000
	*2	kW	82.1
	(208-230)	Power input	21.23
		Current input	65.4-59.2
Temp. range of heating	Indoor	D.B.	59 to 81degF (15 to 27degC)
	Outdoor	W.B.	-4 to 60degF (-20 to 15.5degC)
Indoor unit connectable	Total capacity		50 to 130 % of outdoor unit capacity
	Model / Quantity		P06 to P96 / 2 to 50
Sound pressure level (measured in anechoic room)		dB <A>	63.5
Refrigerant piping diameter	Liquid pipe		3/4"(19.05) Brazed
	Gas pipe		1-3/8"(34.93) Brazed

Set Model					
Model		PUHY-P72THMU-A(-BS)	PUHY-P72THMU-A(-BS)	PUHY-P120THMU-A(-BS)	
FAN	Type x Quantity		Propeller fan x 1	Propeller fan x 1	Propeller fan x 1
	Airflow rate	cfm	7,050	7,050	7,950
		m ³ / min	200	200	225
		L/s	3,330	3,330	3,750
	Control, Driving mechanism		Inverter-control, Direct-driven by motor	Inverter-control, Direct-driven by motor	Inverter-control, Direct-driven by motor
	*3	Motor output	kW	0.92	0.92
External static press.		0 in.WG (0 Pa)	0 in.WG (0 Pa)	0 in.WG (0 Pa)	
Compressor	Type x Quantity		Inverter scroll hermetic compressor x 1	Inverter scroll hermetic compressor x 1	Inverter scroll hermetic compressor x 1
	Manufacture		AC&R Works, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION	AC&R Works, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION	AC&R Works, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
	Starting method		Inverter	Inverter	Inverter
	Motor output	kW	5.1	5.1	8.8
	Case heater	kW	0.051 (230 V)	0.051 (230 V)	0.057 (230 V)
	Lubricant		MEL32	MEL32	MEL32
External finish		Pre-coated galvanized steel sheet (+powder coating for -BS type) <MUNSELL 5Y 8/1 or similar>	Pre-coated galvanized steel sheet (+powder coating for -BS type) <MUNSELL 5Y 8/1 or similar>	Pre-coated galvanized steel sheet (+powder coating for -BS type) <MUNSELL 5Y 8/1 or similar>	
External dimension H x W x D		in.	64-3 1/32" x 36-1 1/4" x 29-15 1/16"	64-3 1/32" x 36-1 1/4" x 29-15 1/16"	64-31/32" x 48-1 1/16" x 29-15 1/16"
		mm	1,650 x 920 x 760	1,650 x 920 x 760	1,650 x 1,220 x 760
Protection devices	High pressure protection		High pressure sensor, High pressure switch at 4.15MPa (601 psi)	High pressure sensor, High pressure switch at 4.15MPa (601 psi)	High pressure sensor, High pressure switch at 4.15MPa (601 psi)
	Compressor / Fan		Over-heat protection / Thermal switch	Over-heat protection / Thermal switch	Over-heat protection / Thermal switch
	Inverter		Over-heat protection, Over-current protection	Over-heat protection, Over-current protection	Over-heat protection, Over-current protection
Refrigerant	Type x original charge		R410A x 19 lbs + 13 oz (9.0kg)	R410A x 19 lbs + 13 oz (9.0kg)	R410A x 25 lbs + 6 oz (11.5kg)
	Control		LEV and HIC circuit		
Net weight		lbs (kg)	441(200)	441(200)	541(245)
Heat exchanger		Salt-resistant cross fin & copper tube			
HIC circuit (HIC: Heat Inter-Changer)		Copper pipe, tube-in-tube structure			
Refrigerant piping diameter	Liquid pipe		in. (mm)	3/8"(9.52) Brazed	3/8"(9.52) Brazed
	Gas pipe		in. (mm)	3/4"(19.05) Brazed	3/4"(19.05) Brazed
Defrosting method		Auto-defrost mode (Reversed refrigerant cycle)			
Drawing	External		KB94L651		
	Wiring		WKE94C207X01	WKE94C207X01	WKE94C208X01
	Refrigerant cycle		-		
Standard attachment	Document		Installation Manual		
	Accessory		Refrigerant conn. Pipe		
Optional parts		Outdoor Twinning kit: CMY-Y300 V8x2 joint: CMY-Y102 S/L-G2, CMY-Y202/3 02-G2 Header: CMY-Y104/108/1010-G			
Remark		Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual.			

Note	*1 Nominal cooling conditions	*2 Nominal heating conditions	Unit converter
	Indoor : 80degF D.B./ 67degF W.B. (26.7degC D.B./ 19.4degC W.B.)	70degF D.B. (21.1degC D.B.)	
	Outdoor : 95degF D.B. (35degC D.B.)	47degF D.B./ 43degF W.B. (8.3degC D.B./ 6.1degC W.B.)	
	Pipe length : 25ft.(7.6m)	25ft.(7.6m)	
	Level difference : 0ft.(0m)	0ft.(0m)	
* Due to continuing improvement, above specifications may be subject to change without notice.			*Above specification data is subject to rounding variation.
*3 External static pressure option is available (0.12 in.WG, 0.24 in.WG / 30Pa, 60Pa).			

UNIDAD EXTERIOR

168,000 BTU/H

Model		PUHY-P168TSHMU-A(-BS)		
Power source		3-phase 3-wire 208-230V ±10% 60Hz		
Cooling capacity (Nomina)	*1	BTU / h	168,000	
	*1	kW	49.2	
	(208-230)	Power input	kW	14.11
		Current input	A	43.5-39.3
Temp. range of cooling	Indoor	W.B.	59 to 75degF(15 to 24degC)	
	Outdoor	D.B.	23 to 109degF(-5 to 43degC)	
Heating capacity (Nomina)	*2	BTU / h	168,000	
	*2	kW	55.1	
	(208-230)	Power input	kW	14.73
		Current input	A	45.4-41.0
Temp. range of heating	Indoor	D.B.	59 to 81degF(15 to 27degC)	
	Outdoor	W.B.	-4 to 60degF(-20 to 15.5degC)	
Indoor unit connectable	Total capacity	50 to 130 % of outdoor unit capacity		
	Model / Quantity	P06 to P96 / 1 to 36		
Sound pressure level (measured in anechoic room)	dB <A>		61.0	
Refrigerant piping diameter	Liquid pipe	in. (mm)	5/8"(15.88) Braze	
	Gas pipe	in. (mm)	1-1/8"(28.58) Braze	

Set Model		PUHY-P72THMU-A(-BS)		PUHY-P96THMU-A(-BS)	
FAN	Type x Quantity	Propeller fan x 1		Propeller fan x 1	
	Airflow rate	cfm	7,050	7,050	
		m ³ / min	200	200	
		L/s	3,330	3,330	
	Control, Driving mechanism	Inverter-control, Direct-driven by motor		Inverter-control, Direct-driven by motor	
	Motor output	kW	0.92	0.92	
*3 External static press.	0 in.WG (0 Pa)		0 in.WG (0 Pa)		
Compressor	Type x Quantity	Inverter scroll hermetic compressor x 1		Inverter scroll hermetic compressor x 1	
	Manufacture	AC&R Works, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION		AC&R Works, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION	
	Starting method	Inverter		Inverter	
	Motor output	kW	5.1	6.8	
	Case heater	kW	0.051(2.30 V)	0.051(2.30 V)	
	Lubricant	MEL32		MEL32	
External finish	Pre-coated galvanized steel sheet (+powder coating for -BS type) <MUNSELL 5Y 8/1 or similar>		Pre-coated galvanized steel sheet (+powder coating for -BS type) <MUNSELL 5Y 8/1 or similar>		
External dimension H x W x D	in.	64-31/32" x 36-1/4" x 29-15/16"		64-31/32" x 36-1/4" x 29-15/16"	
	mm	1,650 x 920 x 760		1,650 x 920 x 760	
Protection devices	High pressure protection	High pressure sensor, High pressure switch at 4.15MPa (601 psi)		High pressure sensor, High pressure switch at 4.15MPa (601 psi)	
	Compressor / Fan	Over-heat protection / Thermal switch		Over-heat protection / Thermal switch	
	Inverter	Over-heat protection, Over-current protection		Over-heat protection, Over-current protection	
Refrigerant	Type x original charge	R410A x 19 lbs + 13 oz (9.0kg)		R410A x 19 lbs + 13 oz (9.0kg)	
	Control	LEV and HIC circuit			
Net weight	lbs (kg)	441(200)		441(200)	
Heat exchanger	Salt-resistant cross fin & copper tube		Salt-resistant cross fin & copper tube		
HIC circuit (HIC: Heat Inter-Changer)	Copper pipe, tube-in-tube structure		Copper pipe, tube-in-tube structure		
Refrigerant piping diameter	Liquid pipe	in. (mm)	3/8"(9.52)Braze	3/8"(9.52)Braze	
	Gas pipe	in. (mm)	3/4"(19.05)Braze	7/8"(22.2)Braze	
Defrosting method	Auto-defrost mode (Reversed refrigerant cycle)				
Drawing	External	KB94L644			
	Wiring	WKE94C207X01		WKE94C207X01	
	Refrigerant cycle	-			
Standard attachment	Document	Installation Manual			
	Accessory	Refrigerant conn. Pipe			
Optional parts	Outdoor Twinning kit: CMY-Y100VBK2 joint: CMY-Y102SL-G2, CMY-Y202-G2 Header: CMY-Y104/108/1010-G				
Remark	Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual.				

Note :	*1 Nominal cooling conditions	*2 Nominal heating conditions	Unit converter
	Indoor : 80degF D.B. / 67degF W.B. (26.7degC D.B. / 19.4degC W.B.)	70degF D.B. (21.1degC D.B.)	kcal =kW x 860
	Outdoor : 95degF D.B. (35degC D.B.)	47degF D.B. / 43degF W.B. (8.3degC D.B. / 6.1degC W.B.)	BTU/h =kW x 3.412
	Pipe length : 25ft.(7.6m)	25ft.(7.6m)	cfm =m ³ /min x 35.31
	Level difference : 0ft.(0m)	0ft.(0m)	lb =kg / 0.4536
* Due to continuing improvement, above specifications may be subject to change without notice.			*Above specification data is subject to rounding variation.
*3 External static pressure option is available (0.12 in.WG, 0.24 in.WG / 30Pa, 60Pa).			

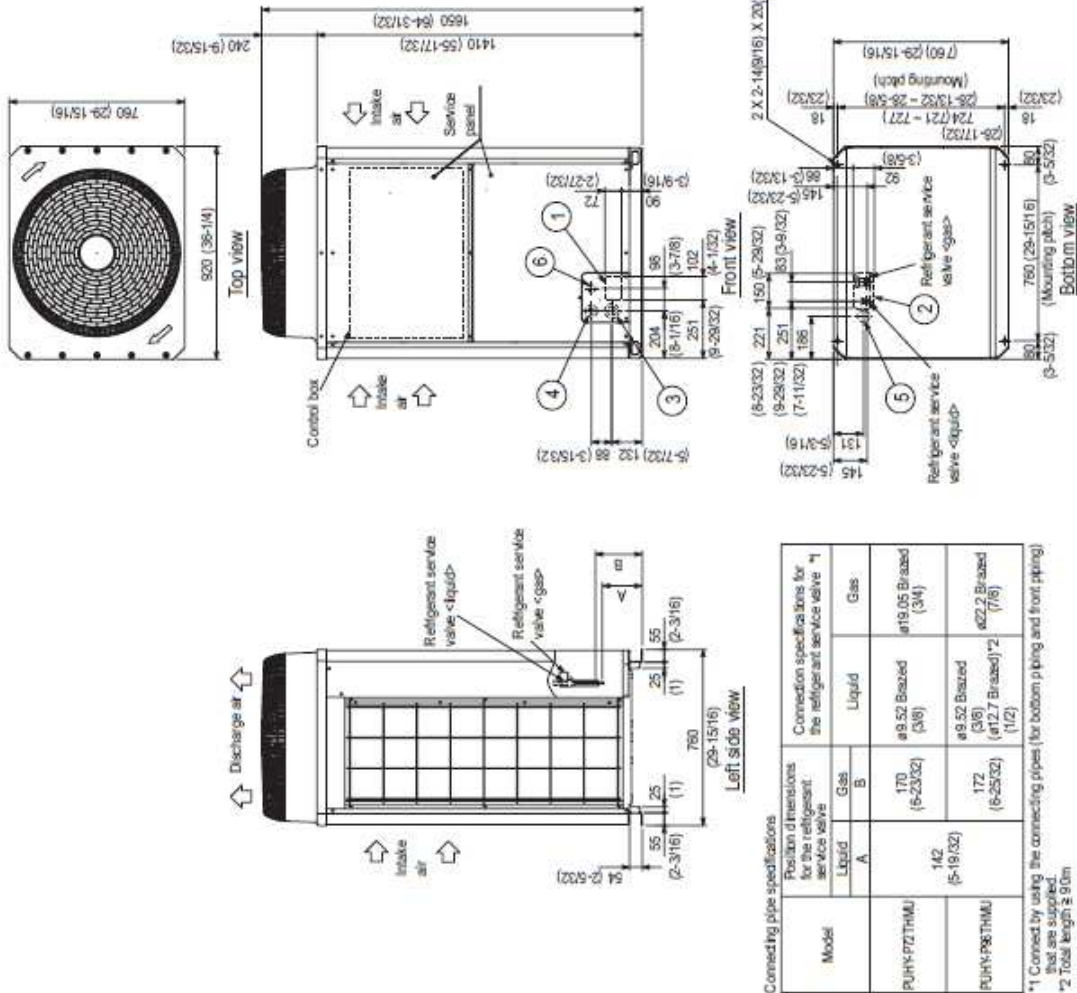
PUHY-P72,96THMU-A-(BS)

Ref.: PUHY_THMU-A_EXD_USDB_P72-96_Y1
Unit: mm(in)

- <Accessories>
- Connecting pipe (Da25.4(1) X OD25.4(1)) P72.P96 1pc.
 - Elbow (Da25.4(1) X OD25.4(1) X OD25.4(1) X OD25.4(1)) P72 1pc.
 - Pipe (Da25.4(1) X OD25.4(1) X OD25.4(1) X OD25.4(1)) P96 1pc.
 - Pipe (Da19.52(3/8) X OD19.52(3/8)) P72.P96 1pc.

Note 1 Please refer to (22) for information regarding necessary spacing around the unit and foundation work.
2 At brazing of pipes, keep the temperature of wet cloth and keep the temperature of refrigerant service valve under 120°C (248°F).

NO.	Usage	Specifications
①	Front through hole	102 X 72 Knockout hole (4-1/32, 2-27/32)
②	Bottom through hole	150 X 92 Knockout hole (5-29/32(3-5/8))
③	Front through hole	ø62.7 or ø34.5 Knockout hole (2-1/32, 1-1/8)
④	Front through hole	ø43.7 or ø22.2 Knockout hole (1-3/4, 7/8)
⑤	Bottom through hole	ø32 Knockout hole (2-1/8)
⑥	For transmission cables	ø34 Knockout hole (1-11/32)



Connecting pipe specifications

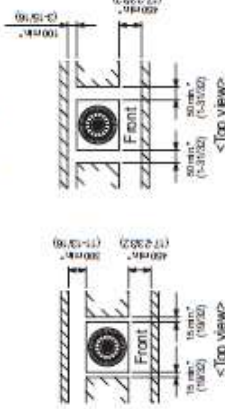
Model	Position of trimons for the refrigerant service valve		Connection specifications for the refrigerant service valve *1	
	Liquid A	Gas B	Liquid	Gas
PUHY-P72THMU	142 (5-19/32)	170 (6-23/32)	ø19.52 Brazeed (3/8)	ø19.05 Brazeed (3/4)
PUHY-P96THMU		172 (6-25/32)	ø19.52 Brazeed (ø12.7 Brazeed) ² (1/2)	ø22.2 Brazeed (7/8)

*1 Connect by using the connecting pipes (for bottom piping and front piping) that are supplied.
*2 Total length ≤ 9.0m

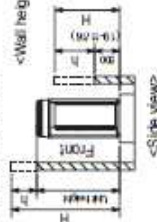
1.Required space around the unit

● In case of single installation

- ① Secure enough space around the unit as shown in the figure below.
 - With a space of at least 300mm (11-13/16) to the wall on the back of the unit.
 - With a space of at least 100mm (3-15/16) to the wall on the back of the unit.



- ② When the height of the walls on the front, back or on the sides <H> exceeds the wall height limit as defined below add the height that exceeds the height limit <H> to the figures that are marked with an asterisk.



2.Foundation work

- ① Take into consideration the surface strength, water drainage route, piping route, and wiring route when preparing the installation site.
 - <Note that the drain water comes out of the unit during operation.>
- ② Build the foundation in such way that the corner of the installation leg is securely supported as shown in the right figure. (Fig.A)
When using a rubber isolating cushion, please ensure it is large enough to cover the entire width of each of the unit's legs.
- ③ The protrusion length of the anchor bolt must not exceed 30mm (1-3/16). (Fig.A)
- ④ Use four fixing plates as shown in the right figure <field supply required> when using push-installed anchor bolts. (Fig.B)
- ⑤ To prevent small animals and water from entering the unit and damaging its parts, close the gap around the edges of through holes for pipes and wires with filler plates <field supply required>.
- ⑥ When the pipes or cables are routed at the bottom of the unit, make sure that the through hole at the base of the unit does not get blocked with the installation base.
- ⑦ Refer to the Installation Manual when installing units on an installation base.

● In case of collective installation

- ① When multiple units are installed adjacent to each other, secure enough space to allow for air circulation and walkway between groups of units as shown in the figures below.
- ② At least two sides must be left open.
- ③ As with the single installation, add the height that exceeds the height limit <H> to the figures that are marked with an asterisk.

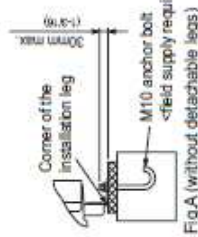
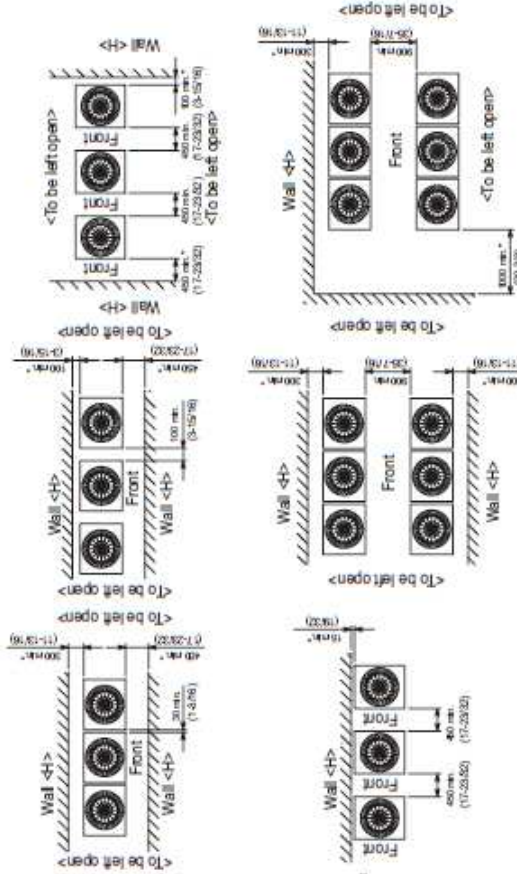


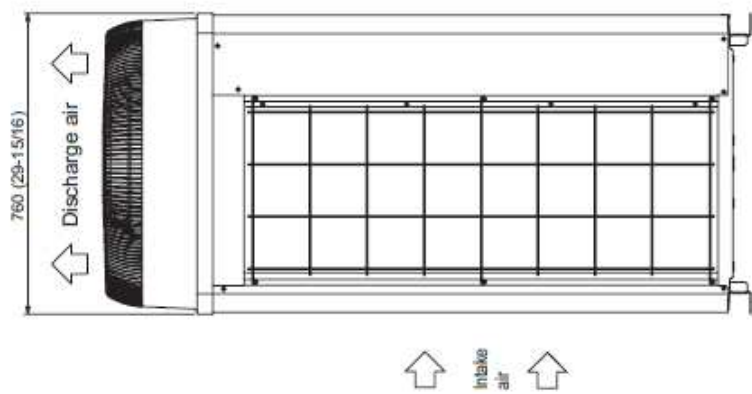
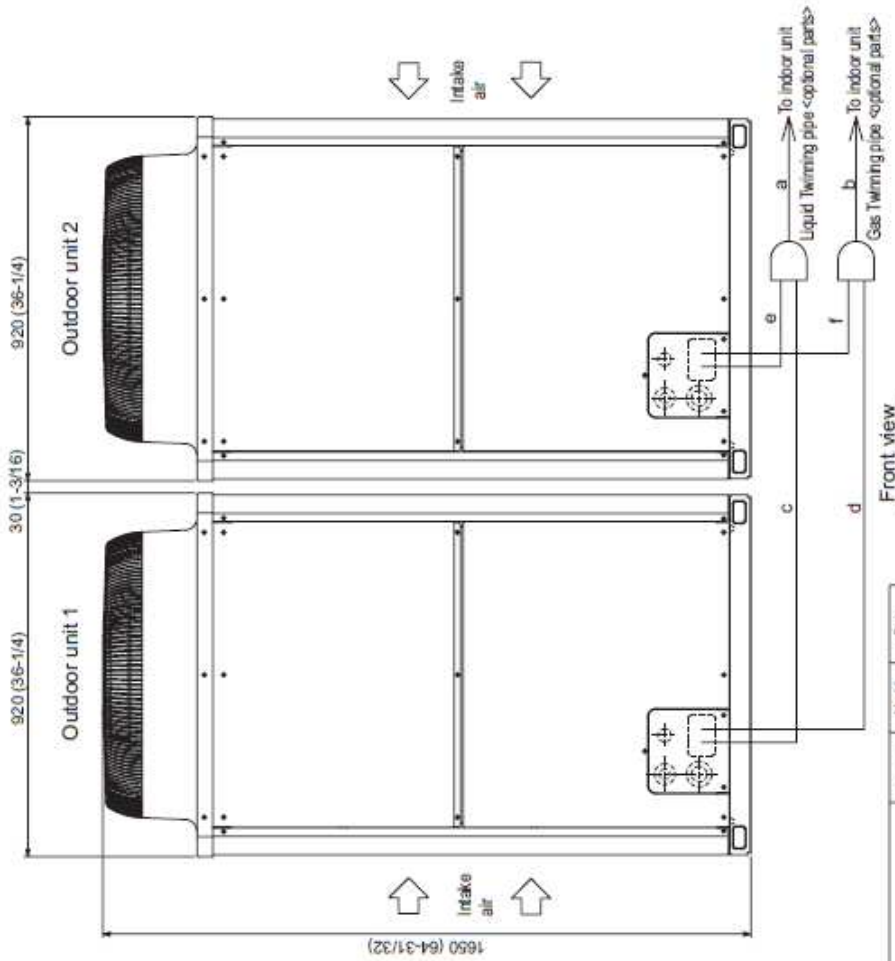
Fig.A (without detachable legs)



Fig.B (without detachable legs)

PUHY-P144,168TSHMU-A(-BS)

Ref.: PUHY_TSHMU_EXD_USDB_P144-168
Unit: mm(in)



Left view

Twining pipe connection size

Package unit name	PUHY-P144TSHMU-A(-BS)	PUHY-P168TSHMU-A(-BS)
Outdoor unit 1	PUHY-P144TSHMU-A(-BS)	PUHY-P168TSHMU-A(-BS)
Outdoor unit 2	PUHY-P144TSHMU-A(-BS)	PUHY-P168TSHMU-A(-BS)
Outdoor Twining X1 (optional parts)	CMY-320N/BQ2	
Indoor unit - Twining pipe	Liquid	ø15.88 (5/8)
	Gas	ø28.58 (1-1/8)

Unit model	Liquid	Gas
P72	c or e ø15.88 (5/8)	d or f ø28.58 (1-1/8)
P96	e or e ø15.88 (5/8)	d or f ø28.58 (1-1/8)

- Note 1. Connect the pipes as shown in the figure above. Refer to the table above for the pipe size.
 2. Twining pipes should not be filled more than 15 degrees from the horizontal plane.
 Be sure to see the Installation Manual for details of Twining pipe installation.
 3. The pipe section before the Twining pipe (sections "a" and "b" in the figure) must have at least 500mm (19-11/16) of straight section ("including the straight pipe that is supplied with the Twining pipe).
 4. Only use the Twining pipe by Mitsubishi (optional parts).

APÉNDICE 31

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS UNIDADES INTERIORES

UNIDAD DE TUMBADO

36,000 BTU/H

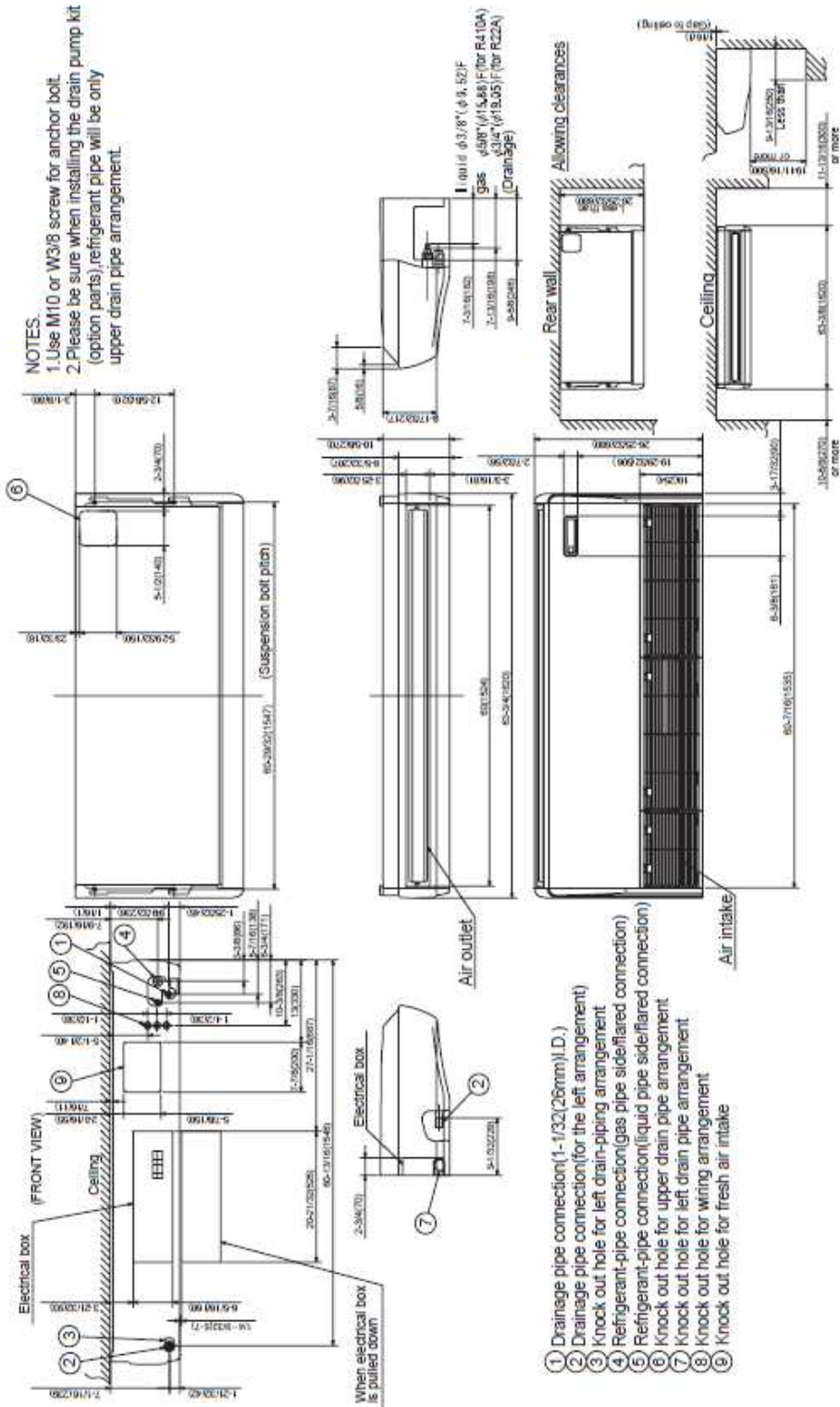
Model		PCFY-P15NGMU-E	PCFY-P24NGMU-E	PCFY-P30NGMU-E	PCFY-P36NGMU-E		
Power source		1-phase 208-230 V 60Hz					
Cooling capacity (Nominal)	*1 BTU/h	15,000	24,000	30,000	36,000		
	*1 kW	4.4	7.0	8.8	10.6		
	Power input	kW	0.08	0.09	0.23	0.27	
	Current input	A	0.40	0.45	1.12	1.32	
Heating capacity (Nominal)	*2 BTU/h	17,000	27,000	34,000	40,000		
	*2 kW	5.0	7.9	10.0	11.7		
	Power input	kW	0.08	0.09	0.23	0.27	
	Current input	A	0.40	0.45	1.12	1.32	
External finish		Polyester painted steel sheet, Rastic 0.70Y 8.59/0.97					
External dimension H x W x D		in.	9-9/32 x 39-3/8 x 26-25/32	9-9/32 x 51-19/32 x 26-25/32	10-21/32 x 51-19/32 x 26-25/32	10-21/32 x 63-25/32 x 26-25/32	
		mm	210 x 1,000 x 680	210 x 1,310 x 680	270 x 1,310 x 680	270 x 1,620 x 680	
Net weight		lbs (kg)	60 (27)	75 (34)	82 (37)	95 (43)	
Heat exchanger		Cross fin					
FAN	Type x Quantity		Sirocco fan x 2	Sirocco fan x 3	Sirocco fan x 3	Sirocco fan x 4	
	External static press	in.WG	0.000 (208V)	0.000 (208V)	0.000 (208V)	0.000 (208V)	
		Pa	0	0	0	0	
		in.WG	0.000 (230V)	0.000 (230V)	0.000 (230V)	0.000 (230V)	
		Pa	0	0	0	0	
	Motor type		1-phase induction motor				
	Motor output		kW	0.054	0.070	0.090	0.150
	Driving mechanism		Direct-driven				
	Airflow rate (Low-Mid1-Mid2-High)	cfm	283-353-389-424	424-494-565-636	636-706-812-883	918-989-1,130-1,236	
		m ³ / min	8.0-10.0-11.0-12.0	12.0-14.0-16.0-18.0	18.0-20.0-23.0-25.0	26.0-28.0-32.0-35.0	
L / s		133-167-183-200	200-233-267-300	300-333-383-417	433-467-533-583		
Noise level (Low-Mid1-Mid2-High) (measured in anechoic room)	dB <A>	29-33-36-38 (208-230V)	32-34-37-39 (208-230V)	36-38-41-43 (208-230V)	37-39-42-44 (208-230V)		
	dB <A>	-	-	-	-		
	dB <A>	-	-	-	-		
Insulation material		PS foam, Polyethylene foam					
Air filter		PP honeycomb (anti-virus type)					
Protection device		Fuse					
Refrigerant control device		LEV					
Connectable outdoor unit		R410A/R22 CITY MULTI					
Diameter of refrigerant pipe (O.D.)	Liquid (R410A) (R22)	in. (mm)	1/4 (6.35) Flare	3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare	
		in. (mm)	1/4 (6.35) Flare	3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare	
	Gas (R410A) (R22)	in. (mm)	1/2 (12.7) Flare	5/8 (15.88) Flare	5/8 (15.88) Flare	5/8 (15.88) Flare	
		in. (mm)	1/2 (12.7) Flare	5/8 (15.88) Flare	5/8 (15.88) Flare	3/4 (19.05) Flare	
Diameter of drain pipe		in. (mm)	(VP-20)	(VP-20)	(VP-20)	(VP-20)	
Drawing	External	RG01N982-01	RG01N982-02	RG01N982-03	RG01N982-04		
	Wiring	RG79Y106	RG79Y106	RG79Y106	RG79Y106		
	Refrigerant cycle	-	-	-	-		
Standard attachment		Document Accessory Installation Manual, Installation Book					
Optional parts	External Heater Adaptor	PAC-YU24HT-F	PAC-YU24HT-F	PAC-YU24HT-F	PAC-YU24HT-F		
	Medium efficiency filter	PAC-SE80KF-E	PAC-SE81KF-E	PAC-SE81KF-E	PAC-SE82KF-E		
Remark							
Installation		Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual.					

Note :	*1 Nominal cooling conditions	*2 Nominal heating conditions	Unit converter kcal/h = kW x 960 BTU/h = kW x 3,412 cfm = m ³ /min x 35.31 lbs = kg / 0.4536 *Above specification data is subject to rounding variation.
	Indoor : 80degF D.B. / 67degF W.B. (26.7degC D.B. / 19.4degC W.B.)	70degF D.B. (21.1degC D.B.)	
	Outdoor : 95degF D.B. (35degC D.B.)	47degF D.B. / 43degF W.B. (8.3degC D.B. / 6.1degC W.B.)	
	Pipe length : 25 ft. (7.6 m)	25 ft. (7.6 m)	
	Level difference : 0 ft. (0 m)	0 ft. (0 m)	
*Due to continuing improvement, above specification may be subject to change without notice.			

PCFY-P36NGMU-E

Drw. : IU-RG01N982-04
Unit : in(mm)

NOTES.
1. Use M10 or W3/8 screw for anchor bolt.
2. Please be sure when installing the drain pump kit (option parts), refrigerant pipe will be only upper drain pipe arrangement.



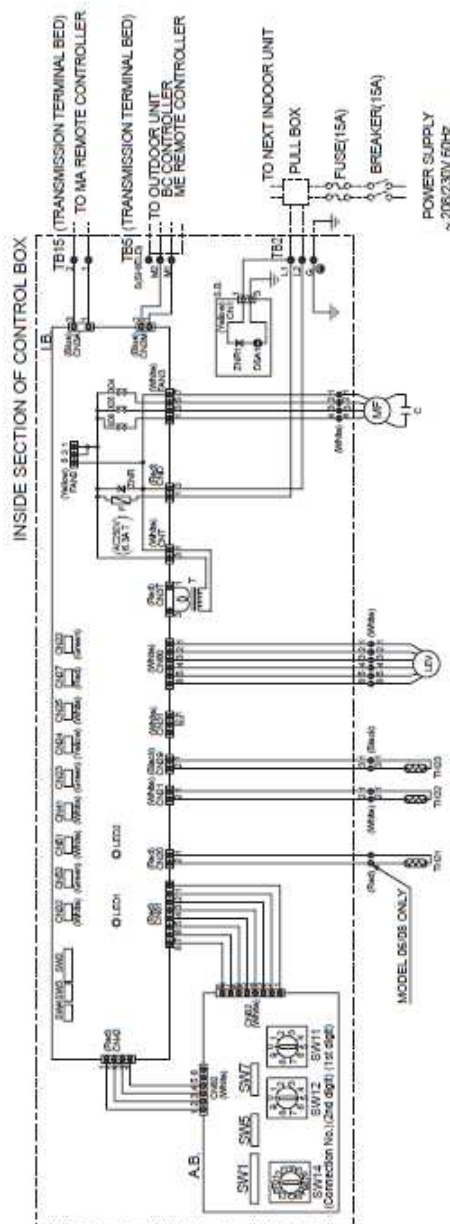
UNIDAD DE PISO CUBIERTA

24,000 BTU/H

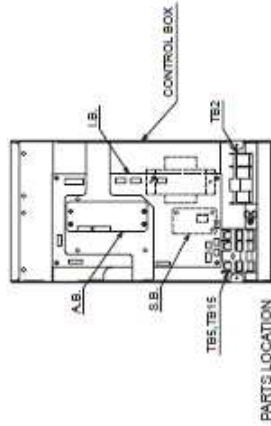
Model		PFFY-P18NRMU-E	PFFY-P24NRMU-E	
Power source		1-phase 208/230 V 60Hz		
Cooling capacity (Nominal)	*1 BTU/h	18,000	24,000	
	*1 kW	5.3	7.0	
	Power input	0.078/0.093	0.096/0.114	
	Current input	A	0.47/0.51	
Heating capacity (Nominal)	*2 BTU/h	20,000	27,000	
	*2 kW	5.9	7.9	
	Power input	0.078/0.093	0.096/0.114	
	Current input	A	0.47/0.51	
External finish		Galvanized		
External dimension H x W x D		in. 25-3/16 x 49-1/16 x 8-11/16	25-3/16 x 49-1/16 x 8-11/16	
		mm 639 x 1,246 x 220	639 x 1,246 x 220	
Net weight		lbs (kg) 56 (25)	60 (27)	
Heat exchanger		Cross fin(Aluminium fin and copper tube)		
FAN	Type x Quantity	Sirocco fan x 2		
	External static press	in.WG	-	-
		Pa	-	-
	Motor type	1-phase induction motor		
	Motor output	kW	0.035	0.063
	Driving mechanism	Direct-driven		
	Airflow rate (Low-High)	cfm	353-459	353-494
m ³ /min		10.0-13.0	10.0-14.0	
L/s		167-217	167-233	
Noise level (Low-High) (measured in anechoic room)	dB <A>	38-43 (208V)	40-46 (208V)	
	dB <A>	38-43 (230V)	40-46 (230V)	
	dB <A>	-	-	
Insulation material		Polyethylene foam,Urethane foam		
Air filter		Standard filter		
Protection device		Fuse		
Refrigerant control device		LEV		
Connectable outdoor unit		R410A,R22 CITY MULTI		
Diameter of refrigerant pipe (O.D.)	Liquid (R410A) (R22)	in. (mm)	1/4 (6.35) Flare	3/8 (9.52) Flare
			3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare
	Gas (R410A) (R22)	in. (mm)	1/2 (12.7) Flare	5/8 (15.88) Flare
			5/8 (15.88) Flare	5/8 (15.88) Flare
Diameter of drain pipe		in. (mm)	Accessory hose 1-3/32 (27) (top end: 13/16 (20))	
Drawing	External	W660126		
	Wiring	W660133		
	Refrigerant cycle	-		
Standard attachment	Document	Installation Manual,Installation Book		
	Accessory			
Optional parts	External Heater Adaptor	PAC-YU24HT-F	PAC-YU24HT-F	
Remark				
Installation		Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual.		

Note :	*1 Nominal cooling conditions	*2 Nominal heating conditions	Unit converter
	Indoor : 80degF D.B. / 67degF W.B. (26.7degC D.B. / 19.4degC W.B.)	70degF D.B. (21.1degC D.B.)	kcal/h = kW x 860
	Outdoor : 95degF D.B. (35degC D.B.)	47degF D.B. / 43degF W.B. (8.3degC D.B. / 6.1degC W.B.)	BTU/h = kW x 3,412
	Pipe length : 25 ft. (7.6 m)	25 ft. (7.6 m)	cfm = m ³ /min x 35.31
	Level difference : 0 ft. (0 m)	0 ft. (0 m)	lbs = kg / 0.4536
			*Above specification data is subject to rounding variation.

*Due to continuing improvement, above specification may be subject to change without notice.



NOTE:1. The wirings to TB2, TB5, TB15 shown in chained line are field work.
 2. Mark (M) indicates terminal bed, (C) connector, (B) board insertion connector or fastening connector of control board.



PARTS LOCATION

SYMBOL EXPLANATION

SYMBOL	NAME	SYMBOL	NAME	SYMBOL	NAME
MF	Fan motor	LED1	Power supply (I.B.)	TH-Q1	Thermistor (inlet temp. detection)
C	Capacitor (for MF)	LED2	Power supply (Remote control)	TH-Q2	Thermistor (piping temp. detection/liquid)
I.B.	Indoor controller board	CN02	Connector	TH-Q3	Thermistor (piping temp. detection/gas)
A.B.	Address board	CN03	Connector	SW11(A,B)	Switch (1st digit address set)
TB2	Power source terminal bed	CN04	Connector	SW12(A,B)	Switch (2nd digit address set)
TB5	Transmission terminal bed	CN05	Connector	SW13(A,B)	Switch (connection No.24)
TB15	Transmission terminal bed	CN07	Connector	SW14(A,B)	Switch (for mode selection)
F	Fuse-AC250V 5.3A T	CN08	Connector (Centrally control)	SW5(A,B)	Switch (for voltage selection)
T	Transformer	CN09	Connector (H-A terminal-A)	SW7(A,B)	Switch (for model selection)
LEV	Electronic linear expansion valve	CN11	Connector (Centrally control)	SW20(B)	Switch (for capacity code)
S.B.	Surge absorber board	CN12	Connector (Remote indication)	SW3(B)	Switch (for mode selection)
X24-05	Aur relay	ZNR_ZNR1	Varistor	SW4(B)	Switch (for mode selection)

UNIDAD DE PISO CUBIERTA

12,000 BTU/H Y 8,000 BTU/H

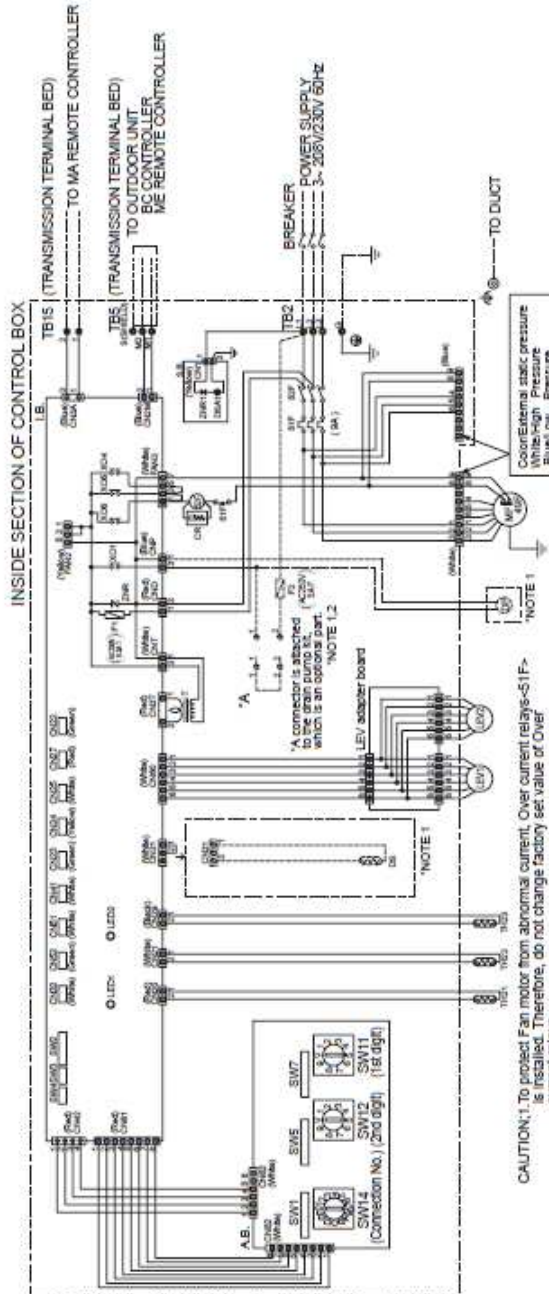
Model		PFY-P06NRMU-E	PFY-P08NRMU-E	PFY-P12NRMU-E	PFY-P15NRMU-E	
Power source		1-phase 208/230 V 60Hz				
Cooling capacity (Nominal)	*1 BTU/h	6,000	8,000	12,000	15,000	
	*1 kW	1.8	2.3	3.5	4.4	
	Power input	0.051/0.061	0.051/0.061	0.055/0.067	0.065/0.078	
	Current input	A	0.25/0.27	0.27/0.30	0.32/0.35	
Heating capacity (Nominal)	*2 BTU/h	6,700	9,000	13,500	17,000	
	*2 kW	2.0	2.6	4.0	5.0	
	Power input	0.051/0.061	0.051/0.061	0.055/0.067	0.065/0.078	
	Current input	A	0.25/0.27	0.27/0.30	0.32/0.35	
External finish		Galvanized				
External dimension H x W x D	in.	25-3/16 x 34-29/32 x 8-11/16	25-3/16 x 34-29/32 x 8-11/16	25-3/16 x 39-5/8 x 8-11/16	25-3/16 x 39-5/8 x 8-11/16	
	mm	639 x 886 x 220	639 x 886 x 220	639 x 1,006 x 220	639 x 1,006 x 220	
Net weight	lbs (kg)	41 (19)	41 (19)	45 (20)	47 (21)	
Heat exchanger		Cross fin(Aluminium fin and copper tube)				
FAN	Type x Quantity		Sirocco fan x 1	Sirocco fan x 1	Sirocco fan x 2	Sirocco fan x 2
	External static press	in.WG	-	-	-	-
		Pa	-	-	-	-
	Motor type		1-phase induction motor			
	Motor output	kW	0.015	0.015	0.018	0.030
	Driving mechanism		Direct-driven			
	Airflow rate (Low/High)	cfm	194-229	194-229	247-317	300-388
		m ³ / min	5.5-6.5	5.5-6.5	7.0-9.0	8.5-11.0
		L / s	92-108	92-108	117-150	142-183
Noise level (Low/High) (measured in anechoic room)	dB <A>	36-41 (208V)	36-41 (208V)	37-41 (208V)	38-43 (208V)	
	dB <A>	36-41 (230V)	36-41 (230V)	37-41 (230V)	38-43 (230V)	
	dB <A>	-	-	-	-	
Insulation material		Polyethylene foam,Urethane foam				
Air filter		Standard filter				
Protection device		Fuse				
Refrigerant control device		LEV				
Connectable outdoor unit		R410A CITY MULTI	R410A CITY MULTI	R410A/R22 CITY MULTI	R410A,R22 CITY MULTI	
Diameter of refrigerant pipe (O.D.)	Liquid (R410A) (R2.2)	in. (mm)	1/4 (6.35) Flare	1/4 (6.35) Flare	1/4 (6.35) Flare	1/4 (6.35) Flare
		Gas (R410A) (R2.2)	in. (mm)	1/2 (12.7) Flare	1/2 (12.7) Flare	1/2 (12.7) Flare
Diameter of drain pipe		in. (mm) Accessory hose 1-3/32 (27) (top end : 13/16 (20))				
Drawing	External		W660126			
	Wiring		W660133			
	Refrigerant cycle		-			
Standard attachment		Document Installation Manual,Installation Book				
Optional parts	External Heater Adaptor	PAC-YU24HT-F	PAC-YU24HT-F	PAC-YU24HT-F	PAC-YU24HT-F	
Remark						
Installation		Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual.				

Note	*1 Nominal cooling conditions	*2 Nominal heating conditions	Unit converter
	Indoor : 80degF D.B. / 67degF W.B. (26.7degC D.B. / 19.4degC W.B.)	70degF D.B. (21.1degC D.B.)	kcal/h = kW x 860
	Outdoor : 95degF D.B. (35degC D.B.)	47degF D.B. / 43degF W.B. (8.3degC D.B. / 6.1degC W.B.)	BTU/h = kW x 3,412
	Pipe length : 25 ft. (7.6 m)	25 ft. (7.6 m)	cfm = m ³ /min x 35.31
	Level difference : 0 ft. (0 m)	0 ft. (0 m)	lbs = kg / 0.4536
			*Above specification data is subject to rounding variation.
*Due to continuing improvement, above specification may be subject to change without notice.			

UNIDAD TIPO FAN COIL

96,000 BTU/H Y 72,000 BTU/H

Model		PEFY-P72NMHU-E	PEFY-P96NMHU-E		
Power source		3-phase 208/230 V 60Hz			
Cooling capacity (Nominal)	*1 BTU / h	72,000	96,000		
	*1 kW	21.1	28.1		
	Power input	1.352/1.495	1.690/1.870		
	Current input	4.48/4.94	5.69/6.28		
Heating capacity (Nominal)	*2 BTU / h	80,000	108,000		
	*2 kW	23.4	31.7		
	Power input	1.352/1.495	1.690/1.870		
	Current input	4.48/4.94	5.69/6.28		
External finish		Galvanized			
External dimension H x W x D		in. 18-17/32 x 49-7/32 x 44-1/8	18-17/32 x 49-7/32 x 44-1/8		
		mm 470 x 1,250 x 1,120	470 x 1,250 x 1,120		
Net weight		lbs (kg) 221 (100)	221 (100)		
Heat exchanger		Cross fin(Aluminium fin and copper tube)			
FAN	Type x Quantity		Sirocco fan x 2	Sirocco fan x 2	
	External static press	in.WG	0.281-0.642 (208V)	0.281-0.642 (208V)	
		Pa	70-160	70-160	
		in.WG	0.401-0.803 (230V)	0.401-0.803 (230V)	
		Pa	100-200	100-200	
	Motor type		3-phase induction motor		
	Motor output		kW 0.650	0.850	
	Driving mechanism		Direct-driven		
	Airflow rate	cfm	2,048	2,541	
		m ³ / min	58.0	72.0	
L / s		967	1,200		
Noise level (measured in anechoic room)	dB <A>	45 (208V)	52 (208V)		
	dB <A>	47 (230V)	54 (230V)		
	dB <A>	-	-		
Insulation material		Polystyrene foam, Polyethylene foam, Urethane foam			
Air filter		Standard filter			
Protection device		Fuse			
Refrigerant control device		LEV			
Connectable outdoor unit		R410A/R22 CITY MULTI			
Diameter of refrigerant pipe (O.D.)	Liquid (R410A) (R22)	in. (mm)	3/8 (9.52) Brazed	3/8 (9.52) Brazed	
			1/2 (12.7) Brazed	1/2 (12.7) Brazed	
	Gas (R410A) (R22)	in. (mm)	3/4 (19.05) Brazed	7/8 (22.2) Brazed	
			1 (25.4) Brazed	1-1/8 (28.58) Brazed	
Diameter of drain pipe		in. (mm) 1-9/32 (32)	1-9/32 (32)		
Drawing	External	W277665			
	Wiring	W660130			
	Refrigerant cycle	-			
Standard attachment		Installation Manual, Installation Book			
	Accessory	Drain hose VP-25(flexible joint)			
Optional parts	Drain pump kit	PAC-KE04DM-F	PAC-KE04DM-F		
	External Heater Adaptor	PAC-YU24HT-F	PAC-YU24HT-F		
	Filter box	PAC-KE250TB-F	PAC-KE250TB-F		
	Long life filter	PAC-KE85LAF	PAC-KE85LAF		
Remark					
Installation		Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual.			
Note:		*1 Nominal cooling conditions	*2 Nominal heating conditions	Unit converter	
		Indoor : 80degF D.B. / 67degF W.B. (26.7degC D.B. / 19.4degC W.B.)	70degF D.B. (21.1degC D.B.)	kcal/h = kW x 860	
		Outdoor : 95degF D.B. (35degC D.B.)	47degF D.B. / 4.3degF W.B. (8.3degC D.B. / 6.1degC W.B.)	BTU/h = kW x 3,412	
		Pipe length : 25 ft. (7.6 m)	25 ft. (7.6 m)	cfm = m ³ /min x 35.31	
		Level difference : 0 ft. (0 m)	0 ft. (0 m)	lbs = kg / 0.4536	
				*Above specification data is subject to rounding variation.	
*Due to continuing improvement, above specification may be subject to change without notice.					



CAUTION: 1. To protect Fan motor from abnormal current, Over current relays-S1F-> is installed. Therefore, do not change factory set value of Over current relays.
 2. 'A' in the chart is the connector for a drain pump test run operation. (The Drain Pump operates continuously if the connector is inserted and the power is supplied).
 After the test run, make sure to remove the 'A' connector.
 3. The settings of TB2, TB15 (shown in chart) are field work.
 4. Make sure to connect the connector of the board insertion connector or fastening connector of control board.

SYMBOL EXPLANATION

SYMBOL	NAME	SYMBOL	NAME
MF	Fan motor	T-H1	Thermistor (inlet temp. detection)
MP	Motor controller board	T-H2	Thermistor (piping temp. detection/liquid)
A.B	Address board	T-H3	Thermistor (piping temp. detection/gas)
LED1	Power source terminal led	SW1(A,B)	Switch (1st digit address set)
LED2	Power source terminal led	SW2(A,B)	Switch (2nd digit address set)
TB2	Transmission terminal led	SW3(A,B)	Switch (connection No. set)
TB15	Transmission terminal led	SW4(A,B)	Switch (for mode selection)
F1	Fuse AC250V 5.3A T	SW5(A,B)	Switch (for mode selection)
<F2>	Fuse AC250V 5A F	SW7(A,B)	Switch (for mode selection)
T	Transformer	SW2(L,B)	Switch (for capacity code)
<DP>	Drain pump	SW3(L,B)	Switch (for mode selection)
LEV1,LEV2	Electronic linear expansion valve	SW4(L,B)	Switch (for mode selection)
<DS>	Drain sensor	SW5(L,B)	Switch (for mode selection)
S.B	Surge absorber board	4SR	Aux relay
ZUR, ZUR1	Varistor	4SF	Linear thermostat

Inside <- -> is the optional parts.

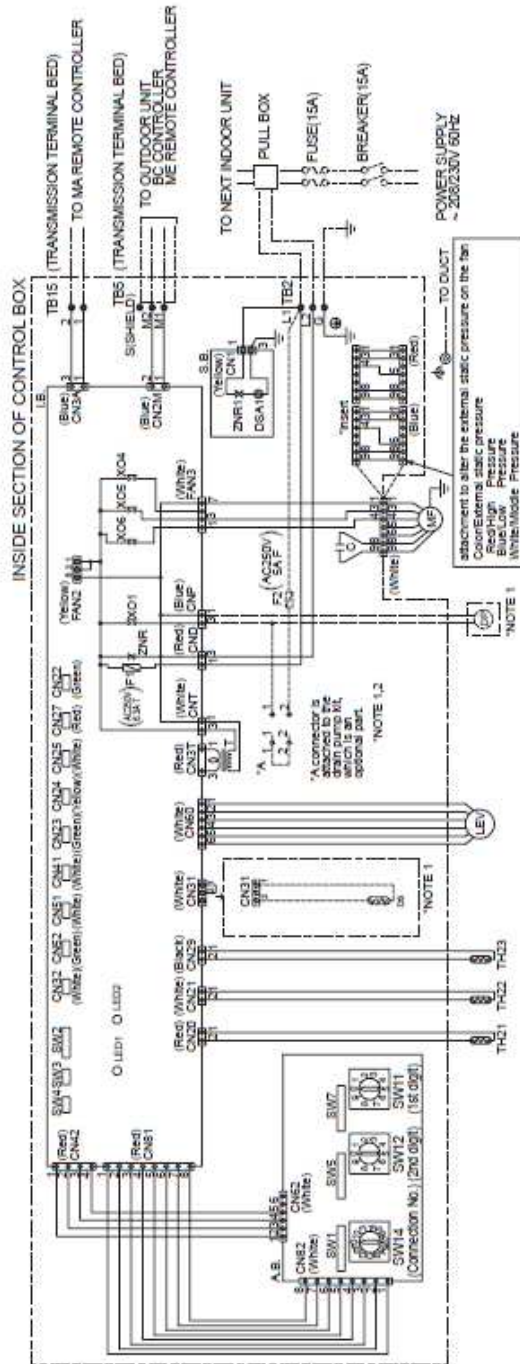
UNIDAD TIPO FAN COIL

54,000 BTU/H

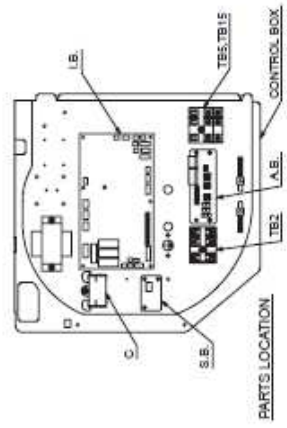
Model		PEFY-P30NMHU-E	PEFY-P36NMHU-E	PEFY-P48NMHU-E	PEFY-P54NMHU-E		
Power source		1-phase 208/230 V 60Hz					
Cooling capacity (Nomina)	*1 BTU / h	30,000	36,000	48,000	54,000		
	*1 kW	8.8	10.6	14.1	15.8		
	Power input	0.326/0.360	0.683/0.754	0.683/0.754	0.695/0.767		
	Current input	1.66/1.83	3.38/3.73	3.38/3.73	3.43/3.78		
Heating capacity (Nomina)	*2 BTU / h	34,000	40,000	54,000	60,000		
	*2 kW	10.0	11.7	15.8	17.6		
	Power input	0.326/0.360	0.683/0.754	0.683/0.754	0.695/0.767		
	Current input	1.66/1.83	3.38/3.73	3.38/3.73	3.43/3.78		
External finish		Galvanized					
External dimension H x W x D		in.	14-31/32 x 39-3/8 x 35-7/16	14-31/32 x 47-1/4 x 35-7/16	14-31/32 x 47-1/4 x 35-7/16	14-31/32 x 47-1/4 x 35-7/16	
		mm	380 x 1,000 x 900	380 x 1,200 x 900	380 x 1,200 x 900	380 x 1,200 x 900	
Net weight		lbs (kg)	111 (50)	155 (70)	155 (70)	155 (70)	
Heat exchanger		Cross fin/Aluminium fin and copper tube					
FAN	Type x Quantity		Sirocco fan x 1	Sirocco fan x 2	Sirocco fan x 2	Sirocco fan x 2	
	External static press	in.WG	N/A-0.201-0.642 (208V)	N/A-0.201-0.642 (208V)	N/A-0.201-0.642 (208V)	N/A-0.201-0.642 (208V)	
		Pa	N/A-50-160	N/A-50-160	N/A-50-160	N/A-50-160	
		in.WG	0.401-0.602-0.803 (230V)	0.401-0.602-0.803 (230V)	0.401-0.602-0.803 (230V)	0.401-0.602-0.803 (230V)	
		Pa	100-150-200	100-150-200	100-150-200	100-150-200	
	Motor type		1-phase induction motor				
	Motor output		kW	0.230	0.400	0.400	0.400
	Driving mechanism		Direct-driven				
	Airflow rate (Low/High)	cfm	636-683	936-1,342	936-1,342	969-1,412	
		m ³ / min	18.0-25.0	26.5-38.0	26.5-38.0	28.0-40.0	
L / s		300-417	442-633	442-633	467-667		
Noise level (Low/High) (measured in anechoic room)	dB <A>	33-40 (208V)	31-41 (208V)	31-41 (208V)	31-41 (208V)		
	dB <A>	38-43 (230V)	38-44 (230V)	38-44 (230V)	38-44 (230V)		
	dB <A>	-	-	-	-		
Insulation material		Polyethylene foam, Polyethylene foam, Urethane foam					
Air filter		Standard filter					
Protection device		Fuse					
Refrigerant control device		LEV					
Connectable outdoor unit		R410A, R22 CITY MULTI					
Diameter of refrigerant pipe (O.D.)	Liquid (R410A) (R22)	in. (mm)	3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare	
			3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare	
	Gas (R410A) (R22)	in. (mm)	5/8 (15.88) Flare	5/8 (15.88) Flare	5/8 (15.88) Flare	5/8 (15.88) Flare	
			5/8 (15.88) Flare	3/4 (19.05) Flare	3/4 (19.05) Flare	3/4 (19.05) Flare	
Diameter of drain pipe		in. (mm)	1-9/32 (32)	1-9/32 (32)	1-9/32 (32)	1-9/32 (32)	
Drawing	External		WZ77664				
	Wiring		W660134				
	Refrigerant cycle		-				
Standard attachment	Document		Installation Manual, Installation Book				
	Accessory		Drain hose VP-25 (flexible joint)				
Optional parts	Drain pump kit		PAC-KE04DM-F	PAC-KE04DM-F	PAC-KE04DM-F	PAC-KE04DM-F	
	External Heater Adaptor		PAC-YU24HT-F	PAC-YU24HT-F	PAC-YU24HT-F	PAC-YU24HT-F	
	Filter box		PAC-KE80TB-F	PAC-KE140TB-F	PAC-KE140TB-F	PAC-KE140TB-F	
	Long life filter		PAC-KE89LAF	PAC-KE89LAF	PAC-KE89LAF	PAC-KE89LAF	
Remark							
Installation		Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual.					
Note :		*1 Nominal cooling conditions	*2 Nominal heating conditions	Unit converter			
		Indoor : 80degF D.B. / 67degF W.B. (26.7degC D.B. / 19.4degC W.B.)	70degF D.B. (21.1degC D.B.)	kcal/h = kW x 860			
		Outdoor : 95degF D.B. (35degC D.B.)	47degF D.B. / 43degF W.B. (8.3degC D.B. / 6.1degC W.B.)	BTU/h = kW x 3,412			
		Pipe length : 25 ft. (7.6 m)	25 ft. (7.6 m)	cfm = m ³ /min x 35.31			
		Level difference : 0 ft. (0 m)	0 ft. (0 m)	lbs = kg / 0.4536			
		*Above specification data is subject to rounding variation.					
*Due to continuing improvement, above specification may be subject to change without notice.							

PEFY-P15,18,24,27,30,36,48,54NMHU-E

Draw : IU-W60134



- NOTE: 1. The part of the broken line indicates the circuit for optional parts.
 2. 'A' in the chart is the connector for a drain pump test run operation. (The Drain Pump operates continuously if the connector is inserted and the power is supplied).
 3. The broken line indicates the circuit for optional parts.
 4. Mark (A) indicates terminal bed (A) connector, (B) board insertion connector or fastening connector of control board.



SYMBOL	EXPLANATION	SYMBOL	NAME	SYMBOL	NAME
MF	Fan motor	TH21	Drain sensor	TH21	Thermistor (inlet temp. detection)
C	Capacitor (for MF)	S.B.	Surge absorber board	TH22	Thermistor (room temp. detection/indoor)
L.B.	Indoor controller board	LED1	Power supply (I.B.)	TH23	Thermistor (room temp. detection/indoor)
A.B.	Address board	DN2	Power source terminal bed	SW1(A,B)	Switch (1st digit address set)
TB5	Transmission terminal bed	DN3	Connector	SW2(A,B)	Switch (2nd digit address set)
TB15	Transmission terminal bed	DN34	Connector	SW1(A,B)	Switch (mode selection)
F1	Fuse (AC250V/5SA,T)	DN35	Connector	SW2(A,B)	Switch (mode selection)
F2	Fuse (AC250V/5A,T)	DN37	Connector	SW1(A,B)	Switch for mode selection
T	Transformer	DN32	Connector (Central control)	SW2(A,B)	Switch for mode selection
DP	Drain pump	DN41	Connector (HA terminal-A)	SW1(A,B)	Switch for mode selection
LEV	Electronic linear expansion valve	DN51	Connector (Central control)	SW1(A,B)	Switch for mode selection
ZNR(ZNR)	Relay	DN52	Connector (Remote control)	SW2(A,B)	Switch for mode selection

Inside < > is the optional parts.

UNIDAD TIPO CASSETTE 4 VÍAS

36,000 BTU/H, 30,000 BTU/H, 24,000 BTU/H Y 15,000 BTU/H

Model		PLFY-P24NBMU-E	PLFY-P30NBMU-E	PLFY-P36NBMU-E	
Power source		1-phase 208-230 V 60Hz			
Cooling capacity (Nomina)	*1 BTU/h	24,000	30,000	36,000	
	*1 kW	7.0	8.8	10.5	
	Power input kW	0.06	0.07	0.16	
	Current input A	0.43	0.51	1.07	
Heating capacity (Nomina)	*2 BTU/h	27,000	34,000	40,000	
	*2 kW	7.9	10.0	11.7	
	Power input kW	0.05	0.06	0.15	
	Current input A	0.36	0.43	1.00	
External finish		Galvanized steel sheet			
External dimension H x W x D		in. 10-3/16 x 33-3/32 x 33-3/32	10-3/16 x 33-3/32 x 33-3/32	11-3/4 x 33-3/32 x 33-3/32	
		mm 258 x 840 x 840	258 x 840 x 840	298 x 840 x 840	
Net weight		lbs (kg) 51 (23)	51 (23)	60 (27)	
Decoration panel	Model	PLP-40BAU	PLP-40BAU	PLP-40BAU	
	External finish		MUNSELL (6.4Y 6.9/0.4)		
	Dimension H x W x D	in. 1-3/8 x 37-13/32 x 37-13/32	1-3/8 x 37-13/32 x 37-13/32	1-3/8 x 37-13/32 x 37-13/32	
		mm 35 x 950 x 950	35 x 950 x 950	35 x 950 x 950	
	Net Weight	lbs (kg) 13 (6)	13 (6)	13 (6)	
Heat exchanger		Cross fin			
FAN	Type x Quantity		Turbo fan x 1	Turbo fan x 1	Turbo fan x 1
	External static press	in.WG	0.000 (208V)	0.000 (208V)	0.000 (208V)
		Pa	0	0	0
		in.WG	0.000 (230V)	0.000 (230V)	0.000 (230V)
		Pa	0	0	0
	Motor type		DC motor		
	Motor output kW		0.050	0.050	0.120
	Driving mechanism		Direct-driven		
Airflow rate (Low-Mid2-Mid1-High)	cfm	530 - 565 - 636 - 706	565 - 636 - 706 - 777	777 - 883 - 989 - 1,059	
	m ³ / min	15.0 - 16.0 - 18.0 - 20.0	16.0 - 18.0 - 20.0 - 22.0	22.0 - 25.0 - 28.0 - 30.0	
	L/s	250 - 267 - 300 - 333	267 - 300 - 333 - 367	367 - 417 - 467 - 500	
Sound pressure level (Low-Mid2-Mid1-High) (measured in anechoic room)	dB <A>	28 - 30 - 32 - 34(208-230V)	30 - 32 - 35 - 37(208-230V)	35 - 38 - 41 - 43(208-230V)	
	dB <A>	-	-	-	
	dB <A>	-	-	-	
Insulation material		PS			
Air filter		PP honeycomb (long life filter, anti-bacterial type)			
Protection device		Fuse			
Refrigerant control device		LEV			
Connectable outdoor unit		R410A/R22 CITY MULTI			
Diameter of refrigerant pipe (O.D.)	Liquid (R410A) (R22)	in. (mm)	3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare
			3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare	3/8 (9.52) Flare
	Gas (R410A) (R22)	in. (mm)	5/8 (15.88) Flare	5/8 (15.88) Flare	5/8 (15.88) Flare
			5/8 (15.88) Flare	5/8 (15.88) Flare	3/4 (19.05) Flare
Field drain pipe size		in. (mm) O.D. 1-1/4(32)	O.D. 1-1/4(32)	O.D. 1-1/4(32)	
Standard attachment		Document Accessory Installation Manual, Instruction Book			
Optional parts	Air outlet shutter plate		PAC-SH51SP-E	PAC-SH51SP-E	PAC-SH51SP-E
	High efficiency filter element		PAC-SH59KF-E	PAC-SH59KF-E	PAC-SH59KF-E
	Multi-function casement		PAC-SH53TM-E	PAC-SH53TM-E	PAC-SH53TM-E
	I-see sensor corner panel		PAC-SA1ME-E	PAC-SA1ME-E	PAC-SA1ME-E
	Flange for fresh air intake		PAC-SH65OF-E	PAC-SH65OF-E	PAC-SH65OF-E
Wireless signal receiver		PAR-SF9FA-E	PAR-SF9FA-E	PAR-SF9FA-E	
Remark		Installation			
		Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual.			

Note	*1 Nominal cooling conditions	*2 Nominal heating conditions	Unit converter kcal/h = kW x 860 BTU/h = kW x 3,412 cfm = m ³ /min x 35.31 lbs = kg / 0.4536 *Above specification data is subject to rounding variation.
	Indoor : 80degF D.B. / 67degF W.B. (26.7degC D.B. / 19.4degC W.B.)	70degF D.B. (21.1degC D.B.)	
	Outdoor : 95degF D.B. (35degC D.B.)	47degF D.B. / 43degF W.B. (8.3degC D.B. / 6.1degC W.B.)	
	Pipe length : 25 ft. (7.6 m)	25 ft. (7.6 m)	
	Level difference : 0 ft. (0 m)	0 ft. (0 m)	
*Due to continuing improvement, above specification may be subject to change without notice.			

Model		PLFY-P12NBMU-E	PLFY-P15NBMU-E	PLFY-P18NBMU-E	
Power source		1-phase 208-230 V 60Hz			
Cooling capacity (Nominal)	*1 BTU/h	12,000	15,000	18,000	
	*1 kW	3.5	4.4	5.3	
	Power input kW	0.03	0.04	0.05	
	Current input A	0.22	0.29	0.36	
Heating capacity (Nominal)	*2 BTU/h	13,500	17,000	20,000	
	*2 kW	4.0	5.0	5.9	
	Power input kW	0.02	0.03	0.04	
	Current input A	0.14	0.22	0.29	
External finish		Galvanized steel sheet			
External dimension H x W x D		in. 10-3/16 x 33-3/32 x 33-3/32 10-3/16 x 33-3/32 x 33-3/32 10-3/16 x 33-3/32 x 33-3/32			
		mm 258 x 840 x 840 258 x 840 x 840 258 x 840 x 840			
Net weight		lbs (kg) 49 (22) 49 (22) 51 (23)			
Decoration panel	Model	PLP-40BAU PLP-40BAU PLP-40BAU			
	External finish	MUNSELL (6.4Y 8.90.4)			
	Dimension	in. 1-3/8 x 37-13/32 x 37-13/32 1-3/8 x 37-13/32 x 37-13/32 1-3/8 x 37-13/32 x 37-13/32			
	H x W x D	mm 35 x 950 x 950 35 x 950 x 950 35 x 950 x 950			
	Net Weight	lbs (kg) 13 (6) 13 (6) 13 (6)			
Heat exchanger		Cross fin			
FAN	Type x Quantity	Turbo fan x 1 Turbo fan x 1 Turbo fan x 1			
	External static press	in.WG	0.000 (208V) 0.000 (208V) 0.000 (208V)		
		Pa	0 0 0		
		in.WG	0.000 (230V) 0.000 (230V) 0.000 (230V)		
	Pa	0 0 0			
	Motor type	DC motor			
	Motor output kW	0.050 0.050 0.050			
	Driving mechanism	Direct-driven			
	Airflow rate (Low-Mid2-Mid1-High)	cfm	388 - 424 - 459 - 494 424 - 459 - 494 - 565 494 - 530 - 565 - 636		
		m ³ /min	11.0 - 12.0 - 13.0 - 14.0 12.0 - 13.0 - 14.0 - 16.0 14.0 - 15.0 - 16.0 - 18.0		
L/s		183 - 200 - 217 - 233 200 - 217 - 233 - 267 233 - 250 - 267 - 300			
Sound pressure level (Low-Mid2-Mid1-High) (measured in anechoic room)	dB <A>	27 - 28 - 29 - 31(208-230V) 27 - 28 - 30 - 31(208-230V) 28 - 29 - 30 - 32(208-230V)			
	dB <A>	-			
	dB <A>	-			
Insulation material		PS			
Air filter		PP honeycomb (long life filter, anti-bacterial type)			
Protection device		Fuse			
Refrigerant control device		LEV			
Connectable outdoor unit		R4 10A/R22 CITY MULTI			
Diameter of refrigerant pipe (O.D.)	Liquid (R410A) (R22)	in. (mm)	1/4 (6.35) Flare 1/4 (6.35) Flare 1/4 (6.35) Flare		
			1/4 (6.35) Flare 1/4 (6.35) Flare 3/8 (9.52) Flare		
	Gas (R410A) (R22)	in. (mm)	1/2 (12.7) Flare 1/2 (12.7) Flare 1/2 (12.7) Flare		
			1/2 (12.7) Flare 1/2 (12.7) Flare 5/8 (15.88) Flare		
Field drain pipe size		in. (mm) O.D. 1-1/4(32) O.D. 1-1/4(32) O.D. 1-1/4(32)			
Standard attachment	Document	Installation Manual, Instruction Book			
	Accessory				
Optional parts	Air outlet shutter plate	PAC-SH518P-E	PAC-SH518P-E	PAC-SH518P-E	
	High efficiency filter element	PAC-SH59KF-E	PAC-SH59KF-E	PAC-SH59KF-E	
	Multi-function casement	PAC-SH53TM-E	PAC-SH53TM-E	PAC-SH53TM-E	
	1-see sensor corner panel	PAC-SA1ME-E	PAC-SA1ME-E	PAC-SA1ME-E	
	Flange for fresh air intake	PAC-SH55OF-E	PAC-SH55OF-E	PAC-SH55OF-E	
	Wireless signal receiver	PAR-SP9FA-E	PAR-SP9FA-E	PAR-SP9FA-E	
Remark					
	Installation	Details on foundation work, duct work, insulation work, electrical wiring, power source switch, and other items shall be referred to the Installation Manual.			
Note :		*1 Nominal cooling conditions Indoor : 80degF D.B. / 67degF W.B. (26.7degC D.B. / 19.4degC W.B.) Outdoor : 95degF D.B. (35degC D.B.) Pipe length : 25 ft. (7.6 m) Level difference : 0 ft. (0 m)	*2 Nominal heating conditions 70degF D.B. (21.1degC D.B.) 47degF D.B. / 43degF W.B. (8.3degC D.B. / 6.1degC W.B.) 25 ft. (7.6 m) 0 ft. (0 m)	Unit converter kcal/h = kW x 860 BTU/h = kW x 3,412 cfm = m ³ /min x 35.31 lbs = kg / 0.4536 *Above specification data is subject to rounding variation.	
*Due to continuing improvement, above specification may be subject to change without notice.					

