

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**DISEÑO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACION PARA UNA
EDIFICACION MULTIFUNCIONAL**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

RIVERA RAMOS, LUIS ARTURO

PROMOCION 2009 - I

LIMA - PERU

2012

Dedicatoria:

A mis abuelos, **Victoriano** y **Octavia**, por todo su cariño, dedicación y esfuerzo por mí,

A mi tía y primo, **Miriam** y **Félix**, por haber estado conmigo en todo momento,

y a toda mi familia por su apoyo, en especial a mis tías **Dora** y **Ursina**.

TABLA DE CONTENIDOS

Prólogo	1
Capítulo I: Introducción	3
1.1. Problemática	3
1.2. Objetivo	4
1.3. Justificación	4
1.4. Alcance	5
Capítulo II: Fundamentos de la Climatización	6
2.1. Climatización	6
2.2. Confort Térmico	8
2.2.1. Termorregulación humana y balance energético	9
2.2.2. Condiciones para el confort térmico	12
2.2.3. Índices Ambientales	15
2.3. Psicometría y Carta Psicométrica	17
2.4. Condiciones Exteriores de Diseño	20
2.5. Clasificación de las Ganancias de Calor	21
2.6. Fundamentos de los Sistemas de Climatización	22
2.7. Tipos de Sistemas de Climatización	26
2.7.1. Sistemas Todo Aire	26
2.7.2. Sistemas Todo Agua	28
2.7.3. Sistemas Aire - Agua	30
2.7.4. Sistemas Todo Refrigerante	30
2.8. Equipos de la Refrigeración	32
2.8.1. Condensador	32
2.8.2. Compresores	33
2.8.3. Evaporadores	37
2.8.4. Bombas	38

Capítulo III: Elección del Tipo de Sistema de Climatización	42
3.1. Selección del Tipo de Sistema de Climatización	42
3.2. Descripción del Tipo de Sistema de Climatización elegido	50
Capítulo IV: Diseño del Sistema de Climatización	51
4.1. Generalidades	51
4.2. Parámetros de Diseño	52
4.2.1. Temperatura Exterior del Aire	52
4.2.2. Temperatura Interior del Aire	53
4.2.3. Descripción del Local	53
4.3. Cálculos y Diseño	57
4.3.1. Elección del Método de Cálculo de Carga Térmica	57
4.3.2. Calculo de Carga Térmica	59
4.3.3. Diseño de Ductos y Calculo de caída de Presión	81
4.3.4. Diseño de Tuberías de Agua Helada	86
4.4. Selección de Equipos	88
4.4.1. Selección del Enfriador de Agua (<i>Chiller</i>)	88
4.4.2. Selección de Bombas	92
4.4.3. Selección de Unidades Serpentin Ventilador (Fan Coil) y Unidades Manejadoras de Aire	100
4.5. Especificaciones de Equipos	102
4.5.1. Enfriador de agua (<i>Chiller</i>)	102
4.5.2. Bombas de agua helada	107
4.5.3. Equipos Serpentin Ventilador y Unidades Manejadoras de Aire	109
4.5.3.1. Serpentin Ventilador (Fan Coil)	109
4.5.3.2. Manejadoras de Aire	112
Capitulo V: Costos	142
5.1. Costo de Instalación	142
5.2. Costo de Operación	145
5.3. Costos de Mantenimiento	147

5.4. Costo Total	147
Conclusiones	149
Recomendaciones	152
Bibliografía	154
Planos	
Apéndices	

PRÓLOGO

El presente informe plantea una parte del proyecto del sistema de climatización de una edificación multifuncional, que es el diseño del mismo. Dicha edificación se encuentra ubicada en la ciudad de Lima, y cuenta con cuatro pisos y dos sótanos. El contenido del informe está dividido en 5 capítulos.

En el capítulo 1, **Introducción**, se establece el objetivo y alcance del presente informe de suficiencia. En el capítulo 2, **Fundamentos de la Climatización**, se establece la teoría necesaria y las definiciones relacionadas con los sistemas de climatización.

En el capítulo 3, **Selección del Sistema de Climatización**, se describe las diferentes variantes de los sistemas de climatización todo aire, todo agua y todo refrigerante, las cuales son analizadas, técnica y económicamente, para seleccionar la mejor alternativa para el presente proyecto de climatización, y se hace una breve descripción del sistema de climatización seleccionado.

En el capítulo 4, **Diseño del Sistema de Climatización**, se establecen los parámetros de diseño, para poder estimar la carga térmica de cada ambiente de la edificación.

Posteriormente se va a realizar el diseño de ductos, el cálculo de la caída de presión en los ductos, el diseño de las tuberías de agua helada y el cálculo de caída de presión en bombas. Luego se seleccionada los principales equipos de tipo de sistema elegido, que son el chiller, las bombas, los fancoils y las manejadoras de aire; y finalmente se detallan las especificaciones de los equipos mencionados líneas arriba.

En el capítulo 5, **Costos**, se detalla los costos de instalación, que involucra los materiales, equipos y la instalación propiamente dicha; y los costos de explotación (mantenimiento y operación) por año. Además se menciona los costos administrativos y de ingeniería del proyecto.

Si bien es cierto que el sistema de unidades oficialmente usado en el Perú es el Sistema Internacional de Unidades, en los temas relacionados con la climatización está muy arraigado el uso del Sistema Ingles ya que los principales productores de equipos de climatización se encuentran en países que utilizan el Sistema Ingles, por lo tanto usaremos este sistema pero colocando su equivalencia en el Sistema Internacional de Unidades.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

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

1.1. Problemática

La cercanía de Lima y de toda la franja costera peruana con la línea ecuatorial supone un clima cálido y tropical; Sin embargo, el clima de la ciudad de Lima resulta especialmente particular dada su situación, ya que sorprende por sus extrañas características a pesar de estar ubicada en una zona de clima tropical cálido. La costa central peruana, muestra una serie de microclimas atípicos debido a la influyente y fría corriente de Humboldt que se deriva de la Antártida, la cercanía de la cordillera y la ubicación tropical, dándole a Lima un clima subtropical, desértico y húmedo a la vez. Todo esto hace que la temperatura promedio anual es de 18.5 a 19 °C.

En verano, la temperatura oscila entre 21 y 29 °C; y solamente cuando ocurre el Fenómeno de la Niña, la temperatura en la estación de verano puede superar los 31 °C.

A causa de que en Lima existen condiciones climatológicas calurosas, en las cuales la temperatura llega generalmente a 26 °C, y que en lugares cerrados el cuerpo humano transfiere mayor calor al medio circundante, esto eleva la temperatura en la edificación, ocasionando al ser humano sensaciones de incomodidad como mareos, sofocación, sudoración, malos olores y falta de atención debido a la poca oxigenación en el interior del local cerrado

1.2. Objetivo

El objetivo es diseñar un sistema de climatización para brindar confort térmico a los usuarios en general que harán uso de las instalaciones de la edificación multifuncional; en este sentido el presente trabajo desarrolla paso a paso los cálculos, el diseño y la elaboración del presupuesto del sistema más apropiado, técnica y económicamente, que permita satisfacer los requerimientos de confort planteados para cada ambiente de la edificación multifuncional.

1.3. Justificación

Debido a las temperaturas a las que se llega en la temporada de verano en Lima, se requiere diseñar un sistema de climatización para la edificación multifuncional

para mantener un ambiente confortable térmicamente y saludable, lo cual se lograra controlando la temperatura, humedad, distribución y limpieza para responder a las exigencia del espacio climatizado, y otorgando aire limpio y fresco.

1.4. Alcance

Dentro de la parte mecánica del proyecto, junto con el sistema de climatización, esta la ventilación mecánica la cual no forma parte del presente informe.

La ventilación mecánica incluye la extracción (humos) e inyección de aire en la zona de cocinas, la extracción de monóxido de los sótanos utilizados para estacionamientos, la extracción de olores de los baños y la inyección de aire para una adecuada renovación de la misma en los ambientes a climatizar.

CAPITULO 2

GENERALIDADES DE LA CLIMATIZACIÓN

2.1. Climatización

La climatización es el proceso de tratar o acondicionar el aire de un ambiente controlado, con el fin de establecer y mantener las condiciones requeridas de temperatura, humedad, calidad y movimiento del aire en una aplicación específica.

- La temperatura del aire se controla eliminando calor o agregando calor.
- La humedad del aire se controla agregando o eliminando vapor de agua (humidificación o deshumidificación).
- La calidad del aire que puede definirse como el grado en el que se satisfacen las exigencias del ser humano que son, básicamente, percibir el aire fresco, en lugar de viciado, cargado o irritante; y saber que el riesgo para la salud que pudiera derivarse de la respiración de ese aire sea despreciable. La calidad del aire se controla mediante inyección de aire fresco (exterior) al ambiente climatizado; y además, mediante la filtración de los contaminantes microscópicos, del polvo, de los ácaros de casa, del polen, del pelo de animales y de la eliminación de olores del aire que se encuentran en el interior o exterior

del ambiente para que este sea limpio. Para tener aire de calidad se utiliza, como herramienta principal, la ventilación mecánica para eliminar e ingresar aire al espacio acondicionado. La ASHRAE, en su estándar N° 62, da recomendaciones de caudales mínimos por ocupante para espacios interiores ocupados, y recomienda incrementar este valor cuando el aire que entra en un ambiente no se mezcla adecuadamente en la zona respiratoria o si existen focos de contaminación inusual.

- El movimiento del aire nos indica la velocidad a la cual este llega a los lugares donde se distribuye. Se controla mediante equipos y accesorios adecuados para la distribución del aire.

Otro factor importante a controlar en el diseño de un sistema de climatización es el ruido, para lo cual se deberá tener consideraciones especiales de acuerdo al tipo de aplicación (salas de grabación, salas de cine, auditorios, oficinas, centros comerciales, etc.). Por tal razón se deberá poner énfasis en la utilización de dispositivos atenuantes o reductores de ruido de acuerdo a la aplicación.

La mayor parte de la climatización de ambientes se usa para dar confort térmico a las personas, sin embargo también se emplea para obtener las condiciones que se requieren en determinados procesos. Por ejemplo, las instalaciones textiles, de imprenta, fotografías, salas de computo e instalaciones medicas, todas estas necesitan determinada temperatura y humedad para su buen funcionamiento.

Para mantener un ambiente a la temperatura y humedad deseados son necesarios algunos procesos llamados acondicionamiento del aire. Estos procesos incluyen el calentamiento simple, el enfriamiento simple, la humidificación y las deshumidificación. Algunos veces dos o más de estos procesos son necesarios para llevar el aire a un nivel de temperatura y humedad deseado. Los diversos procesos de acondicionamiento de aire se pueden representar en la carta psicrométrica tal como se ilustran en la Figura 2.1.

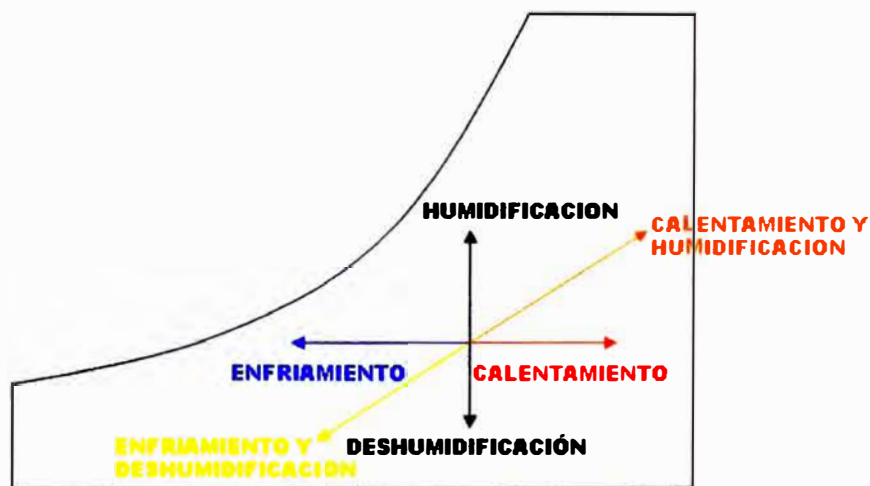


Figura 2.1.- Procesos del Acondicionamiento del Aire

2.2. Confort Térmico

El principal propósito de los sistemas de aire acondicionado y ventilación es proveer confort térmico. Es por ello que antes de definir y diseñar dichos sistemas habrá que tener una idea clara de lo implica el concepto de confort térmico. La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Aire Acondicionado y

Refrigeración (ASHRAE) indica que el confort térmico es la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico.

En general, el confort ocurre cuando las temperaturas del cuerpo son sostenidas dentro de rangos estrechos, la humedad de la piel es baja y el esfuerzo fisiológico de la regulación se minimiza.

El confort también depende del comportamiento, el cual es iniciado consciente o inconscientemente y es guiado por sensaciones térmicas y de humedad para reducir la incomodidad. Algunos ejemplos son la alteración de prendas de vestir, el cambio de actividad, el cambio de postura o posición, abrir una ventana o salir de un ambiente.

Sorprendentemente, a pesar de los climas, condiciones de vida, y diferencias culturales en todo el mundo, las temperaturas que las personas eligen como confort para condiciones similares de vestido, actividad, humedad y movimiento del aire son muy parecidas.

2.2.1. Termorregulación humana y balance energético

La actividad metabólica en los seres humanos genera constantemente calor dentro de sus cuerpos. Este calor debe ser disipado y regulado para mantener temperaturas normales. Los seres humanos poseen una serie de mecanismos

termorreguladores que mantienen constante la temperatura del cuerpo. Asimismo ASHRAE enuncia: “Temperaturas de la piel mayores a 118°F (45°C) o menores a 64.5°F (18°C) causan dolor. La temperatura de la piel asociada con el confort en actividades sedentarias son de 91.5°F (33°C) a 93 (34°C) y decrece con el aumento de actividad”. El confort térmico no se consigue con mantener a cero el balance de energía entre el cuerpo y el ambiente, sino por el contrario se llega a dicho confort cuando se cede calor a un determinado ritmo, si este ritmo se incrementa sentimos frío, y si decrece sentimos calor.

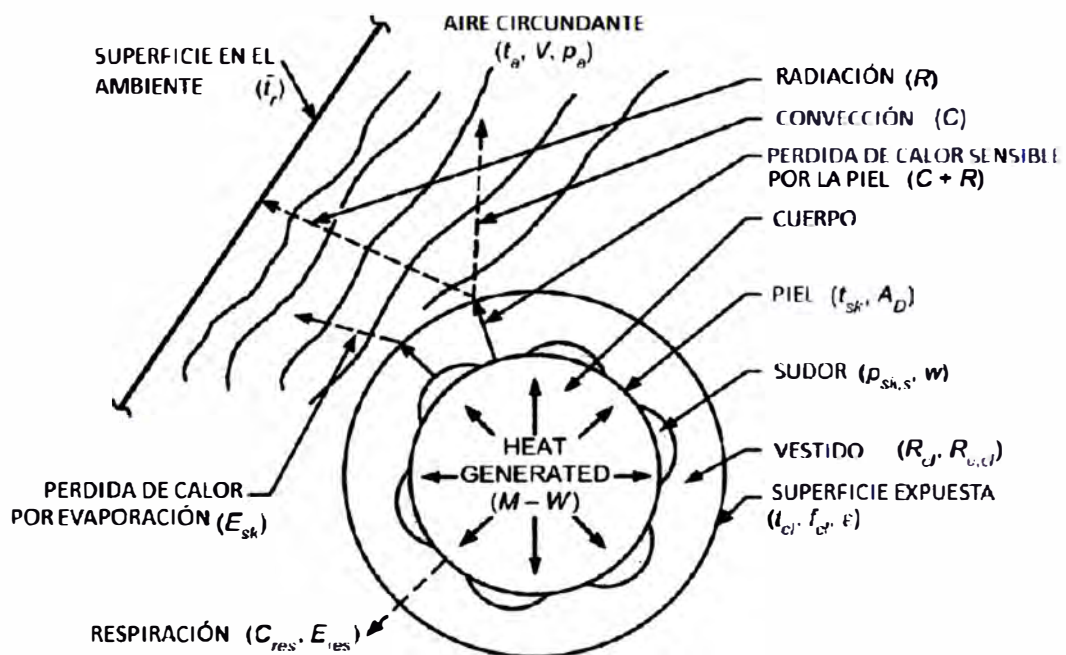


Figura 2.2.- Interacción térmica del cuerpo humano y el ambiente

La figura 2.2 muestra la interacción térmica del cuerpo humano con el ambiente. El calor neto generado ($M - W$), que es la diferencia entre el metabolismo M y el

trabajo mecánico desarrollado W , es transferido al ambiente a través de la superficie de la piel (q_{sk}) y la respiración (q_{res}) con algún excedente o déficit almacenado (S), causando el aumento o disminución de la temperatura del cuerpo.

$$M - W = q_{sk} + q_{res} + S \dots\dots\dots (2.1)$$

$$M - W = (C + R + Esk) + (Cres + Eres) + (Ssk + Scr) \dots\dots\dots (2.2)$$

Donde:

M = Tasa de producción de calor metabólico, BTU/pie²-hr (W-m²)

W = Tasa de trabajo mecánico realizado, BTU/pie²-hr (W-m²)

q_{sk} = Tasa total de pérdida de calor por piel, BTU/ pie²-hr (W-m²)

q_{res} = Tasa total de pérdida de calor por medio de la respiración, BTU/pie²-hr (W-m²)

$C+R$ = Calor sensible perdido por la piel, BTU/ pie²-hr (W-m²)

Esk = Tasa de calor por convección perdido por respiración, BTU/pie²-hr (W-m²)

$Cres$ = Tasa de calor por evaporación perdido por respiración, BTU/pie²-hr (W-m²)

Ssk = Tasa de calor almacenado en compartimentos de la piel, BTU/pie²-hr (W-m²)

Scr = Tasa de calor almacenado en compartimentos del núcleo, BTU/pie²-hr (W-m²)

En el régimen transitorio, se considera al cuerpo humano dividido en dos compartimentos:

- El interior, o núcleo, representado por el esqueleto, la masa muscular y los órganos internos.
- El exterior, representado por la piel (la fracción de piel con respecto a la masa total del cuerpo, depende del caudal de sangre que fluye desde el núcleo a la piel).

Y, se basa en las siguientes hipótesis:

- El intercambio de calor por conducción desde la piel hacia el exterior es despreciable.
- La temperatura de cada compartimiento es uniforme, 98°F (37°C) para el núcleo y 93°F (34) para la piel.
- El metabolismo, el trabajo externo y las pérdidas por respiración están asociados al núcleo.
- El intercambio de calor entre núcleo y piel tiene lugar por contacto directo (conducción) y a través del flujo de la sangre controlado por el mecanismo de termorregulación (convección).

2.2.2. Condiciones para el confort térmico

Estudios realizados por Rohles (1973) y Rohles y Nevins (1971) en 1600 estudiantes de edad universitaria revelaron correlaciones entre el nivel de confort, la temperatura, la humedad, el sexo y la duración de exposición. La escala de

sensaciones desarrollado a partir de estos estudios se llama "Escala de sensación térmica ASHRAE" y se presenta a continuación:

- +3 MUY CALIENTE
- +2 CALIENTE
- +1 LIGERAMENTE CALIENTE
- 0 NEUTRAL
- 1 LIGERAMENTE FRIO
- 2 FRIO
- 3 MUY FRIO

El "clo" es una unidad usada para especificar el efecto de aislamiento producido por la vestimenta. Para un cuerpo desnudo corresponde un clo = 0 y para un traje típico de trabajo compuesto por saco, chaleco, camisa y pantalón, corresponde un clo = 1. Se ha determinado que para condiciones de diseño correspondientes a 78°F (26°C), 50% de humedad relativa y 25.22 mm. de Hg (0.933 pulg. de Hg) de presión de vapor, los individuos de ambos sexos muestran una sensación de confort después de un periodo de tres horas.

Por otro lado, dentro de las primeras horas de exposición los hombres sienten ligeramente más calor que las mujeres, bajo un mismo conjunto de temperaturas y humedades dadas. En ese sentido la humedad es el índice más significativo para determinar que tan comfortable se sienten los hombres con respecto a las mujeres.

En la siguiente figura se presentan las zonas de bienestar según la Norma de Confort 55 de ASHRAE en términos de temperatura efectiva, basadas en actividades sedentaria y grados de vestimenta típicos para verano (0,5 clo) e invierno (0,9 clo). El 80% de las personas, adecuadamente vestidas, encuentra el ambiente térmicamente aceptable dentro de estas zonas.

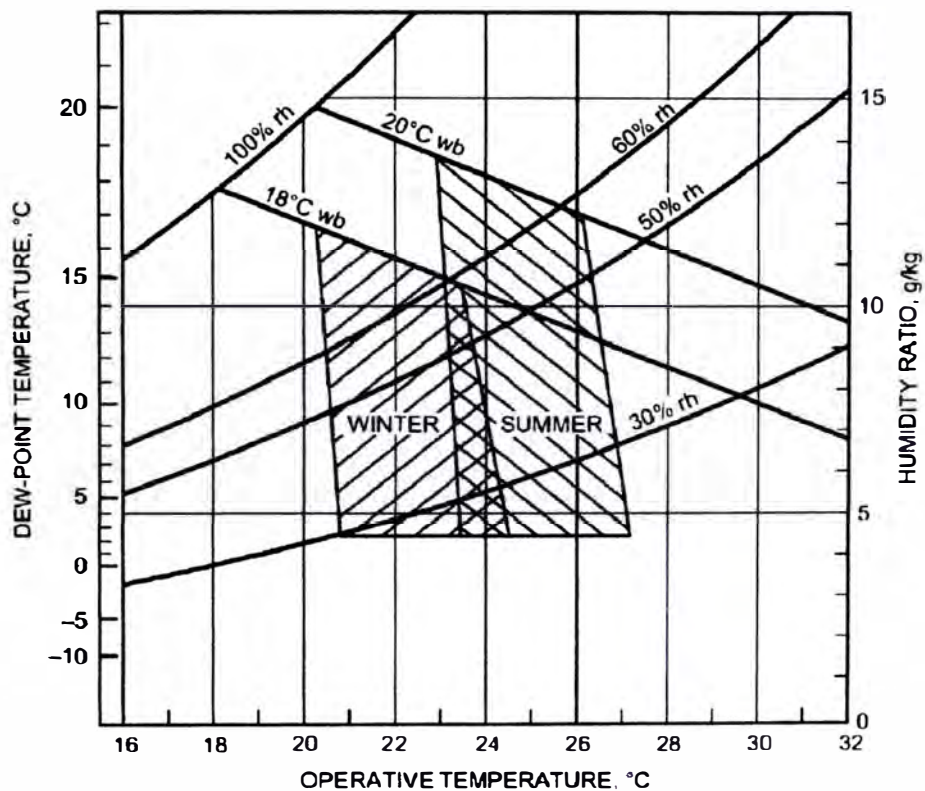


Figura 2.3.- Zonas de confort para verano e invierno según ASHRAE

Se observa la amplitud de ambas zonas, sobre todo en lo que se refiere a la humedad relativa. Su valor afecta al bienestar de las personas dentro de los límites antes indicados y en las proximidades de la neutralidad térmica.

Los niveles superiores e inferiores de humedad relativa para dichas zonas de confort son menos precisos. A baja humedad se puede secar la piel y las superficies mucosas dando lugar a quejas sobre el confort debido a la sequedad de la nariz, la garganta, los ojos y la piel, es por ello que el Estándar 55 de ASHRAE recomienda que la temperatura del punto de rocío en espacios ocupados no debe de ser menor a $2,22^{\circ}\text{C}$. De la misma forma cuando la humedad es alta la sensación térmica por sí sola no es un índice confiable del confort térmico. El malestar al parecer es debido a la sensación de humedad en sí, al aumento de fricción entre la piel y la ropa y otros factores. Para prevenir esto, Nevins et al. (1975) recomienda que en las zonas de confort la humedad relativa no debe exceder el 60%.

Las zonas de confort mostradas en la Figura 2.3 y las consideraciones mencionadas anteriormente son referenciales para cualquier tipo de ambiente.

2.2.3. Índices Ambientales

Existen muchos parámetros para describir el ambiente en términos de confort, los parámetros más usados para el diseño son los siguientes:

- **Temperatura:** El adecuado control de la temperatura del medio ambiente que circunda el cuerpo humano elimina el esfuerzo fisiológico de acomodación, obteniéndose con ellos un mayor confort y la consiguiente mejora del bienestar físico.

- **Humedad:** Una gran parte del calor que posee el cuerpo humano se disipa por evaporación a través de la piel. La evaporación se favorece cuando la humedad relativa del aire es baja y se retarda si ésta es alta, es por ello que la regulación de la humedad tiene una importancia tan vital como la de la temperatura para conseguir el confort térmico. Un exceso de humedad no sólo da como resultado reacciones fisiológicas perjudiciales, sino que también afecta a las cualidades de muchas de las sustancias contenidas en ambiente, como por ejemplo la ropa y los muebles.

- **Temperatura del punto de rocío:** Es una buena medida de humedad en el ambiente y es directamente relacionado con la presión de vapor de agua en el aire saturado. La utilidad de punto de rocío en específicas condiciones de confort es, como sea, limitado.

- **Movimiento del Aire:** La transferencia de calor del cuerpo por convección depende de la velocidad del aire en movimiento. Evidencias muestran que uno se siente más confortable en un ambiente caliente si el movimiento del aire es alto. Asimismo si la temperatura del ambiente es baja, uno se siente incomodo si el movimiento del aire es alto.

- **Pureza del Aire:** Las personas respiramos normalmente, alrededor de 15 Kg. de aire cada día, por lo que debemos de considerar la importancia que tiene su adecuada limpieza y renovación. La disminución de oxígeno y el aumento del anhídrido carbónico en el ambiente, la dilución de malos olores y la eliminación

de partículas sólidas son factores que se deben tomar en cuenta no solo por lo perjudiciales que son para la salud sino también por las molestias que causan al ser humano. Asimismo el humo, ya sea producido en el interior de la del ambiente, debe ser evacuado a causa de lo pernicioso que resulta para la vista y el aparato respiratorio.

Por lo tanto se debe acondicionar el aire para conseguir una atmósfera sana y confortable controlando simultáneamente la temperatura, humedad, circulación del aire y limpieza del mismo de acuerdo a los requerimientos de la edificación

2.3. Psicometría y Carta Psicométrica

Psicometría es el estudio de las condiciones de la mezcla aire vapor, a continuación definiremos algunos términos importantes:

- **Temperatura de bulbo seco:** Es la temperatura del aire, tal como lo indica el termómetro.
- **Temperatura de bulbo húmedo:** Es la temperatura que indica un termómetro cuyo bulbo está envuelto en una mecha empapada de agua, en el seno de aire en rápido movimiento.
- **Temperatura de punto de rocío:** Es la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire se comienza a condensar si se enfría el aire a presión constante.

- **Humedad específica:** Es el peso de vapor de agua por libra de aire seco, expresada en libras por libras de aire seco, o en granos de agua por libras de aire seco.
- **Humedad relativa:** Es la relación de la presión real vapor de agua en el aire con la presión de vapor de agua si el aire estuviera saturado a la misma temperatura de bulbo seco. Se expresa en %.
- **Volumen específico:** Es el volumen de aire por unidad de peso de aire seco. Se expresa en ft^3/lb de aire seco.
- **Entalpia específica:** Es el contenido el calor de aire, por unidad de peso. Se expresa en BTU/lb de aire seco.
- **Calor específico:** Es la cantidad de calor en BTU necesario para elevar la temperatura 1 °F de una libra de sustancia.
- **Calor sensible.** Calor introducido o extraído en la mezcla de aire - vapor para cambiar su temperatura, pero sin cambiar el estado.
- **Calor latente.** Calor introducido o extraído en la mezcla de aire variando el contenido de vapor, sin variar la temperatura.
- **Calor total.** Es la cantidad que indica el contenido total de calor de la mezcla aire vapor y es igual a la suma de los calores sensible y latente.

Las propiedades del aire atmosférico se pueden representar en tablas o en formas graficas. A la forma grafica se le llama carta psicométrica. Esta es muy importante ya que permite estudiar los procesos de acondicionamiento. La carta muestra, básicamente, la relación entre las cinco siguientes propiedades del aire:

- Temperatura de bulbo húmedo.
- Temperatura de rocío.
- Temperatura de bulbo seco.
- Humedad relativa.
- Humedad específica.

Estas propiedades se muestran a continuación, Figura 2.4

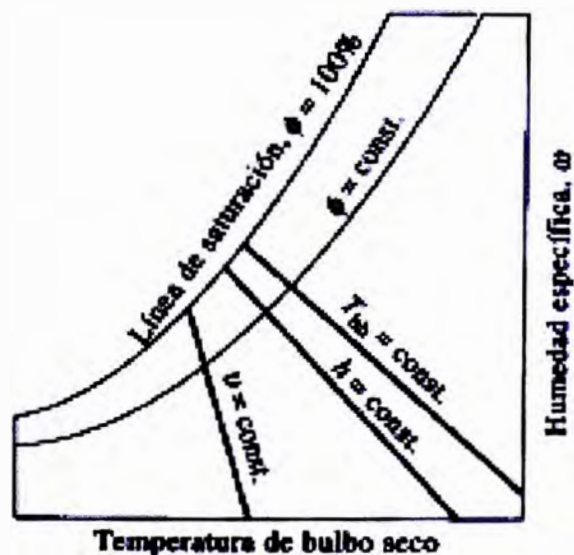


Figura 2.4.- Propiedades de Aire en Carta Psicométrica

2.4. Condiciones exteriores de diseño

Son aquellas condiciones climatológicas existentes en el medio ambiente. Se consideran las siguientes condiciones para el proyecto:

a. Condiciones normales de Verano

b. Condiciones normales de Invierno

Las condiciones normales de verano son recomendables en aplicaciones destinadas al confort o a la refrigeración industrial, en las que ocasionalmente es tolerable que se sobrepasen las condiciones ambientales del proyecto. Estas condiciones normales fijadas para el ambiente exterior consisten en admitir una simultaneidad de valores fijados para las temperaturas de los termómetros seco y húmedo y del contenido de humedad, las cuales se pueden sobrepasar algunas veces dentro del año y durante cortos periodos de tiempo.

El segundo tipo de condiciones exteriores son las llamadas condiciones normales de invierno, que son recomendables para instalaciones de confort y calefacción industrial. La temperatura seca interior podrá ser inferior a la indicada algunas veces durante el año, generalmente en las primeras horas de la mañana. Con la calefacción la variación de temperatura se produce por debajo de las condiciones exigidas de confort en la hora de máxima carga de calefacción (ausencia de personal, iluminación o ganancia solar y con la mínima temperatura exterior). El calor almacenado en la estructura del edificio cuando se trabaja con carga parcial

(durante las horas del día) reduce la capacidad necesaria del equipo para el funcionamiento a plena carga.

2.5. Clasificación de las Ganancias de Calor

La ganancia de calor es la razón por la cual el calor es transferido o generado en el local. Esta ganancia de calor tiene dos componentes:

- **Calor Latente:** Se manifiesta en un incremento de la humedad del aire.
- **Calor Sensible:** Se manifiesta a través de un aumento de la temperatura del aire.

Las cargas por calor sensible consideradas para el cálculo de los diferentes ambientes de la edificación multifuncional serán:

1. Transmisión de calor por superficies exteriores
2. Transmisión de calor por superficies interiores
3. Radiación Solar
4. Emisión de calor por los ocupantes
5. Calor inducido por ventilación
6. Calor desprendido por los aparatos

Asimismo las cargas de calor latente consideradas serán:

1. Humedad cedida por las personas
2. Humedad cedida por la ventilación

3. Calor latente procedente de aparatos

2.6. Fundamento de los Sistemas de Climatización

Los sistemas de climatización tienen su fundamento en el ciclo termodinámico de refrigeración por compresión o por absorción de un gas refrigerante.

El ciclo de Refrigeración por compresión se compone de cuatro procesos: Compresión, condensación, expansión y evaporación del gas refrigerante como sustancia de trabajo. En el ciclo por absorción, además de que la sustancia de trabajo y su compresión es diferente, el proceso y equipo de compresión del primero se sustituye por un mecanismo de absorción compuesto por un absorbedor, una bomba, un generador, un regenerador, una válvula de expansión y un rectificador.

El primero utiliza una fuente de energía normalmente eléctrica para el compresor y, el segundo, una fuente de calor disponible más económica (Çengel Yunus A. y Boles Michael A., 2003)

La Figura 2.5 ilustra conceptualmente el ciclo de Refrigeración por compresión de un gas Refrigerante. Durante el proceso de compresión el gas refrigerante es comprimido hasta la presión del condensador, alcanzando una temperatura bastante superior a la del medio circundante, valor que es reducido a la

temperatura de saturación a presión constante en el proceso de condensación y una sustancia secundaria - aire o agua - absorbe la energía térmica en el condensador.

En la expansión el refrigerante se estrangula hasta la presión del evaporador, descendiendo la temperatura del refrigerante por debajo de la del espacio refrigerado durante el proceso. En el proceso de evaporación, el gas refrigerante, en su condición de mezcla saturada de baja calidad, circula por el evaporador y se evapora totalmente absorbiendo el calor del espacio refrigerado por medio de otra sustancia secundaria - aire o agua -. El evaporador descarga el gas refrigerante como vapor saturado al compresor para cerrar el ciclo termodinámico. Este ciclo puede ser de una o varias etapas con algunas mejoras en su funcionamiento.

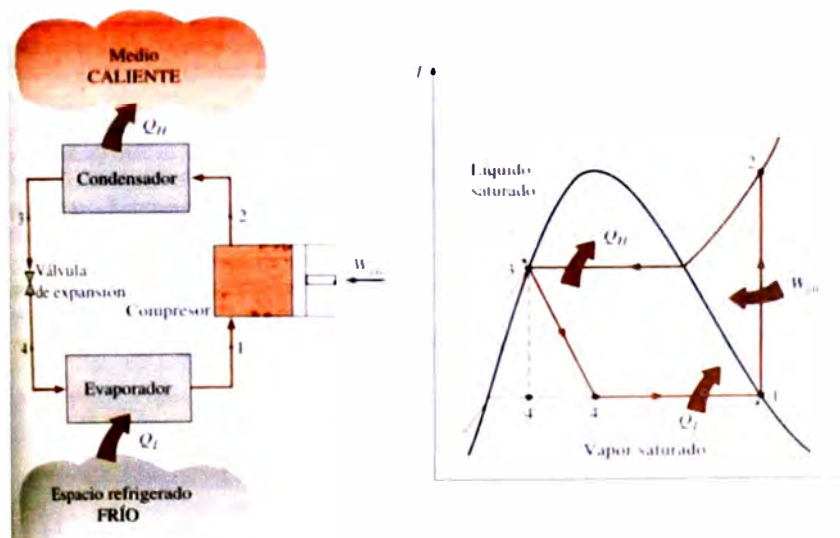


Figura 2.5.- Ciclo de Refrigeración por Compresión

En la Figura 2.6 se aprecia conceptualmente el ciclo de Refrigeración por absorción. En este ciclo la sustancia de trabajo es una solución compuesta por un refrigerante y un absorbente, siendo más común la solución acuosa de amoníaco, la de bromuro de litio y la de cloruro de litio respectivamente. En la primera, el amoníaco actúa como refrigerante y el agua como medio de transporte. En las dos soluciones acuosas restantes, el agua es el refrigerante y el bromuro o cloruro de litio el absorbente y medio de transporte. Los dos últimos son más comúnmente utilizados en los sistemas de climatización, donde la temperatura mínima está por encima del punto de congelación del agua.

En este ciclo, el proceso de compresión se sustituye por el mecanismo de absorción ya indicado. El refrigerante como vapor saturado que descarga el evaporador lo entrega al absorbedor y, mediante una reacción química exotérmica con el absorbente, se disuelve en una solución líquida formada por el refrigerante y el absorbente, liberando calor durante el proceso. La cantidad de refrigerante que pueda disolverse en el medio de transporte es inversamente proporcional a la temperatura, de ahí la importancia de enfriar el absorbedor, a fin de que su temperatura sea lo más baja posible y maximizar la cantidad de refrigerante disuelto.

Esta solución líquida se bombea al generador de absorción pasando previamente por un regenerador. La energía térmica suministrada al generador es absorbida por

la solución líquida, evaporándose una parte. El vapor rico en refrigerante pasa por un rectificador que separa el absorbente, retornándolo al generador y, el refrigerante puro de alta presión, circula por el resto del ciclo desarrollando los procesos ya definidos en el ciclo por compresión.

La solución caliente, pobre en refrigerante, es enviada al absorbedor pasando previamente por el regenerador, con el objeto de precalentar la solución líquida bombeada al generador, luego es estrangulada hasta la presión del absorbedor y se mezcla con el refrigerante que entrega el evaporador, donde se cierra el ciclo termodinámico.

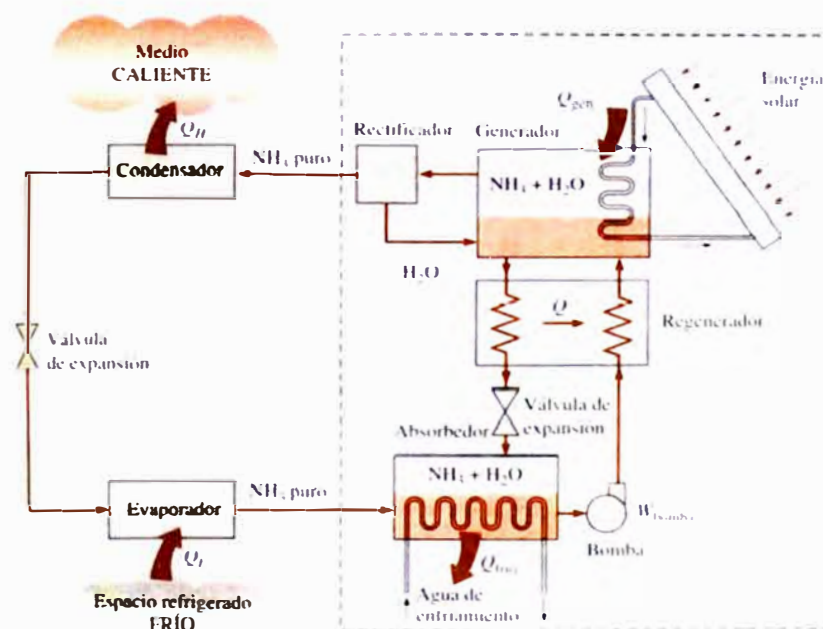


Figura 2.6.- Ciclo de Refrigeración por Absorción

Al comparar ambos ciclos se encuentra que los sistemas de refrigeración por absorción tienen una ventaja comparativa ya que comprimen una solución líquida en lugar de vapor y, consecuentemente, la potencia suministrada por este proceso es sustancialmente menor, en el orden de 1% del calor suministrado al generador, y operan con una fuente de calor disponible más económica que la energía eléctrica. No obstante lo anterior, son más costosos y voluminosos, menos eficientes, requieren de torres de enfriamiento mucho más grandes y son más difíciles de mantener que los del ciclo por compresión de vapor.

Partiendo de cualquiera de ambos ciclos termodinámicos, se desarrolla la climatización de ambientes bajo el concepto de enfriamiento o de confort térmico.

2.7. Tipos de Sistemas de Climatización

Existen diferentes clasificaciones. Aquí presentaremos una clasificación en función del fluido encargado de compensar la carga térmica en el ambiente climatizado. Así, podemos diferenciar los sistemas como:

2.7.1. Sistema todo aire

El aire es utilizado para compensar las cargas térmicas en el ambiente climatizado, en el cual no tiene lugar ningún tratamiento posterior. Tienen capacidad para controlar la renovación del aire y la humedad del ambiente. Un sistema puramente todo aire sería el basado en una Unidad de Tratamiento de Aire

(UTA), Figura 2.7, aunque también se llama así a los sistemas dotados de climatizadores que acondicionan el aire de una zona y que posteriormente se distribuye en los locales.

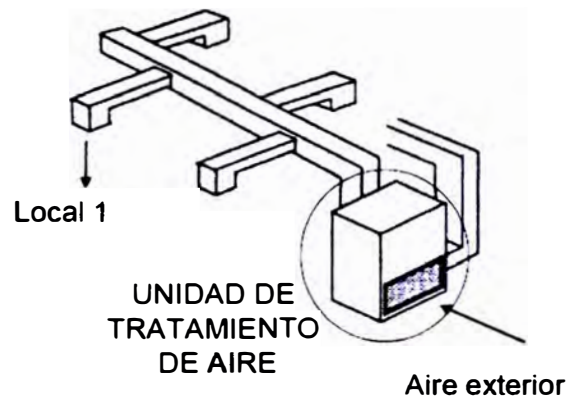


Figura 2.7.- Sistema Todo Aire

El único fluido que entra en el espacio acondicionado es el aire. Este aire, proviene de la UTA y está ya tratado, es decir, filtrado, enfriado, calentado, deshumidificado o humidificado, según las necesidades.

El aire puede provenir de una UTA que a su vez recibe el frío o calor de un productor central (enfriadora de agua - chiller o bomba de calor respectivamente), o puede ser un equipo autónomo, que incluye en su interior el sistema de tratamiento de aire y el equipo productor de frío (compresor para expansión directa), o incluso puede ser una manejadora con batería de expansión directa atendida desde un equipo partido.

Dentro de los sistemas todo aire podemos encontrar diferentes variantes en función del control de la temperatura efectuado. Así, podemos encontrar instalaciones de:

1. Un solo conducto con caudal de aire constante
 - ❖ Instalaciones de una zona
 - ❖ Instalaciones de varias zonas (multizonas)
2. Un solo conducto con caudal de aire variable (VAV)
3. Doble conducto
 - ❖ Volumen de aire constante
 - ❖ Volumen de aire variable

2.7.2. Sistema todo agua

Son aquellos en que el agua es el agente que se ocupa de compensar las cargas térmicas del ambiente climatizado (aunque también puede tener aire exterior para la renovación). Aquí podemos encontrar las instalaciones de calefacción con radiadores o con suelo radiante, y las instalaciones de aire acondicionado con fan-coils. El esquema básico de una instalación todo agua se presenta en la Figura 2.8.

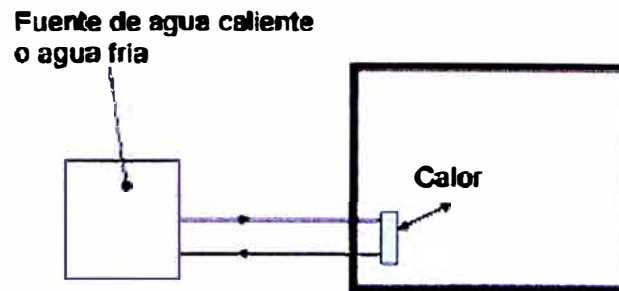


Figura 2.8.- Sistema Todo Agua

También llamados sistema hidrónicos. En los sistemas todo agua, el agua se enfría y calienta en unidades centralizadas y se lleva a los elementos terminales ubicados en los locales a climatizar. Estos elementos terminales pueden ser fan-coils, radiadores, etc.

Los sistemas todo agua pueden clasificarse en sistemas de tubería simple (dos tuberías) y sistemas de varias tuberías.

- ❖ En los sistemas de tubería simple cada unidad terminal recibe la entrada de agua fría o caliente, según la estación del año y termina en una tubería de retorno.
- ❖ En los sistemas de varias tuberías cada unidad terminal tiene una doble entrada de agua (caliente y fría) y una tubería (tres tuberías) o dos tuberías de retorno (cuatro tuberías).

2.7.3. Sistema aire - agua

Se trata de sistemas donde llega tanto agua como aire para compensar las cargas del local. Un ejemplo de este tipo de instalaciones son los sistemas de inducción, Figura 2.9.

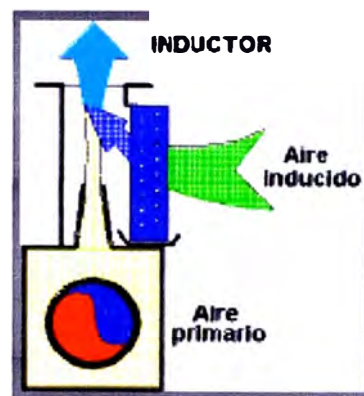


Figura 2.9.- Sistema Aire - Agua

En los sistemas aire-agua, el aire exterior es tratado separadamente para todo el edificio. El agua (fría o caliente) se distribuye hasta los elementos terminales, donde pasa el aire tratado junto con el aire de recirculación en el mismo local.

2.7.4. Sistemas todo refrigerante:

Se trata de instalaciones donde el fluido que se encarga de compensar las cargas térmicas del local es el refrigerante. Dentro de estos sistemas podemos englobar los pequeños equipos autónomos (split y multisplit). Su regulación puede ser todo o nada, o los sistemas de volumen de refrigerante variable.



Figura 2.10.- Split

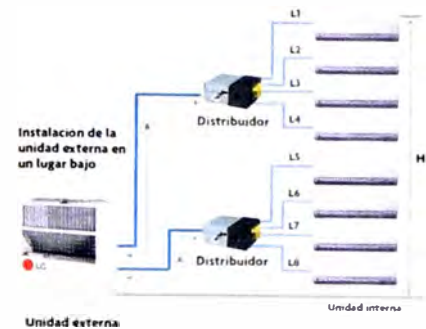


Figura 2.11.- Multi Split

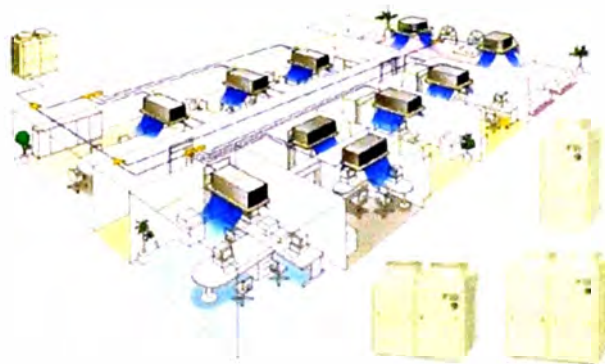


Figura 2.12.- Sistema VRV - Volumen Refrigerante Variable

También se pueden clasificar en función de si se trata de un sistema unitario o un sistema centralizado:

- ❖ Un sistema unitario utiliza un equipo donde todos los elementos son montados por el fabricante y se venden de una pieza.
- ❖ Un sistema centralizado es aquel donde los componentes se encuentran separados y son instalados y montados por el instalador.

Otra clasificación que podemos encontrar es por la zona a que climatiza, distinguiendo así sistemas de una única zona y sistemas multizona:

- ❖ Sistemas de una única zona son aquellos que climatizan sólo una zona del local.
- ❖ Sistemas multizona son aquellos que pueden acondicionar de forma satisfactoria un número de diferentes zonas.

2.8. Equipos de la Refrigeración

2.8.1. Condensador

El condensador elimina del sistema la energía ganada por el evaporador y el compresor. El aire atmosférico o agua son los sumideros de calor más convenientes.

En el condensador enfriado por aire, el refrigerante circula a través del serpentín y el aire pasa por el exterior de los tubos. El movimiento del aire es generado por un ventilador para aumentar la capacidad de eliminar el calor y condensar el refrigerante, se encuentran en capacidades de hasta 515 toneladas de refrigeración.

En el condensador enfriado por agua, son en general el de tipo coraza y tubos semejantes a los evaporadores del mismo tipo. Se utiliza agua recirculada con una torre de enfriamiento para eliminar calor.

2.8.2. Compresores

Existen los compresores de desplazamiento positivo, los cuales trabajan reduciendo el volumen de un gas en un espacio confinado, con ello aumentan su presión y temperatura. Podemos mencionar de este tipo, los compresores recíprocos y rotativos (Scroll y Tornillo). También existen los compresores centrífugos, los trabajan aumentando la energía cinética (velocidad) del gas, la cual a continuación se convierte en aumento de presión al reducir la velocidad.

Los compresores centrífugos son utilizados ampliamente en grandes sistemas centrales de acondicionamiento de aire y los compresores rotativos se utilizan en el campo de los refrigeradores domésticos, sin embargo, la inmensa mayoría de compresores utilizados en tamaño de menor caballaje para las aplicaciones comerciales, domésticas e industriales son recíprocos.

➤ Compresores recíprocos

Son los que más se usan, y se consiguen desde potencias fraccionarias hasta algunos cientos de toneladas. La construcción es semejante a los de motores recíprocos de vehículos, con pistones, cilindros, válvulas, bielas y cigüeñal.

Los compresores herméticos se fabrican con el compresor y el motor dentro de una caja sellada. De este modo hay posibilidad de pérdida de refrigerante por

fugas alrededor de la flecha o eje. En un compresor hermético, el refrigerante enfría el motor.

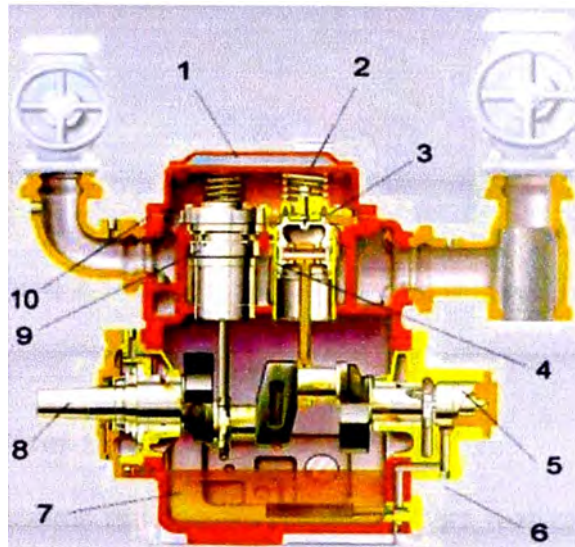


Figura 2.13.- Compresor Recíprocante

➤ **Compresores rotativos de tornillo**

Dos tornillos helicoidales engranan y comprimen el gas, a medida que el volumen de este disminuye hacia el extremo de la descarga. Este tipo de compresor se ha popularizado recientemente debido a su confiabilidad, eficiencia y costo. Se usa en general en los tamaños más grandes de desplazamiento positivo, para capacidades de hasta 515 toneladas de refrigeración.

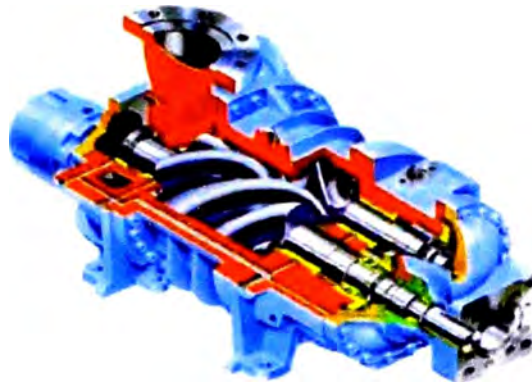


Figura 2.14.- Compresor rotativo de tornillo

➤ **Compresores rotativos scroll**

Este tipo de compresores utilizan dos espirales para realizar la compresión del gas. Las espirales se disponen cara contra cara; siendo la superior fija y la que incorpora la puerta de descarga, y la inferior es la espiral motriz. Las espirales disponen de sellos a lo largo del perfil en las cargas opuestas. Estos actúan como segmentos de los cilindros proporcionando un sello de refrigerante entre ambas superficies, el centro del cojinete de la espiral y el centro del eje del cigüeñal del conjunto motriz están desalineados. Esto produce una excentricidad o movimiento orbital de la espira móvil, el movimiento orbital permite a las espirales crear bolsas de gas, y como la acción orbital continua, el movimiento relativo entre ambas espirales, fija y móvil, obliga a las bolsas de refrigerante a desplazarse hacia la puerta de descarga en el centro del conjunto disminuyendo progresivamente el volumen.

Durante el primer giro o fase de aspiración, la separación de las paredes de las espirales permite entrar al gas, al completar el giro, las superficies de las espirales se vuelven a unir formando las bolsas de agua, durante el segundo giro o fase de compresión, el volumen de las bolsas de gas se reduce progresivamente, la finalización del segundo giro produce la máxima compresión, durante el tercer giro o fase de descarga, la parte final del scroll obliga al gas comprimido a salir a través de la puerta descargada. Se encuentra hasta de 200 toneladas de refrigeración.

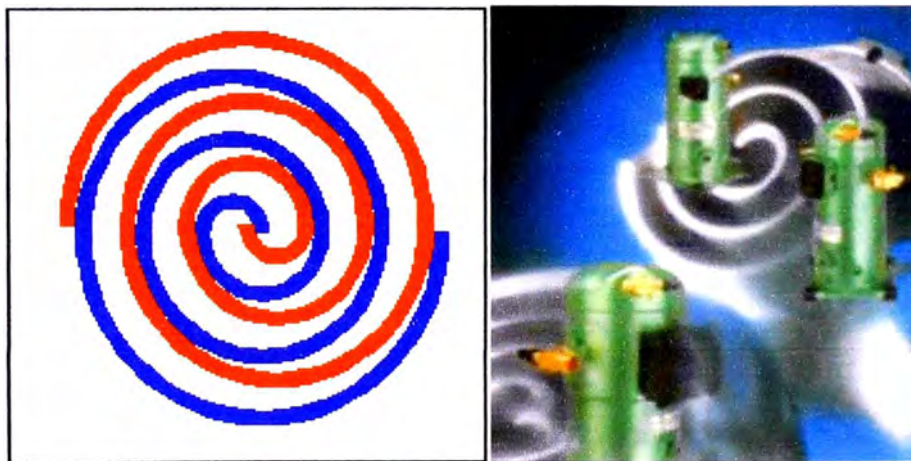


Figura 2.15.- Compresor rotativo scroll

➤ **Compresores centrífugos**

Este tipo de compresores tiene impulsores de paleta que giran dentro de una carcasa, de modo semejante a las bombas centrífugas. Los impulsores aumentan la velocidad del gas, la cual a continuación se convierte en aumento de presión al disminuir la velocidad. La naturaleza del compresor centrífugo lo hace

adecuado para capacidades muy grandes, hasta 5,500 toneladas de refrigeración. Los impulsores pueden girar a velocidades hasta de 20,000 RPM, lo que permite manejar grandes cantidades de refrigerante.



Figura 2.16.- Compresor centrífugo

2.8.3. Evaporadores

Se pueden clasificar de dos tipos, que se usan en el aire acondicionado: evaporador de expansión seca o directa y evaporadores inundados. En los primeros, el refrigerante pasa a través de tuberías y no hay almacenamiento de refrigerante líquido en el evaporador. En el evaporador tipo inundado, se mantiene un nivel de líquido refrigerante.

Los evaporadores de expansión seca, pueden ser de dos tipos: serpentines de enfriamiento de expansión seca y enfriadoras de expansión seca. Los serpentines

de enfriamiento se usan para enfriar aire, estos son de un rollo de tubo aleado, y las enfriadoras para enfriar agua u otros líquidos, son del tipo coraza y tubos.

2.8.4. Bombas

Las bombas tienen la función de dar presión adecuada para vencer la resistencia que encuentra un líquido para recorrer un sistema de tuberías. Existen dos tipos de bombas, el de desplazamiento positivo y el tipo centrífugo, en el caso del aire acondicionado, solo se usa el tipo centrífugo, por lo que se tratará solo este tipo.

Las bombas centrífugas se usan tanto en sistema de agua helada, como también en las torres de enfriamiento. Son confiables, potentes y eficientes. La bomba centrífuga eleva la presión del agua al aumentar primero su velocidad, para convertir a continuación su energía de velocidad en energía de presión.

A continuación se muestra, en la Figura 2.17, una bomba centrífuga real.

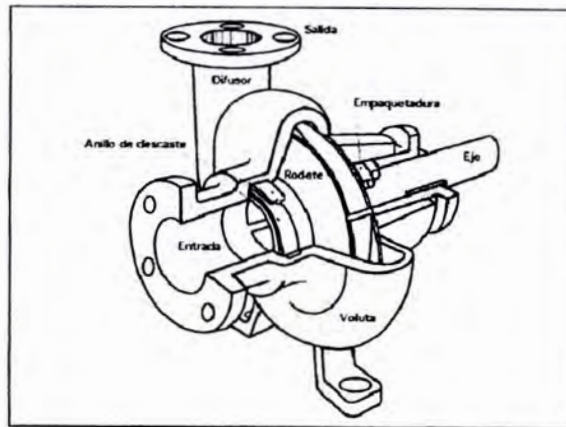


Figura 2.17.- Bomba Centrífuga

➤ **Características de la bombas**

Los conceptos de mayor importancia en el funcionamiento de las bombas son: la presión o carga que puede desarrollar, el flujo que entrega, la potencia necesaria para impulsarla y su eficiencia. A todos estos conceptos se le llama características de la bomba.

Las características en general se presentan en forma de curvas para cada bomba, y se emplean para seleccionar la bomba correcta de acuerdo a la aplicación deseada. En la Figura 2.18 se muestra las características de funcionamiento de una bomba.

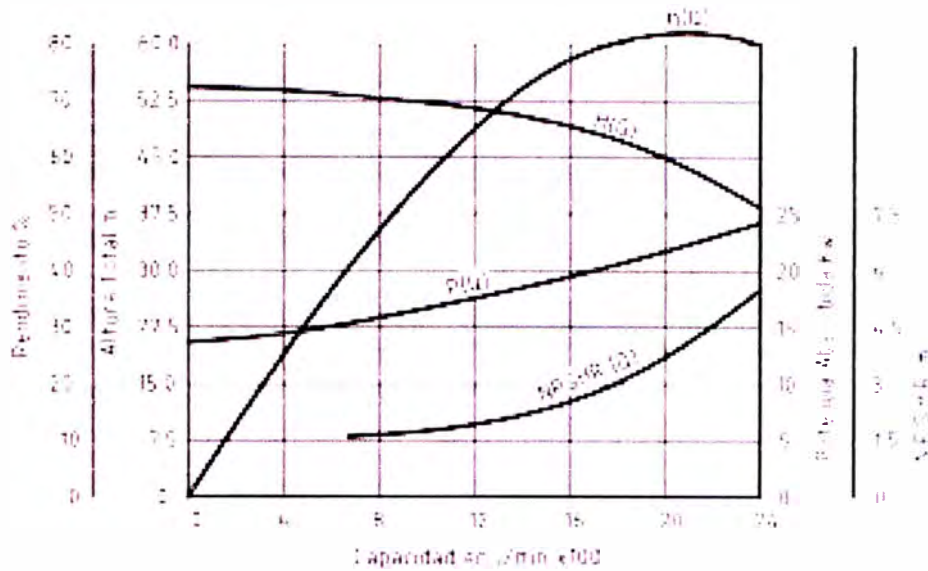


Figura 2.17.- Curva Características de una Bomba

➤ **Leyes de la similitud de una bomba**

Existen relaciones entre el flujo, la velocidad, la potencia y carga para una bomba centrífuga, que son muy útiles para evaluar el funcionamiento de la bomba en otras condiciones:

$$GPM_2 = GPM_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$C_2 = C_1 \times \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$BHP_2 = BHP_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3 \dots\dots\dots (2.5)$$

En donde:

GPM: Flujo Volumétrico, galones/min.

C: Carga de la Bomba, pies de agua.

BHP: Alimentación de la Potencia de Freno.

N: velocidad, en revoluciones por minuto (RPM)

1, 2: dos condiciones de operación cualesquiera.

CAPÍTULO 3

ELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

3.1. Selección del Tipo de Sistema de Climatización

En la edificación multifuncional se podría utilizar sistemas de climatización todo aire, todo agua y todo refrigerante en sus diferentes variantes dentro de cada una de estas.

Dentro de los sistemas todo aire que podríamos utilizarse para climatizar la edificación multifuncional tenemos las siguientes variantes:

- Equipo tipo partido - Split Ducto
- Equipo tipo paquete - Roof Top

En ambas opciones se utilizaran dispositivos o cajas VAV (Volumen de Aire Variable) que serán controlados por sensores de ambiente.



Figura 3.1.- Split Ducto



Figura 3.2.- Roof Top

Igualmente dentro de los sistemas todo agua que podríamos utilizar tenemos el chiller enfriado por aire o agua (Outdoor Unit) con fan coils y manejadoras de dos tuberías (Indoor Unit). En el caso de elegir un chiller enfriado por agua se tendrá que utilizar una torre de enfriamiento.

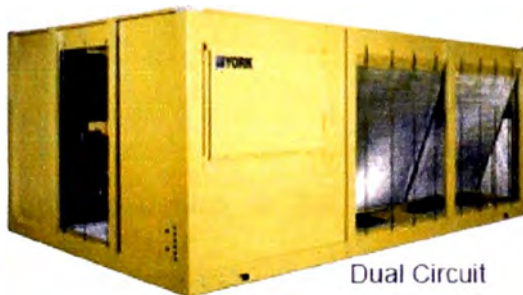


Figura 3.3.- Chiller enfriado por Aire

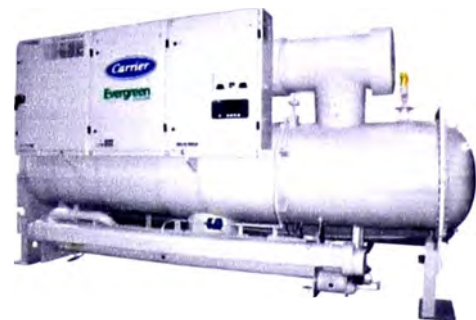


Figura 3.4.- Chiller enfriado por Agua



Figura 3.5.- Torre de Enfriamiento

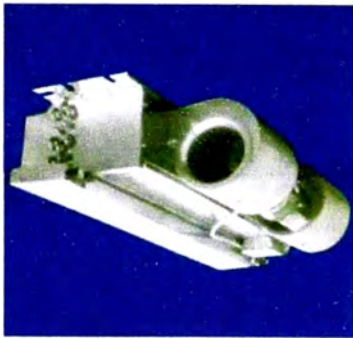


Figura 3.6.- Fan Coil

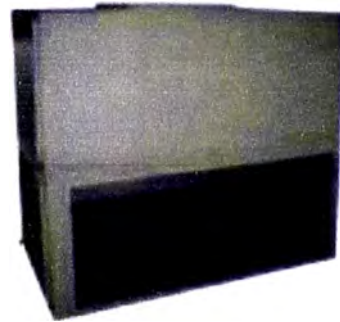


Figura 3.7.- Manejadoras de Aire

Asimismo dentro de los sistemas de todo refrigerante que podríamos utilizar podemos encontrar las siguientes variantes:

- Equipo tipo partido unitario - Split pared, Split piso techo o Split Fancoil
- Equipo tipo partido múltiple (Multi Split) - Variable o Inverter
- Equipo tipo partido múltiple con Volumen de Refrigerante Variable (VRV o VRF)



Figura 3.8.- Split Pared



Figura 3.9.- Multi Split con distribuidor

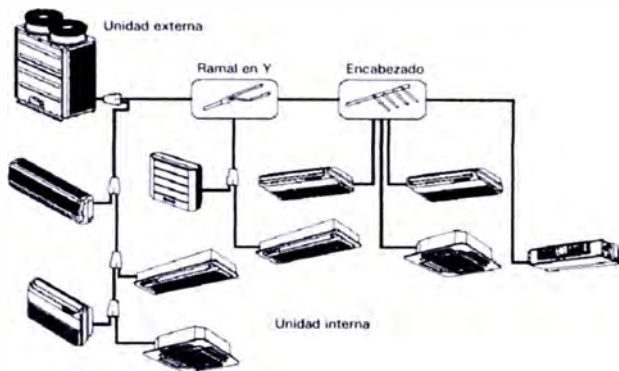


Figura 3.10.- Multi Split con VRV

Las siguientes variantes de los sistemas de climatización todo aire, todo agua y todo refrigerante son descartadas por razones técnicas, y son:

- Las dos variantes mencionadas del sistema todo aire, *Equipo tipo partido - Split Ducto* y *Equipo tipo paquete - Roof Top*, se descartan debido a que es imposible llevar los ductos de acero galvanizado desde el espacio (exclusivo) asignado para los equipos hasta los ambientes a climatizar, porque no hay suficiente espacio entre la parte inferior de la vigas y el falso cielo de los ambientes; y

además, la montante que está destinada para el sistema de climatización es pequeña para el ducto principal de acero galvanizado que debería descender desde el último piso hasta el primero.

- La variante mencionada del sistema todo agua, *chiller enfriado por agua*, se descarta debido a que según el diseño de la edificación existe un espacio (exclusivo) asignado para los equipos de climatización, el cual es insuficiente para los equipos que se necesitan en esta variante, que son el chiller, la torre de enfriamiento, las bombas de agua helada y otros.

- La variante del sistema todo refrigerante, *equipos partidos unitarios*, se descarta debido a que tiene un gran impedimento que es la distancia máxima entre la unidad evaporadora y condensadora. Estos sistemas tienen dentro de su circuito de refrigeración gas refrigerante mezclado con aceite, el cual lubrica el motor del compresor, es por ello que si se disponen recorridos muy extensos, mayores a 50 metros, el compresor podría quedarse sin el aceite necesario para lubricar sus piezas y el sistema colapsaría. Es por ello que se tiene que tener mucho cuidado al ubicar las unidades condensadoras y evaporadoras dentro de una edificación.

Otro impedimento es que el espacio asignado no es suficiente para la cantidad de equipos necesarios (uno por cada ambiente como mínimo) si se utiliza esta variante de sistema todo refrigerante.

- En la variante de sistema todo refrigerante, *Equipo tipo partido múltiple con Volumen de Refrigerante Variable*, se descarta debido a que se necesita un espacio aproximado de 64.54 m² como mínimo para todos los equipos a utilizarse, siendo el espacio asignado para estos 46.32 m² (8.50m x 5.45m). El área que necesitan estos equipos se calculo estimando que la edificación multifuncional necesitaría una capacidad de 80 Toneladas de Refrigeración (376.8 HP); y los que los equipos de este tipo de variante, para las condiciones eléctricas de Perú, son de capacidades máximas de 36 HP; cuyo espacio mínimo que necesita cada una de ellas es 3.60m x 1.63m como mínimo. En base a lo anterior, se utilizarían 11 equipos lo cuales necesitan un espacio de 64.54 m² como mínimo.

Después de descartar algunas variantes solo nos quedamos con dos posibilidades, las cuales son:

- Chiller enfriado por aire.
- Equipo tipo partido múltiple (Multi Split).

Teniendo estas dos posibilidades, la selección del sistema de climatización para la edificación multifuncional estará basada en lo siguiente:

- Costo de Instalación
- Costo de Commissioning.
- Costo de Operación, especialmente a carga parcial.
- Costo de Mantenimiento.
- Tiempo de Servicio.
- Condiciones Ambientales (temperatura, humedad, nivel sonoro, limpieza y movimiento de aire).
- Integración, flexibilidad, eficiencia y fiabilidad.

Luego de analizar todos los conceptos señalados anteriormente, en base a información consultado a diversas empresas proyectistas, se puede comparar ambas opciones en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1.- Comparación de características de sistemas de climatización

	Chiller enfriado por Aire		Equipo Partido Múltiple	
Temperatura	Bueno	3	Regular	2
Humedad	Bueno	3	Regular	2
Renovación de Aire	Regular	2	Regular	2
Filtración	Regular	2	Regular	2
Nivel Sonoro	Bueno	3	Bueno	3
Integración	Excelente	4	Regular	2
Flexibilidad	Excelente	4	Bueno	3
Coste de Instalación	Regular	2	Bueno	3
Coste de Commissioning	Regular	2	Bueno	3
Coste de Mantenimiento	Excelente	4	Excelente	4
Costo de Operación	Bueno	3	Regular	2
Tiempo de Servicio	15 años aprox.	4	6 años aprox.	1
Eficiencia	Bueno	3	Regular	2
Fiabilidad	Excelente	4	Bueno	3
Total		43		34

Nota: Excelente:4 - Bueno:3 - Regular:2 - Malo:1

Además cabe mencionar que la capacidad total instalada en los sistemas de agua helada es menor a la de los sistemas de expansión directa ya que se trabaja con la máxima carga térmica simultánea.

Luego de señalar las bondades y debilidades de cada una de las variantes comparadas en la tabla anterior, se elige diseñar utilizando la variante del sistema todo agua, *chiller enfriado por aire*.

3.2. Descripción del Tipo de Sistema de Climatización elegido

La variante del sistema todo agua seleccionado, chiller enfriado por aire, necesita de los siguientes equipos básicamente:

- Chiller enfriado por aire
- Bombas
- Fan Coils o Manejadoras de Aire

En el evaporador del chiller se enfría el agua por intercambio de calor con el refrigerante, y este último elimina el calor ganado al ambiente por medio de ventiladores en el condensador. Luego el agua fría es llevada a los fan coils o manejadoras de aire por medio de un sistema de tuberías y bombas, en donde el agua fría entra en contacto con el aire del ambiente logrando que se enfríe. Luego el agua caliente, por decirlo de alguna manera, retorna al chiller y el ciclo se repite nuevamente.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

4.1. Normas y Códigos

Al realizar el diseño de cualquier proyecto de climatización debemos identificar las normas y procedimientos que se utilizaran, que para el presente proyecto principalmente son:

- American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)
- Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association INC (SMACNA)
- Air Conditioning and Refrigeration Institute (ARI)
- American Society of Mechanical Engineers (ASME)
- American Society for Testing Materials (ASTM)
- American Standard Association (ASA)
- National Fire Protection Association (NFPA)
- Underwriters Laboratories INC (UL)
- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

4.2. Parámetros de Diseño

Los siguientes son los parámetros empleados en el diseño del sistema y representan las condiciones para las cuales se estimará la carga térmica de los ambientes a climatizar. También son los valores para seleccionar los equipos en los casos que corresponda.

4.2.1. Temperatura Exterior de Aire

Por lo general las condiciones exteriores de proyectos de climatización se obtienen de las estaciones meteorológicas o en su defecto, de mediciones hechas en el mismo lugar. Para el presente diseño los datos climatológicos fueron obtenidos del portal web del Servicio de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), en el cual figuran las mediciones realizadas a través de sus estaciones meteorológicas automáticas Las Palmas (112164) y Hospital Central FAP (112179) ubicadas en Santiago de Surco y Miraflores respectivamente. A continuación se muestran las temperaturas máximas y mínimas halladas con sus respectivas humedades.

VERANO

Temperatura Bulbo Seco : 30.4 °C (86.72°F)

Humedad Relativa : 62.08 %

INVIERNO

Temperatura Bulbo Seco : 13 °C (55.4°F)

Humedad Relativa : 83.88 %

4.2.2. Temperatura Interior de Aire

Estas condiciones se obtuvieron de la Figura 2.3

VERANO

Temperatura Bulbo Seco : $23.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($75^{\circ}\text{F} \pm 2^{\circ}\text{F}$)

Humedad Relativa : $55\% \pm 10\%$

INVIERNO

Temperatura Bulbo Seco : $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($68^{\circ}\text{F} \pm 2^{\circ}\text{F}$)

Humedad Relativa : $55\% \pm 10\%$

4.2.3. Descripción del Local

Para un estudio realista de las cargas de refrigeración es indispensable un estudio preciso y completo, es por ello que en la siguiente descripción se detallará punto por punto las características de la edificación del proyecto de climatización:

➤ Ubicación:

La edificación se encuentra ubicado en la Av. Primavera Mz. K-1 Lt. 13 Urb. Chacarilla del Estanque IV Etapa en el Distrito de San Borja.

Latitud: $12^{\circ} 06' 37$ - Sur

Longitud: $76^{\circ} 59' 06$ - Oeste

Altitud: 153 m.s.n.m.

Orientación: La entrada principal de la edificación al sur.



Figura 4.1.- Ubicación de la edificación multifuncional

➤ **Destino del edificio**

El edificio es multifuncional, esto quiere decir que será utilizado para diferentes objetivos. El primer y segundo piso serán utilizados como restaurant; y el tercer y cuarto piso serán utilizados como oficinas.

➤ **Relación de ambientes a climatizar**

La cantidad de ambiente a climatizar es 20, y son las siguientes:

Primer Piso: Área de Comedor - Alimentos.

Segundo Piso: Bar Lounge.

Tercer Piso: Oficinas del 01 al 07, Recepción 01 y 02 y Directorio 01 y 02.

Cuarto Piso: Oficinas del 01 al 05, Recepción 01 y Directorio 01.

➤ **Ocupantes y Equipos por ambiente**

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de personas y equipos aproximados por ambiente:

Tabla 4.1.- Relación de Ambientes a Climatizar

<i>Ambiente</i>	<i>Piso</i>	<i># de Personas</i>	<i># de Equipos</i>
Área de Comedor - Alimentos	01	257	Freidoras, Hornos y Parrillas
Bar Lounge	02	50	-----
Oficina 01	03	05	01 computadora
Oficina 02	03	03	01 computadora
Oficina 03	03	03	03 computadoras
Oficina 04	03	03	03 computadoras
Oficina 05	03	05	01 computadora
Oficina 06	03	02	02 computadoras
Oficina 07	03	10	01 computadora
Recepción 01	03	05	01 computadora
Recepción 02	03	05	01 computadora
Directorio 01	03	08	04 computadoras
Directorio 02	03	08	04 computadoras
Oficina 01	04	05	01 computadora
Oficina 02	04	03	03 computadoras
Oficina 03	04	03	01 computadora
Oficina 04	04	03	03 computadoras
Oficina 05	04	03	03 computadoras
Recepción 01	04	06	01 computadoras
Directorio 01	04	08	04 computadoras

➤ **Iluminación**

Se considera una tasa promedio de 20 watts por metro cuadrado. Estos datos fueron proporcionados por el responsable de la parte eléctrica del proyecto.

➤ **Horario de Funcionamiento**

Los equipos para la climatización tienen horarios de trabajos distintos dependiendo donde se encuentren ubicados. Para este proyecto, los equipos ubicados en los pisos para uso del restaurant funcionaran de 11 a.m. a 11 p.m. y los ubicados en los pisos para uso de oficinas funcionaran de 8 a.m. a 8 p.m. Todos los equipos, por coincidencia, funcionaran 12 horas al día.

➤ **Datos de los Materiales Involucrados en la Construcción**

Los valores que se mostrarán serán de vital importancia para estimar la carga térmica sensible de los ambientes a climatizar. Cabe resaltar que algunos materiales restringen con mayor medida el intercambio de calor en comparación con otros; por ejemplo, un vidrio reflejante permite un menor ingreso de calor radiante al ambiente que un vidrio templado simple. Por otro lado la orientación del edificio influirá en gran manera la aportación de calor sobre los diferentes ambientes del hotel.

A continuación se muestran los valores de los coeficientes globales de transmisión de calor de los muros, vidrios y demás materiales utilizados en la construcción del edificio en mención:

Tabla 4.2.- Coeficientes Globales de Transmisión de Calor

<i>Coficiente Global de Transmisión de Calor</i>	<i>BTU/hr pie² °F</i>	<i>KCal/hr m² °C</i>
Muros Exteriores	0.35	1.71
Muros Interiores	0.35	1.71
Pisos y Techos	0.35	1.71
Ventanas de Vidrio Simple	1.06	5.17

4.3. Cálculos y Diseño

4.3.1. Elección del Método de Cálculo de Carga Térmica

La ASHRAE reconoce en sus diferentes publicaciones, desde su existencia, varios métodos de cálculo de cargas térmicas para seleccionar la capacidad de los equipos de climatización, los cuales se nombran a continuación:

- Método de Función de Transferencia (TFM)
- Método de Cálculo de Cargas por Temperatura Diferencial y Factores de Carga de Enfriamiento (CLTD/CLF)
- Método Valores de Temperatura Diferencial Total Equivalente y Tiempo Promedio (TETD/DA)
- Método de Cálculo de Cargas Térmicas por Balance de Calor (HB)
- Método de Serie de Tiempo Radiante (RTS)

El método RTS se describe en las ediciones más recientes del manual de ASHRAE FUNDAMENTALS, mientras que el método de CLTD/CLF pertenece a ediciones anteriores. El método de RTS es especialmente exacto ya que calcula el efecto retardado de las ganancias de calor radiante durante cada una de las últimas 24 horas con el fin de determinar la carga actual de refrigeración. Esto significa, por ejemplo, que este método le da la debida consideración a objetos externos que generan sombra sobre una ventana en la mañana y a zonas donde se producen picos de carga en la tarde.

El método CLTD/CLF, por otra parte, es un procedimiento que se puede verificar en forma manual y está basado en el método de función de transferencia (TFM).

Dicho método puede ser usado para estimar la carga térmica correspondiente a tres formas de ganancia de calor:

- Ganancia o pérdida de calor por conductividad a través de las paredes, ventanas y techos.
- Ganancia de calor radiante a través de las ventanas.
- Ganancia de calor interno debido a las personas, iluminación y equipos.

Además este método también incluye la carga térmica a partir de infiltraciones y ventilación.

Para poder trabajar con el método RTS no se cuenta con la suficiente información de los parámetros de entrada de este método y el método TETD/DA es recomendado para usuarios experimentados, es por estas razones que para el presente proyecto se realizarán los cálculos mediante el método CLTD/CLF.

4.3.2. Cálculo de Carga Térmica

Es necesario estimar la carga térmica de cada ambiente a climatizar para determinar la capacidad del equipo para cada uno de estos. La estimación debe hacerse considerando las situaciones más críticas, ya que así se tendrá un sistema apto para funcionar a cualquier régimen de exigencia.

Al día en el cual se alcanzan las condiciones más críticas se le denomina "Día del Proyecto", en el cual ocurren simultáneamente los siguientes factores:

1. La temperatura de bulbo seco y húmedo alcanzan su valor máximo simultáneamente.
2. La radiación solar es la máxima.
3. Todas las cargas térmicas internas están en funcionamiento.

Las diversidad de cargas térmicas no tienen un pico simultaneo; y por lo tanto debe determinarse el momento en el que la suma de todas estas sea la máxima.

En la estimación de la carga térmica es necesario considerar las fuentes externas e internas de generación de calor. Dentro de las fuentes externas tenemos: radiación solar, temperatura del aire exterior y aire exterior necesario para la renovación de aire del ambiente; y dentro de las internas tenemos: las personas, iluminación y aparatos eléctricos.

Es necesario diferenciar entre "ganancia o pérdida de calor", que es la cantidad instantánea de calor que entra o sale del espacio a climatizar; y la "carga real o efectiva", que es la cantidad instantánea de calor añadida o eliminada por el equipo de climatización. Ambos no necesariamente son iguales debido a la inercia térmica o efecto de almacenamiento en las estructuras de los ambientes a climatizar, el cual debe ser tomado en cuenta al estimar la carga térmica.

La ganancia de calor debido a la radiación solar recibida por una superficie depende de muchos factores: material de construcción y orientación de la superficie, latitud y altitud de la edificación a climatizar y hora del día.

La radiación solar recibida por una superficie y la temperatura externa varían durante el día, el número de personas dentro del ambiente puede variar con el tiempo, las luces pueden estar apagadas o encendidas. Todos estos factores influyen en el valor de la carga térmica, haciéndose necesario encontrar la hora en que la carga es máxima, como se dijo anteriormente.

Para el cálculo de la carga térmica debemos considerar los siguientes componentes:

- a) La ganancia de calor, a través de las superficies no opacas con o sin radiación.
- b) La ganancia de calor, a través de las superficies opacas con o sin radiación.
- c) El calor disipado por las personas dentro del local a climatizar.
- d) La ganancia de calor debido a la iluminación.
- e) La ganancia de calor debido a aparatos en general, los cuales pueden funcionar con electricidad, gas y vapor.
- f) La ganancia de calor debido al ingreso de aire externo.
- g) La ganancia de calor debido a diversos factores.

a) La ganancia de calor a través de las superficies no opacas

La determinación del calor ganado por radiación y convección a través de los cristales, es de cálculo muy laborioso, debido a que en todo el cristal expuesto a la radiación solar tiene lugar al equilibrio siguiente: Parte de la radiación solar es transmitida directamente, otra porción es reflejada y la parte restante es absorbida por el cristal, el cual a causa de la temperatura que alcanza, que depende siempre del tipo de cristal y de su calor específico como es lógico, intercambia calor por radiación y convección con el interior y el exterior.

Como es evidente, el cálculo de este equilibrio a lo largo del día, resulta excesivamente complicado; y con cristales corrientes no se comete error de

consideración al establecer la ganancia de calor a través del cristal como suma de la parte de calor introducida por la radiación solar, mas la transmitida a causa de la diferencia de temperatura entre le interior y el exterior.

Para estimar la ganancia de calor por la exposición de superficies no opacas a la radiación solar se empleara la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 Q_{a1} & \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) \\
 & = \text{Maxima Aportación Solar} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr} - \text{m}^2} \right) \times \text{Superficie Acristalada} (\text{m}^2) \times \\
 & \quad \text{Factores de Corrección} (F1, F2, F3, F4) \times \text{Factor de Sombra} \times \text{Factor de} \\
 & \quad \text{almacenamiento} \\
 & \dots\dots\dots (4.1)
 \end{aligned}$$

La máxima aportación solar depende del mes considerado, de la ubicación geográfica del local (latitud) y de la orientación de la superficie. Los valores correspondientes, pueden obtenerse de la Tabla 4.3

Este cuadro es un resumen de la Tabla 4.4, el cual contiene las ganancias máximas de calor solar para cada orientación, mes y latitud.

Los factores de corrección, permiten emplear el cuadro de máximas aportaciones para condiciones diferentes a las que fueron empleadas para su elaboración.

De la Tabla 4.3 se obtienen los siguientes factores:

- | | |
|--|---|
| ➤ Por marco metálico | $F1=1.17$ |
| ➤ Por limpieza de atmosfera | $F2= - 15\% \text{ máx.}$ |
| ➤ Por altitud | $F3= + 0.7\% \text{ por } 300\text{m.}$ |
| ➤ Por pto. de rocío superior a 19.5 °C | $F4= - 5\% \text{ por } 4 \text{ °C}$ |
| ➤ Por pto. de rocío inferior a 19.5 °C | $F5= + 5\% \text{ por } 4\text{°C}$ |

El factor de sombra tiene en cuenta la reducción de la carga de refrigeración cuando se emplean persianas venecianas interiores o exteriores y cortinas de telas. Estos factores se pueden obtener de la Tabla 4.5.

El factor de almacenamiento, que se obtiene de la Tabla 4.6, depende de la horas de funcionamiento al día de la unidad de climatización, de la hora solar, orientación de la superficie y del peso de la estructura del local en Kg/m² de superficie de suelo.

La carga de refrigeración obtenida por la fórmula descrita, no incluye el calor que se transmite como consecuencia de la diferencia de temperaturas entre el aire interior y exterior.

El calor transmitido debido a la diferencia de temperaturas entre el aire del ambiente y el exterior, puede ser obtenido de la fórmula siguiente:

$$Q_{a2} = U \times A \times (T_{ex} - T_{amb}) \dots\dots\dots (4.2)$$

En donde:

Q_{a2}: Calor a través de la superficie acristalada debido a la diferencia de temperaturas entre el aire del ambiente y exterior (kcal/hr)

U: Coeficiente global de transmisión de calor (kcal/hr-m²-°C)

A: Superficie acristalada (m²)

T_{ex}: Temperatura exterior (°C)

T_{amb}: Temperatura del ambiente a climatizar (°C)

En el caso de superficies no opacas interiores, se cambia la temperatura exterior (T_{ex}) por la temperatura de los ambientes contiguos (T_{anc}) en la ecuación anterior.

b) La ganancia de calor a través de las superficies opacas

Este flujo de calor se debe a la diferencia entre las temperaturas del aire que baña las caras exteriores e interiores del ambiente, y también el calor solar radiante absorbido por la paredes exteriores.

Siendo la radiación solar y la diferencia de temperaturas variables, durante el día la intensidad del flujo de calor también lo será, lo cual hace complicado su cálculo por ser un sistema no permanente.

Por lo tanto, se ha recurrido al concepto empírico de diferencia equivalente de temperaturas, definida como la diferencia entre la temperaturas del aire del ambiente y exterior que produce el mismo flujo calorífico total, a través de la estructura, tomando en cuenta la radiación solar variable y la temperatura exterior.

Este flujo de calor se puede obtener por la siguiente fórmula:

$$Q_b = U \times A \times \Delta T_e \dots\dots\dots (4.3)$$

En donde:

Q_b : Calor a través de las superficies opacas con radiación (kcal/hr)

U : Coeficiente global de transmisión de calor (kcal/hr-m²-°C)

A : Área considerada (m²)

ΔT_e : Diferencia equivalente de temperaturas (°C)

El valor de la diferencia equivalente de temperaturas, depende del tipo de construcción (peso), de la orientación del muro, de la situación geográfica del local (latitud) del mes y de la hora de cálculo.

Esta diferencia equivalente de temperaturas, se puede obtener de la Tabla 4.7, para el caso de muros soleados o a la sombra y de la Tabla 4.8 para techos soleados o a la sombra.

En la Tabla 4.7, las orientaciones corresponden al hemisferio norte; sin embargo, pueden ser empleados para el hemisferio sur, como es nuestro caso, teniendo en cuenta las siguientes equivalencias:

Tabla 4.9

<i>Orientación en el Hemisferio Sur</i>	<i>Orientación en el Hemisferio Norte</i>
Noroeste	Sureste
Este	Este
Sureste	Noreste
Sur (sombra)	Norte (sombra)
Suroeste	Noroeste
Oeste	Oeste
Noroeste	Suroeste
Norte	Sur

Las Tablas 4.7 y 4.8 han sido elaborados para las siguientes condiciones:

- Temperatura exterior: 35 °C
- Temperatura del ambiente: 27 °C
- Variación de la temperatura exterior en 24 horas: 11°C
- Techos y paredes de color oscuro
- Orientación de 40° de Latitud Norte

➤ Mes de Julio

Para otras condiciones, como el caso en estudio, es necesario utilizar la expresión:

$$\Delta T_e = a + \Delta T_{es} + \frac{b \times R_s}{R_m} + (\Delta T_{em} - \Delta T_{es}) \dots\dots\dots (4.4)$$

En donde:

ΔT_e : Diferencia equivalente corregida.

a: Es el coeficiente de corrección para una diferencia de temperaturas entre el exterior e interior diferente de 8 °C y con una variación de temperaturas exteriores en 24 horas distinta de 11 °C (Ver Tabla 4.10)

ΔT_{es} : Es la diferencia equivalente de temperaturas a la hora considerada para la pared a la sombra.

ΔT_{em} : Es la diferencia equivalente de temperaturas a la hora considerada para la pared soleada. (Ver Tabla 4.7 o 4.8)

b: Es el coeficiente que considera el color de la cara exterior de pared.

Para paredes de color oscuro como el azul oscuro, rojo oscuro, marrón oscuro, etc., se tiene: $b=1.0$

Para paredes de color medio como el verde, azul o gris claro, se tiene $b=0.78$

Para paredes de color claro como el blanco o el crema, el valor será $b=0.55$

Rs: Es la máxima insolación (kcal/hr-m^2) correspondiente al mes y la latitud en estudio, a través de una superficie acristalada vertical para la orientación considerada (en el caso de pared), u horizontal (techo). Ver Tabla 4.3 o 4.4

Rm: Es la máxima radiación solar (kcal/hr-m^2) correspondiente al mes de Julio, a 40° de latitud norte, a través de una superficie acristalada, vertical, para la orientación considerada (en el caso de pared) u horizontal (en el caso de techo). Ver Tabla 4.3 o 4.4

Por último, debe mencionarse que para los ambientes que serán climatizados que tienen paredes interiores que colindan con ambientes no climatizados o tienen muros que no están expuestas a radiación solar, la diferencia equivalente de temperaturas, será igual a la diferencia de temperaturas entre los ambientes respectivos y la ecuación N° 4.3 se convierte en:

$$Qb = U \times A \times (Tanc - Tamb) \dots\dots\dots (4.5)$$

o:

$$Qb = U \times A \times (Text - Tamb) \dots\dots\dots (4.6)$$

Donde:

Tex: Temperatura exterior ($^\circ\text{C}$)

Tanc: Temperatura del ambiente contiguo ($^\circ\text{C}$)

Tamb: Temperatura del ambiente a climatizar (°C)

c) El calor disipado por persona

Como ya se ha indicado, cada ocupante de acuerdo con su actividad y las condiciones del aire que lo rodea, cede al ambiente calor en forma sensible y humedad o calor latente. Se puede observar que cuanto mayor es el trabajo desarrollado, mayor es el calor a ser disipado.

El calor que liberan las personas se puede determinar por las siguientes formulas:

$$Q_{sp} = C1 \times Np \quad \dots\dots\dots (4.7)$$

En donde:

Qs: Es el calor sensible (kcal/h)

C1: Es el calor sensible que libera una persona (Ver Tabla 4.11)

Np: Es el número de personas al interior del local (Ver Tabla 4.1)

$$Q_{lp} = C2 \times Np \quad \dots\dots\dots (4.8)$$

En donde:

Qs: Es el calor sensible (kcal/h)

C2: Es el calor latente que libera una persona (Ver Tabla 4.11)

Np: Es el número de personas al interior del local (Ver Tabla 4.1)

d) Ganancia de Calor por iluminación

Para la ganancia de calor por iluminación se considerará un valor de carga en vatios por metro cuadrado de área de suelo, tal como se expuso en el punto iluminación del numeral 4.2.3, por lo tanto la fórmula para estimar la carga térmica resulta:

$$Q_i = C_i \times A_s \times K \dots\dots\dots (4.9)$$

En donde:

Qi: Es la ganancia de calor por iluminación (kcal/hr)

As: Es el área de suelo del ambiente (m²)

K: Es igual a 0.86 kcal/hr-W cuando son lámparas incandescentes, y igual a (0.86 x 1.25) kcal/hr-W cuando son lámparas fluorescentes

Ci: Es la carga por iluminación en W/m² (Ver punto iluminación en el numeral 4.2.3)

e) Ganancia de Calor debido a los Aparatos en general

Este componente de la carga térmica se obtiene de la Tabla 4.12 en la cual se observan ganancias de calor para diferentes aparatos de restaurant que funcionan con electricidad, gas o vapor. Para las computadoras se considera 250 Watt por PC.

f) Ganancia de Calor debido al Aire Externo

La introducción artificial de aire exterior en forma continua al ambiente a climatizar, ya sea para evitar concentración de CO₂ o para compensar el aire extraído por las campanas extractoras de los aparatos de restaurant, produce carga térmica sensible y latente

Por lo tanto, la ganancia de calor por aire exterior se describe mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{es} = PR \times 1.1 \times C \times (T_{ex} - T_{amb}) \quad \dots\dots\dots (4.10)$$

En donde:

Q_{es}: Es la ganancia de calor sensible (BTU/hr)

PR: Relación entre presión barométrica y presión estándar ASHRAE

C: Es el caudal de aire exterior (CFM)

T_{ex}: Es la temperatura exterior (°F)

T_{amb}: Es la temperatura de la sala (°F)

Además:

$$Q_{el} = PR \times 0.68 \times C \times (W_{ex} - W_{amb}) \quad \dots\dots\dots (4.11)$$

En donde:

Qel: Es la ganancia de calor latente (BTU/hr)

PR: Relación entre presión barométrica y presión estándar ASHRAE

C: Es el caudal de aire exterior (CFM)

Wex: Es la humedad específica del aire exterior (granos de agua/Lb de aire seco)

Wamb: Es la humedad específica del aire del ambiente a climatizar (granos de agua/Lb de aire seco)

A continuación se presenta el procedimiento para estimar la carga térmica, mediante el método CLTD/CLF, para un ambiente de la edificación. Durante el desarrollo del procedimiento se utilizan relaciones termodinámicas y expresiones extraídas de los manuales y estándares de ASHRAE.

Posteriormente se mostrará un resumen de todos los valores estimados obtenidos de carga térmica de los diferentes ambientes de la edificación, los cuales fueron obtenidos siguiendo el procedimiento que se detalla más adelante.

El ambiente del cual se estimara la carga térmica es el Área de Comedor - Alimentos, ubicado en el primer piso, el cual se encuentra rodeado por ambientes sin climatizar, por paredes de las edificaciones contiguas y por la avenida primavera.

La carga térmica para cualquier ambiente está conformada por calor sensible y calor latente, el procedimiento de cálculo de dichas cargas se muestra a continuación.

En este caso particular, ninguna de los elementos constructivos del ambiente elegido se encuentra a expuesta a radiación solar, debido a que la mayor parte de los muros del ambiente elegido se encuentran junto a los muros de las edificaciones contiguas, la otra parte de los muros son internos y la entrada, que es totalmente de vidrio, tiene orientación sur que es considerada como sombra en el hemisferio sur (ver Tabla N° 4.9 y planos); es por ello que la carga térmica dependerá prioritariamente de la cantidad de personas que se encuentran en el ambiente, de la temperatura exterior del aire, de la temperatura de los ambientes que no se climatizaran y del caudal de aire externo que ingresará al ambiente.

Primero, es necesario conocer la hora, día y mes donde se concentra la mayor carga térmica del ambiente. Cabe resaltar que cada ambiente que se va a climatizar tendrá su propio día, hora y mes de mayor aportación simultánea de las diversas cargas térmicas, al igual que al ver la edificación como un todo.

Para nuestro caso la mayor carga térmica se presentara entre las 12 a.m. y 3 p.m. del mes de febrero; cuyas condiciones se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.13.- Condiciones del Área Comedor - Alimentos

Datos	Valor	Valor
Temperatura de bulbo seco exterior	30.4 °C	86.72 °F
Temperatura de bulbo humedo exterior	24.4 °C	75.92 °F
Humedad Exterior	16.90 gr/kg de aire seco	118.32 granos/lb de aire seco
Temperatura de bulbo seco de ambientes sin climatizar	29.3 °C	84.74 °F
Temperatura de bulbo seco de ambiente elegido	23.5 °C	74.30 °F
Temperatura de bulbo húmedo de ambiente elegido	17.8 °C	64.04 °F
Humedad del ambiente elegido	9.95 gr/kg de aire seco	69.66 granos/lb de aire seco

Para el cálculo de la carga térmica total y el cálculo psicométrico utilizaremos la siguiente relación:

$$PR = \frac{\text{Presión Barométrica}}{\text{Presión Estándar ASHRAE}} = \frac{29.86}{29.921} = 0.998$$

Para estimar el calor sensible ganado a través de ventanas solo utilizaremos la Ecuación 4.2 debido a que la ventana no está expuesta a radiación solar. En caso contrario, es decir ventanas expuestas a radiación solar, el calor sensible ganado sería la suma de la Ecuación 4.1 y 4.2

$$Q_{a2} = U \times A \times (T_{ex} - T_{amb})$$

Donde: "U" se obtiene de la Tabla N° 4.2, "A" de los planos de arquitectura y las temperaturas de la Tabla N° 4.13.

Entonces **Qa2** es igual a **1,084.10 kcal/hr** (4,302.79 BTU/hr o 1.26 kW)

Ahora estimaremos el calor sensible ganado a través de los muros y el techo que rodean al ambiente elegido, mediante las Ecuaciones N° 4.5 y N° 4.6 debido a que los muros exteriores, interiores y techo no están expuestos a radiación solar.

$$Qb = U \times A \times (T_{anc} - T_{amb}) \text{ y } Qb = U \times A \times (T_{ext} - T_{amb})$$

Donde: "U" se obtiene de la Tabla N° 4.2, "A" de los planos de arquitectura y las temperaturas de la Tabla N° 4.13.

Entonces **Qb** es igual a **10,462.04 kcal/hr** (45,523.84 BTU/hr o 12.17 kW)

Ahora estimaremos el calor sensible y latente ganado por la disipación de calor de las personas, mediante las Ecuaciones N° 4.7 y N° 4.8.

$$Qsp = C1 \times Np \text{ y } Qlp = C2 \times Np$$

Donde: "C1" y "C2" lo obtenemos interpolando valores de la Tabla 4.11 y "Np" de la Tabla N° 4.1.

En este caso no emplearemos el factor de diversidad en el Área de Comedor - Alimentos debido a que la marca del restaurant tiene de gran popularidad, por ende la mayoría de veces está completamente lleno e incluso hay personas esperando a que se desocupe alguna mesa.

El factor de diversidad indica que los ambientes que puede albergar gran cantidad de personas, en la hora punta o pico solo llegan a un porcentaje, generalmente 85%, del máximo de personas admisibles.

Entonces **Q_{sp}** es igual a **18,676.19 kcal/hr** (74,125.80 BTU/hr o 21.72 kW) y **Q_{lp}** es igual a **17,046.81 kcal/hr** (67,658.79 BTU/hr o 19.83 kW)

Seguimos estimando el calor latente ganado por la iluminación mediante la Ecuación N° 4.9

$$Q_i = C_i \times A_s \times K$$

Donde: "C_i" se obtiene del punto iluminación del numeral 4.2.3, "A_s" de los planos de arquitectura y "K" es el valor para lámparas fluorescentes.

Entonces **Q_i** es igual a **13,377.95 kcal/hr** (53,097.08 BTU/hr o 15.56 kW).

Continuando con el procedimiento, ahora estimaremos la ganancia de calor latente debido a aparatos en general (Q_{ap}). Se conoce que en el Área de Comedor y Alimento se cuenta con parrillas, freidoras, hornos y otros, sin embargo no se sabe la cantidad de cada uno de estos ni tampoco detalles técnicos de los mismos; por lo que no se podrá utilizar la Tabla N° 4.12. Por esta razón asumiremos que la ganancia de calor debido a aparatos en general es 10 watts por metro cuadrado.

Según los planos de arquitectura, el área aproximada de las parrillas, freidoras, hornos y otros es 30.81 m^2 .

Entonces Q_{ap} es igual a 308.1 watts (**264.92 kcal/hr** o 1,051.46 BTU/hr)

Finalmente estimaremos la ganancia de calor sensible y latente por el ingreso de aire externo al ambiente en estudio, para lo cual utilizaremos las Ecuaciones 4.10 y 4.11. Pero para utilizar las ecuaciones mencionadas se necesita calcular el caudal de aire para evitar la concentración de CO_2 ; para ello tomamos en cuenta las recomendaciones del Pocket Guide de ASHRAE, el cual indica que el ratio mínimo a considerar es 7.5 CFM por persona, pero se elige el valor de 10 CFM por persona para poder estar por encima del mínimo. Por lo tanto, para las 257 personas que pueden llegar a ocupar el Área de Comedor - Alimentos se tiene un caudal de ventilación de 2,570 CFM. Cabe resaltar que para calcular este caudal

no se aplica el factor de diversidad ya que como se dijo anteriormente el ambiente generalmente está lleno.

Al caudal de ventilación debemos añadirle el caudal de aire que se inyecta para compensar el aire extraído por las campanas extractora. Según los cálculos del sistema de extracción e inyección de aire, el caudal de aire que se necesita inyectar al ambiente es aproximadamente de 5,000 CFM; por lo que se tendría un total de 7,570 CFM de aire externo que se tiene que introducir al ambiente.

Cabe indicar que el calor sensible aportado por el aire exterior de ventilación no es tan representativo como el calor latente que este mismo aporta. El calor sensible aportado por el aire de ventilación se calcula mediante la Ecuación 4.10

$$Q_{es} = PR \times 1.1 \times C \times (T_{ex} - T_{amb})$$

Donde: PR es igual a 0.998, C es igual a 7,570 CFM y las temperaturas las obtenemos de la Tabla 4.13, en °F.

Entonces Q_{es} es igual a 103,214.50 BTU/hr (**26,005.17 kcal/hr** o 30.24 kW).

De igual manera se obtiene el calor latente aportado por el aire de ventilación, el cual se calcula mediante la ecuación 4.11

$$Q_{el} = PR \times 0.68 \times C \times (W_{ex} - W_{amb})$$

Donde: PR es igual a 0.998, C es igual a 7,700.00 CFM y las temperaturas las obtenemos de la Tabla 4.13

Entonces **Q_{el}** es igual a 249,981.25 BTU/hr (**62,983.43 kcal/hr** o 73.25 kW).

Finalmente el calor sensible del ambiente es 227,166.93 BTU/hr (57,235.31 kcal/hr) y el calor latente del ambiente es 371,788.58 BTU/hr (93,673.11 kcal/hr).

Entonces el **Calor Total (Q_t)** es igual a **598,955.51 BTU/hr** (150,908.42 kcal/hr).

Una vez obtenido el calor total del ambiente se realiza el cálculo del caudal de aire (C) necesario para extraer dicho calor. Para este fin utilizaremos la siguiente ecuación:

$$Q_t = PR \times 1.1 \times C \times \Delta T_{es}$$

De esta ecuación despejamos el caudal (C) en función de la otras variables, se debe tomar en cuenta que la diferencia de temperatura (ΔT_{es}) es entre la entrada y salida del aire del serpentín del evaporador.

Luego de realizar la operación se obtiene un caudal de 19,583.50 CFM.

De esta misma manera se calcula las cargas térmicas sensibles, latentes y totales así como el caudal de aire a ser insuflado para el resto de los ambientes de la edificación; en las Tablas 4.14 y 4.15 se muestra un resumen de lo mencionado anteriormente.

Tabla 4.14.- Resumen de Cargas Térmicas

<i>Ambiente</i>	<i>Piso</i>	<i>Calor Sensible (BTU/hr)</i>	<i>Calor Latente (BTU/hr)</i>	<i>Calor Total (BTU/hr)</i>
Área de Comedor - Alimentos	01	227,166.93	371,788.58	598,955.51
Bar Lounge	02	18,830.77	33,406.43	52,237.20
Oficina 01	03	12,759.93	5,034.07	17,794.00
Oficina 02	03	11,820.74	3,554.26	15,375.00
Oficina 03	03	12,427.70	4,117.30	16,545.00
Oficina 04	03	9,995.02	3,804.98	13,800.00
Oficina 05	03	8,343.74	4,558.76	12,902.50
Oficina 06	03	8,306.52	3,453.48	11,760.00
Oficina 07	03	13,175.60	7,914.40	21,090.00
Recepción 01	03	12,042.30	5,117.70	17,160.00
Recepción 02	03	17,108.34	5,429.16	22,537.50
Directorio 01	03	10,267.36	7,072.64	17,340.00
Directorio 02	03	7,435.88	6,709.12	14,145.00
Oficina 01	04	12,615.19	4,852.31	17,467.50
Oficina 02	04	10,287.47	3,842.53	14,130.00
Oficina 03	04	12,831.04	3,683.96	16,515.00
Oficina 04	04	12,447.64	4,119.86	16,567.50
Oficina 05	04	11,563.63	4,006.37	15,570.00
Recepción 01	04	26,827.51	7,274.99	34,102.50
Directorio 01	04	14,527.87	7,619.63	22,147.50

Tabla 4.15.- Resumen de Caudales de Aire

<i>Ambiente</i>	<i>Piso</i>	<i>Caudal Total (CFM)</i>	<i>Caudal Total (m³/hr)</i>	<i>Caudal Aire Ext. (CFM)</i>	<i>Caudal Aire Ext. (m³/hr)</i>
Área de Comedor - Alimentos	01	19,583.50	33,271.32	2570.00	4,366.29
Bar Lounge	02	1,707.95	2,901.72	500.00	849.47
Oficina 01	03	581.79	988.44	50.00	84.95
Oficina 02	03	502.70	854.06	30.00	50.97
Oficina 03	03	540.96	919.06	30.00	50.97
Oficina 04	03	451.21	766.57	30.00	50.97
Oficina 05	03	421.86	716.72	50.00	84.95
Oficina 06	03	384.51	653.25	30.00	50.97
Oficina 07	03	689.56	1,171.53	100.00	169.89
Recepción 01	03	561.06	953.22	50.00	84.95
Recepción 02	03	736.89	1,251.93	50.00	84.95
Directorio 01	03	566.95	963.22	80.00	135.92
Directorio 02	03	462.49	785.74	80.00	135.92
Oficina 01	04	571.12	970.30	50.00	84.95
Oficina 02	04	462.00	784.91	30.00	50.97
Oficina 03	04	539.98	917.39	30.00	50.97
Oficina 04	04	541.69	920.31	30.00	50.97
Oficina 05	04	509.08	864.90	30.00	50.97
Recepción 01	04	1,115.02	1,894.36	60.00	101.94
Directorio 01	04	724.14	1,230.27	80.00	135.92

4.3.3. Diseño de Ductos y Calculo de caída de Presión

Los sistemas de distribución de aire, transportan el aire tratado, desde el equipo acondicionador hasta los ambientes que van a ser climatizados, a través de

ductos, difusores y rejillas; los cuales se diseñan con velocidades que no causen ruidos ni excesivas pérdidas de fricción.

La disposición de los ductos, deberá ser efectuada de modo que la distribución de aire sea lo más directa posible. Para establecer el criterio de diseño de los sistemas de ductos es necesario tener presente la combinación de los factores económicos y técnicos. Es evidente que un sistema de ductos puede diseñarse con velocidades de aire muy bajas, dando como resultado bajas pérdidas de fricción; hasta muy altas, con las que las pérdidas de fricción serían altas.

Cuando la velocidad del aire es baja, se tiene un ahorro en la energía del ventilador, pero los ductos al ser más voluminosos son más caros; por el contrario a velocidades de aire altas, se necesitaría mayor energía en el ventilador pero hay un ahorro en el costo de los ductos.

En cualquier sistema de enfriamiento o calefacción, el ventilador deberá tener la capacidad necesaria para entregar la cantidad de aire requerido a una presión igual o mayor que la resistencia ofrecida por el sistema de ductos.; por esta razón es importante calcular la caída de presión en el sistema de ductos para seleccionar de manera correcta los equipos acondicionadores.

Para el cálculo de las dimensiones de los ductos se utilizara el método de *pérdida constante*, que consiste en que todo los ductos tengan la misma perdida debido al rozamiento por unidad de longitud a lo largo de todo el sistema. Este método permitirá dimensionar todo el sistema de ductos y determinar la perdida de carga total, que debe ser superada por el ventilador y que corresponda al recorrido de mayor resistencia (critico). El parámetro es considerar una pérdida de presión de 0.1 mm c.a por cada metro de ducto, el cual es aproximadamente igual a 0.1 pulg. c.a. por cada 100 pies de ducto.

Para calcular las dimensiones de los ductos se utilizo un ductulador, instrumento que indicando dos parámetros de los tres principales (caudal, velocidad y caída de presión) se puede conocer la sección circular del ducto o su equivalente rectangular.

Para lo cálculos de caída de presión utilizaremos las siguientes ecuaciones:

➤ Para los tramos rectos

$$\Delta P = \Delta P_{ducto} \times \text{Longitud del Ducto} \dots\dots\dots (4.12)$$

Donde:

ΔP_{ducto} : Es la caída de presión en ductos rectos, igual 0.1 pulg. c.a por cada 100 pies

➤ Para los codos, transformaciones y accesorios

$$\Delta P = c \times H_v = c \times (V/4000)^2 \quad \dots\dots\dots (4.13)$$

Donde:

c: Coeficientes de Perdidas, se obtiene de la Tabla 4.16

H_v: Presión de velocidad en la conexión, pulg. de c.a.

V: velocidad, en pies/min (FPM)

Adicionalmente a la caída de presión calculada se le suma la caída de presión de los difusores y rejillas que formen parte del sistema de ductos. Este valor de la caída de presión de difusores y rejillas varia en relación al tamaño y la velocidad del aire que atraviesa las mismas; el cual es generalmente proporcionado por el fabricante.

Cabe mencionar que la caída de presión en el filtro está incluida en los serpentines del ventilador (fan coil) y las manejadoras de aire debido a que generalmente vienen instalados de fabrica, es decir solo se selecciona el equipo con la caída de presión exterior al mismo. Por otro lado para los ventiladores este detalle no está considerado, ya que desde fabrica no vienen instalados los filtros de aire, y por lo tanto se le debe añadir la caída de presión del filtro. Por ejemplo para un filtro de

30% de eficiencia, la caída de presión es de 0.5 pulg. c.a. cuando este se encuentre limpio, y llega a ser 1 pulg. c.a. cuando se ensucia.

Como ejemplo del procedimiento a seguir, calcularemos la caída de presión del sistema de ductos de la MAN-1-01, ubicada en el primer piso. Los datos se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 4.17.- Caída de Presión en ductos

<i>Elemento del Ducto</i>	<i>Dimensión (pulg x pulg)</i>	ΔP_{ducto}	<i>Longitud (pulg)</i>	<i>c</i>	<i>V (FPM)</i>	<i>Caída de Presión (pulg c.a.)</i>
Tramo Recto	23 x 12	0.1	30.98			0.03098
Transformación Y				0.52	1043.84	0.03541
Tramo Recto	16 x 10	0.1	56.15			0.05615
Reducción				0.05	900	0.00253
Tramo Recto	14 x 7	0.1	41.32			0.04132

La caída de presión en los difusores de 12" x 12" es aproximadamente 0.0099 pulg. c.a.; entonces la caída de presión en el sistema de ductos de la manejadora MAN-1-01 es 0.19 pulg. c.a.

Análogamente se realiza este procedimiento para todos los serpentín ventiladores (fan coils) y manejadoras de aire.

4.3.4. Diseño de tuberías de agua helada

Un aspecto fundamental es saber la cantidad de agua helada que se requiere para poder evacuar una cierta cantidad de calor de un ambiente a climatizar.

Por tal motivo calcularemos la cantidad de agua, tomando las siguientes consideraciones:

- El agua es suministrada por los enfriadores de agua (chillers) a una temperatura de 44 °F o 45°F, aproximadamente a 7 °C.

A esta temperatura, las propiedades termo físicas del agua son las siguientes:

Calor específico $C_e = 1 \text{ kcal/Kg } ^\circ\text{C} = 1 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$

Densidad $\rho = 999.93 \text{ Kg/m}^3 = 62.396 \text{ lb/pie}^3$

- Se estima que la variación de temperatura del agua (ΔT) por la ganancia de calor (Q) será de 10 °F.

Para calcular la cantidad de agua helada (C) utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Q = C \times \rho \times C_e \times \Delta T$$

Asumimos que Q es igual 1 Tonelada de Refrigeración (12,000 BTU/hr o 3,024 kcal/hr) y obtenemos que C es igual a 0.544 m³/hr (2.4 GPM).

Esto quiere decir que por cada tonelada de refrigeración se requiere 2.4 GPM. Este es un factor de gran utilidad para el dimensionamiento de las tuberías.

Para el dimensionamiento de la tuberías de agua helada utilizaremos la siguiente tabla, que es un resumen de cálculos efectuados considerando el caudal de agua, temperatura, velocidades máximas recomendadas (la cual no debe exceder los 5.5 pies por segundo. Ref.3), rugosidad del tubo, caídas de presión estática por metro de longitud de tubo, densidad, viscosidad y factor de fricción.

Tabla 4.18.- Dimensionamiento de tuberías de agua helada

<i>Toneladas de Refrigeración</i>		<i>GPM (Galones por minuto)</i>		<i>Tubería (Φ)</i>
< 0	0.5]	< 0	1.2]	1/2"
< 0.5	1.5]	< 1.2	3.6]	3/4"
< 1.5	3]	< 3.6	7.2]	1"
< 3	6.5]	< 7.2	15.6]	1 1/4"
< 6.5	10]	< 15.6	24]	1 1/2"
< 10	19.5]	< 24	46.8]	2"
< 19.5	31]	< 46.8	74.4]	2 1/2"
< 31	55.5]	< 74.4	133.2]	3"
< 55.5	113.5]	< 133.2	272.4]	4"
< 113.5	178]	< 272.4	427.2]	5"
< 178	257.5]	< 427.2	618]	6"
< 257.5	462.5]	< 618	1,110]	8"
< 462.5	736]	< 1,110	1,766.4]	10"
< 736	1,051.5]	< 1,766.4	2,523.6]	12"
< 1,051.5	1,277.5]	< 2,523.6	3,066.0]	14"

4.4. Selección de Equipos

4.4.1. Selección del Enfriador de Agua (Chiller)

Para seleccionar el enfriador de agua (Chiller) habrá que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Calor sensible
- Calor latente
- Calor total
- Caudal de agua
- Temperatura de entrada del agua
- Temperatura de salida del agua
- Temperatura de entrada del aire al condensador
- Características eléctricas

El calor sensible, calor latente y calor total de cada ambiente y del edificio, como un todo, se estimó en el punto 4.3.2. La temperatura de entrada y salida del agua en el enfriador (*chiller*) son datos que usualmente brindan los fabricantes y se diseñan en base a las temperaturas estandarizadas que ellos manejan. La temperatura de entrada de aire al evaporador es la temperatura exterior en la época de verano, ya que esta es la estación crítica. Las características eléctricas con las cuales se seleccionará el enfriador de agua (*chiller*) dependen en gran medida de las especificaciones brindadas por el responsable de esta rama, ya que es la persona encargada de diseñar el sistema eléctrico de todo el edificio

Si bien es cierto la carga total térmica es 968,141.71 BTU/h (80.68 Ton. de Refrigeración), esta la multiplicaremos por un factor de seguridad de 10% para prevenir el aumento de carga térmica debido a futuras ampliaciones o cambios que pueda sufrir la edificación multifuncional; por lo tanto seleccionaremos un chiller de como mínimo 88.75 toneladas de refrigeración.

Según información del fabricante YORK sólo comercializa *chillers* enfriado por aire tipo *scroll desde 15* hasta 175 toneladas de refrigeración y tipo tornillo desde 150 hasta 515 toneladas de refrigeración. Por esta razón, la única opción a elegir sería un chiller enfriado por aire tipo scroll.

Cabe mencionar que el enfriador de agua (*chiller*) tipo *scroll* trabaja con flujos constantes de refrigerante, por lo tanto para que dicho refrigerante no se subenfrie dentro del intercambiador de calor se deberá trabajar con un circuito primario y secundario de bombeo de agua; el circuito primario servirá para recircular un caudal constante de agua dentro del intercambiador del enfriador de de agua (*chiller*) mientras que el circuito secundario servirá para recircular parte del agua del circuito primario a los serpentín ventilador (*fan coil*) y manejadoras de aire de la edificación. A continuación se presenta una figura que esquematiza ambos circuitos de bombeo.

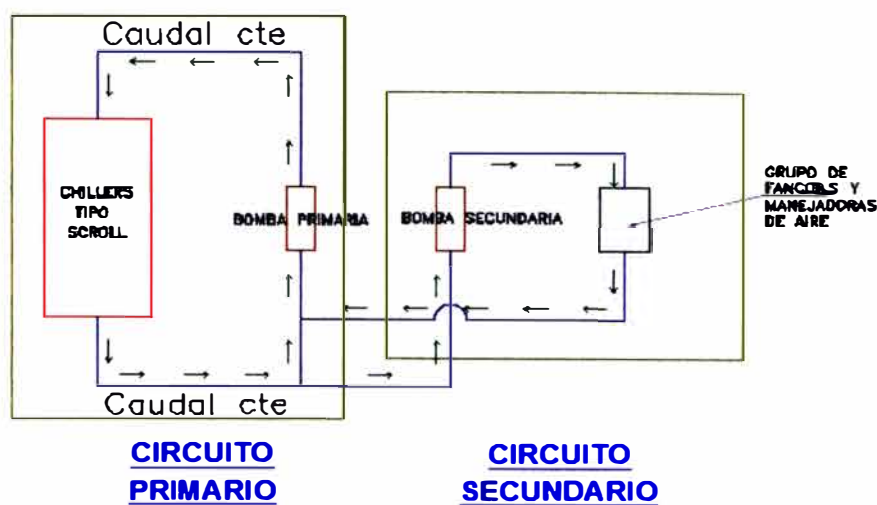


Figura 4.2.- Circuitos de Bombeo para enfriador de agua (*chiller*) tipo *Scroll*

Mientras que el caudal de agua en el circuito primario es constante, el caudal del circuito secundario varía en relación a la cantidad de serpentines ventiladores (*fan coils*) y manejadoras que se enciendan dentro de la edificación, esto va de la mano con la demanda de carga térmica. Asimismo conforme va aumentando el caudal de agua helada dentro del circuito secundario se van encendiendo los compresores de refrigerante del enfriador de agua (*chiller*) para evitar que la temperatura del agua se eleve.

El control de la carga térmica es escalonado debido a que se cuenta con varios compresores en total, los cuales pueden entrar o salir de funcionamiento dependiendo de la demanda de carga térmica.

Por otro lado debido a que la bomba del circuito secundario debe trabajar con diferentes caudales se le deberá instalar un variador de frecuencia, el cual actuará sobre las revoluciones del motor, para poder cubrir la demanda de agua helada a las distintas horas del día; por lo general el mínimo caudal de agua con la que puede trabajar esta bomba es el 20% de su carga máxima.

Con la consideración mencionada en los párrafos anteriores, se selecciona el chiller enfriado por aire YLAA0090SE de la marca York (91.5 toneladas de refrigeración). Para mayor detalle de las características técnicas del chiller enfriado por aire tipo scroll seleccionado ver apéndice.

Finalmente el caudal de agua a utilizar se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_t = C \times \rho \times C_e \times \Delta T$$

En donde:

Q: Calor Total = 1,098,000 BTU/hr

C: Caudal de Agua

ρ : Densidad = 999.93 Kg/m³ = 62.396 lb/pie³

Ce: Calor específico = 1 kcal/Kg °C = 1 BTU/lb °F

ΔT : Diferencia de Temperatura de Agua Chiller = 10 °F

Despejando el caudal y reemplazando los valores obtenemos:

$$C = \frac{Q^t}{(\rho \times C_e \times \Delta T)} = \frac{1,098,000}{(62.396 \times 1 \times 10)} = 1759.73 \text{ pie}^3/\text{hr}$$

El caudal de agua es igual a 1,759.73 pie³/hr (219.51 GPM o 13.85 l/s)

Entonces se tienen los siguientes parámetros de selección:

- Capacidad Total: 1,098,000 BTU/h (321.74 kW)
- Caudal: 219.51 GPM (13.85 l/s)
- Temperatura de entrada de agua: 54°F (dato proporcionado por YORK)
- Temperatura de salida de agua: 44°F (dato proporcionado por YORK)
- Temperatura de entrada de aire al condensador: 85°F
- Características Eléctricas: 220 V - 3φ - 60 Hz - 90kW

4.4.2. Selección de Bombas

La selección de una bomba se realiza en base a dos parámetros:

- Caudal
- Caída de presión a vencer

Para nuestro caso el máximo caudal de agua que deberá bombearse desde el enfriador de agua (*chiller*) hasta las unidades serpentín ventilador (*fan coil*) y las unidades manejadoras de aire de todo la edificación es de 220 GPM.

Para calcular la caída de presión en la bomba primaria se tiene que calcular la caída de presión en el suministro y retorno entre la bomba primaria y el enfriador (*chiller*), esto quiere decir que la caída presión de la bomba es igual a la suma de las pérdidas en el evaporador del chiller, en el kit hidráulico y las pérdidas de las tuberías y conexiones del circuito primario.

Las pérdidas en las tuberías y accesorios de ambos circuitos, primario y secundario, lo calcularemos utilizando la Tabla 4.19, del cual se obtiene las pérdidas de las tuberías en pies de c.a. por cada 100 pies de longitud, para lo cual necesitamos dos parámetros de los tres graficados (caudal, velocidad y diámetro de la tubería); y la Tabla 4.20, del cual se obtiene la longitud equivalente de las conexiones y válvulas, para lo cual necesitamos el tamaño del tubo y el tipo de accesorio o válvula.

Comenzaremos calculando las pérdidas de las tuberías y los accesorios del circuito primario, el cual tiene 8.9226 m (29.27 pies) de tubería de \varnothing 4", 4 codos de 90 (\varnothing 4") y 4 Tee (\varnothing 4"), por el cual circula un caudal de 220.00 GPM.

De la Tabla 4.20 obtenemos la longitud equivalente de los codos y Tee, que es 11 y 22 pies respectivamente, por lo tanto la longitud total es igual a 161.27 pies. Luego con el caudal y el diámetro de la tubería se obtiene de la Tabla 4.19 que la

perdida por fricción es 3.15 pies de c.a. por 100 pies, dando como resultado que las pérdidas de las tuberías y accesorios del circuito primario es 5.08 pies de c.a.

De las especificaciones del chiller seleccionado se obtiene que las pérdidas en el evaporador del mismo es 9 pies de c.a. y que las pérdidas por el hydro kit es 4 pies de c.a.

Sumando todas las pérdidas obtenemos un total de 18.08 pies de c.a. y multiplicando este valor por un factor de seguridad de 1.8, tenemos que las pérdidas es aproximadamente 32.54 pies de c.a.

Entonces para seleccionar la bomba del circuito primario se tienen los siguientes parámetros:

- Caudal = 220 GPM
- Caída de presión a vencer por la bomba = 32.54 pies de columna de H₂O.

Con los resultados obtenidos, se selecciona el hydro kit opción K (Serie 4382 - Dual - 4x4x8 - 7.5 HP - 1800 RPM - 7.9 pulg.). Para mayor detalle de las características técnicas de la bomba primaria seleccionado ver apéndice.

Para calcular la máxima caída de presión en la bomba secundaria se deben efectuar dos cálculos:

- Primero, se debe calcular la caída de presión entre la bomba y el serpentín ventilador (*fan coil*) o manejadora más alejado.
- Segundo, se debe calcular la caída de presión entre la bomba y la unidad que presente mayor restricción al flujo.

De ambos cálculos se elige el que sea mayor.

Los datos del sistema de tuberías del equipo acondicionador más alejado, que es la manejadora de aire MAN-1-01, se encuentran en las siguientes tablas.

Tabla 4.21.- Tuberías del Equipo Acondicionador

<i>Diámetro de Tubería (pulg)</i>	<i>Longitud (pies)</i>	<i>Caudal (GPM)</i>	<i>Perdidas por Fricción por 100 pies</i>	<i>Caída de Presión (pies c.a.)</i>
4	79.38	220.00	3.15	2.50
4	6.56	171.60	1.6	0.10
3	21.32	132.00	3.6	0.77
3	44.08	120.00	3.1	1.37
3	24.02	96.00	2.5	0.60
3	8.78	84.00	1.75	0.15
2 1/2	24.40	72.00	3.5	0.85
2 1/2	8.78	60.00	2.75	0.24
2 1/2	24.40	48.00	1.9	0.46
2	8.78	36.00	3.2	0.28
1 1/2	24.38	24.00	4.3	1.05
1 1/4	48.04	12.00	2.8	1.35

Tabla 4.22.- Conexiones del Equipo Acondicionador

<i>Conexión</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Long. Equiv. Total (pies)</i>	<i>Caudal (GPM)</i>	<i>Perdidas por Fricción por 100 pies</i>	<i>Caída de Presión (pies c.a.)</i>
Codo 90 - 1 1/4"	2	6.6	12.00	2.8	0.18
Tee - 1 1/2"	2	18	24.00	4.3	0.77
Tee - 2"	2	24	36.00	3.2	0.77
Tee - 2 1/2"	2	28	48.00	1.9	0.53
Tee - 2 1/2"	2	28	60.00	2.75	0.77
Tee - 2 1/2"	2	28	72.00	3.5	0.98
Tee - 3"	2	34	84.00	1.75	0.6
Tee - 3"	2	34	96.00	2.5	0.85
Tee - 3"	2	34	120.00	3.1	1.05
Codo 90 - 3"	4	16	120.00	3.1	0.5
Tee - 3"	2	34	132.00	3.6	1.22
Tee - 4"	4	88	171.60	1.6	1.41
Codo 90 - 4"	2	22	171.60	1.6	0.35
Codo 90 - 4"	11	121	220.00	3.15	3.81
Tee - 4"	4	88	220.00	3.15	2.77
Válvula - 3"	2	6.4	120.00	3.1	0.20
Válvula - 1 1/4"	2	3	12.00	2.8	0.08

Sumando los valores obtenidos en la tablas 4.21 y 4.22, y las pérdidas en la manejadora MAN-1-01 de 5 toneladas de refrigeración, cuyo valor se ha obtenido de la especificaciones del equipo y es 2.8 pies de c.a., y las pérdidas por el hydro kit es 4 pies de c.a.; tenemos que las pérdidas del equipo acondicionador más alejado es 33.35 pies de c.a.

Ahora calcularemos la caída de presión del equipo con mayor restricción al flujo, para lo cual se elige el fancoil UE-3-01, cuyos datos del sistemas de tubería se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 4.23.- Tuberías del Equipo Acondicionador

<i>Diámetro de Tubería (pulg)</i>	<i>Longitud (pies)</i>	<i>Caudal (GPM)</i>	<i>Perdidas por Fricción por 100 pies</i>	<i>Caída de Presión (pies c.a.)</i>
4	79.38	220.00	3.15	2.5
4	6.56	171.60	1.6	0.1
2	31.73	39.6	3.3	1.05
2	26.30	37.2	2.8	0.74
2	8.26	28.8	1.8	0.15
2	31.19	25.2	1.25	0.39
1 1/2"	8.64	22.8	3.5	0.30
1 1/2"	69.11	18	2.7	1.87
1 1/4"	27.55	14.4	3.9	1.07
1 1/4"	14.56	10.8	2.75	0.4
1"	7.62	7.2	3.5	0.27
3/4"	60.44	3.6	3.2	1.93

Tabla 4.24.- Conexiones del Equipo Acondicionador

<i>Conexión</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Long. Equiv. Total (pies)</i>	<i>Caudal (GPM)</i>	<i>Perdidas por Fricción por 100 pies</i>	<i>Caída de Presión (pies c.a.)</i>
Codo 90 - 3/4"	2	4	3.6	3.2	0.13
Tee - 1"	2	10	7.2	3.5	0.35
Tee - 1 1/4"	2	14	10.8	2.75	0.39
Tee - 1 1/4"	2	14	14.4	3.9	0.55
Codo - 1 1/4"	2	6.6	14.4	3.9	0.26
Tee - 1 1/2"	2	18	18	2.7	0.49
Codo - 1 1/2"	4	8.6	18	2.7	0.23
Tee - 1 1/2"	2	18	22.8	3.5	0.63
Tee - 2"	2	24	25.2	1.25	0.30
Tee - 2"	2	24	28.8	1.8	0.43
Tee - 2"	2	24	37.2	2.8	0.67
Tee - 2"	2	24	39.6	3.3	0.79
Codo - 2"	8	11	39.6	3.3	0.36
Tee - 4"	4	88	171.60	1.6	1.41
Codo 90 - 4"	2	22	171.60	1.6	0.35
Codo 90 - 4"	11	121	220.00	3.15	2.72
Tee - 4"	4	88	220.00	3.15	1.98
Válvula - 2"	2	4.6	39.6	3.3	1.32
Válvula - 3/4"	2	1.8	3.6	3.2	0.06

Sumando los valores obtenidos en la tablas 4.23 y 4.24, y las perdidas en el fancoil UE-3-01 de 1.5 toneladas de refrigeración, cuyo valor se ha obtenido de la especificaciones del equipo y es 5.5 pies de c.a., y las perdidas por el hydro kit es

4 pies de c.a.; tenemos que las pérdidas del equipo acondicionador más alejado es 34.4 pies de c.a.

Entonces se tiene el siguiente resultado:

- Caída de presión total de la MAN-1-01 = 33.35 pies de columna de agua
- Caída de presión total de la UE-3-01 = 34.4 pies de columna de agua

Multiplicando la mayor caída de presión por un factor de seguridad de 1.8, tenemos que las perdidas es aproximadamente 61.92

Entonces para seleccionar la bomba del circuito secundario se tienen los siguientes parámetros:

- Caudal = 220 GPM
- Caída de presión a vencer por la bomba = 61.92 pies de columna de H₂O

Con los resultados obtenidos, se seleccionada el hidro kit opción L (Serie 4382 Dual - 4x4x6 - 10 HP - 3600 RPM - 5.3 pulg.). Para mayor detalle de las características técnicas de la bomba primaria seleccionado ver apéndice.

El factor de seguridad de 1.8 se debe a las siguientes razones:

- No se selecciona una bomba para que funcione en el límite de los requerimientos.

- Con el tiempo aumenta las pérdidas por fricción en las tuberías debido a que interiormente se vuelve más áspera por corrosión, esto a pesar de que se utiliza aditivos para tener bien conservado las tuberías.



Figura 4.3.- Aumentos de espesor con el tiempo

- Por lo general durante la instalación de sistema de tuberías, estas cambian su recorrido planificado debido a cambios en la construcción o otros inconvenientes; esto ocurre a pesar de que se hacen las coordinaciones respectivas con los responsables de las otras especialidades.
- Los cálculos anteriores son de los principales conexiones y válvulas, faltando algunos de estos (ver planos de detalles).

4.4.3. Selección de Unidades Serpentin Ventilador (*Fan Coil*) y Unidades Manejadoras de Aire

Para seleccionar los serpentines ventiladores (*fan coils*) y las unidades manejadoras de aire (UMA) hay que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Calor sensible

- Calor latente
- Calor total
- Caudal de aire insuflado
- Potencia del motor del ventilador
- Características eléctricas

El calor sensible, calor latente y el calor total de cada ambiente, así como el flujo de aire insuflado por cada equipo a su ambiente respectivo se estimó en el punto 4.3.2.

Cabe mencionar que el calor total que se muestran en la Tabla 4.14, es el calor estimado neto que debe evacuar el equipo acondicionador, el cual no está afectado por el calor sensible que emana el motor del ventilador, ya que por lo general en las tablas de selección de los proveedores se puede apreciar que no toman en cuenta esto.

Por ejemplo si necesitamos para un ambiente cualesquier un calor sensible neto de 19,700 BTU/h y el equipo de un proveedor brinda un calor sensible de 20,000 BTU/h, aparentemente el equipo cumple con los requerimientos del ambiente pero al calor sensible de 20 000 BTU/h habrá que restarle el calor generado por el motor ventilador del equipo que puede ser de 400 watts (1,365.09 BTU/hr), entonces el calor sensible que brinda realmente este será 20,000 BTU/hr menos 1,365.09 BTU/h igual a 18,634.91 BTU/h, por lo tanto este equipo no cumpliría

con los requerimientos del ambiente y habrá que seleccionar un equipo de mayor capacidad.

Otra cosa que hay que tener en cuenta es que las manejadoras de aire y serpentín ventiladores (fan coils) se venden en capacidades estándares, y habrá que seleccionar el equipo que tenga una capacidad mayor a la requerida, teniendo en cuenta lo explicado en el párrafo anterior.

4.5. Especificaciones de Equipos

4.5.1. Enfriador de agua (*Chiller*)

Generalidades

Se requiere el suministro e instalación de un enfriador de agua (chiller) con condensadores enfriado por aire, dos circuitos independientes de refrigeración y con compresores tipo Scroll de alto rendimiento.

El refrigerante a emplear deberá ser ecológico (R-410A, R-407, etc.). No se aceptará equipos con refrigerante R-22 de acuerdo al Tratado de Montreal.

El enfriador de agua será instalado en espacio asignado para los equipos de climatización ubicados en el cuarto piso. Las losas cumplirán tanto funciones de aislamiento de vibraciones, como de transmisión de ruidos.

La unidad será completamente ensamblada y probada en fábrica. Las marcas ofrecidas serán de primer nivel, con representante autorizado en el país y servicio técnico calificado. Deberá ser diseñado, probado y certificado en concordancia con, y se instalará en cumplimiento con las secciones aplicables de las siguientes normas y códigos:

- Norma ARI 550/590: Plantas enfriadoras de agua con ciclo de compresión de vapor.
- Código ASME Sección VIII, División 1: Código de calderas y recipientes a presión.
- Norma ANSI/ASHRAE 15: Código de seguridad para refrigeración mecánica.
- Norma ARI 370: Clasificación acústica de grande equipos de refrigeración y de aire acondicionado en exteriores.
- Norma ASHRAE 34: Designación y clasificación de refrigerantes.
- Norma ASHRAE 90.1: Cumplimiento de Eficiencia Energética.
- Norma ANSI/NFPA 70: Código Nacional de Electricidad (N.E.C.)
- Fabricados en instalaciones con certificación ISO 9002.
- OSHA: Código de Seguridad y Salud.

Debido al alto costo de la energía, se deberá instalar capacitores de corrección del factor de potencia del compresor con valor no menor o igual a 0.95, de tal manera que se reduzca, en lo posible, la potencia reactiva consumida.

Además se deberá suministrar un punto de alimentación de agua en el área asignada para los equipos de climatización piso para limpieza de los mismos, y un punto de alimentación de agua para la conexión del tanque de expansión.

Toda la zona donde se ubicará el enfriador será impermeabilizada para evitar que se filtre el agua a través del piso y muros; además deberá contar con puntos de drenaje adecuados para evacuar el agua acumulada como resultado de los futuros trabajos de limpieza.

A continuación se describen las características mínimas que deberán cumplir los componentes del enfriador de agua (*chiller*):

Gabinete

Los elementos estructurales externos deberán ser de calibre pesado y revestido de acero galvanizado de calibre pesado, las cuales serán tratadas y pintadas con cocido al horno que asegure su funcionamiento a intemperie.

Compresores

Los compresores deben ser herméticos tipo scroll que contará con lubricación de aceite forzado con sus respectivos filtros, cárter de aceite con sus respectivos calentadores, punto de suministro de aceite y mirilla de nivel de aceite. Estará provisto para tener protección contra pérdida de fase, desbalance de fases, rotación

inversa, sobrecarga de corriente, sobre y bajo voltaje. Los compresores estarán montados sobre amortiguadores de vibración.

Cada circuito de refrigerante deberá incluir: válvula de aislamiento de servicio, válvula de alivio de presión para la línea de de alta y baja presión, válvula de cierre en la línea de liquido con puerto de carga, filtro secador, válvula solenoide, mirilla de indicador de humedad de refrigerante y válvula de expansión termostáticas.

Evaporador

El evaporador es del tipo de expansión directa y es un intercambiador de calor del tipo tubo y carcaza (refrigerante por los tubos y agua en la parte exterior), con tubos de cobre sin costura, carcaza de acero y deflectores. Los cabezales serán de acero y desmontables para permitir el acceso a los tubos de cualquier lado.

Cada intercambiador será diseñado, fabricado y probado utilizando las normas para recipientes a presión de la ASME, con una presión de trabajo mínima de 450 PSIG (3103 kPa) en el lado del refrigerante y 150 PSIG (1034 kPa) para el lado del agua. Cada intercambiador de calor será térmicamente aislado con una espuma elastómerica de 3/4" de espesor y con conductividad térmica de 0,26 BTU/hr pie² °F (1.476 watt/m² °C).

Condensador

El serpentín del condensador estará conformado por tubos sin costura y aletas de aluminio mecánicamente unidos.

Los ventiladores deberán estar posicionados para la descarga vertical, ser silenciosas, equilibrados estática y dinámicamente para un funcionamiento sin vibraciones, resistente a la corrosión, con rodamientos de lubricación permanente y directamente impulsados por motores independientes, los que tendrán protección térmica para evitar el sobrecalentamiento de las bobinas del motor. Cada ventilador tendrá su propio comportamiento para evitar flujos cruzados durante funcionamiento de los mismos.

El condensador deberá estar aislado de la estructura marco, mediante aisladores de jebe a fin de evitar la corrosión. La presión de trabajo de diseño del condensador es de 650 PISG (45 bar) y la presión para el lavado del serpentín será hasta 1500 PISG (103 bar).

Centro de Control

El panel de control contará con una pantalla de cristal líquida que permite mostrar un mínimo de dos líneas de datos de 40 caracteres en cada línea. En panel de control se ubicarán interruptor ON/OFF, pantalla, teclado, fusibles del transformador y block de terminales para la conexión en el campo; y en el panel de

fuerza se ubicaran los contactores y fusibles de los ventiladores, los contactores y la protección de sobrecarga de corriente de los compresores, interruptor de desconexión. El panel de control tendrá certificación NEMA,UL y otros.

El equipo tendrá un sistema del tipo "MICROPROCESADOR", el cual mostrara, entre otra información, lo siguiente:

- Temperatura de agua entrando y saliendo del evaporador.
- Temperatura de aire entrando y saliendo del condensador.
- Presión y temperatura de refrigerante en el compresor y condensador para cada circuito.
- Temperaturas en la línea de succión, sobrecalentamiento y subenfriamiento de cada circuito.
- Ingresar set points o modificar los valores del sistema.
- Estado, inicio y horas de operación de los compresores y numero de compresores funcionamiento.
- Hora de inicio y parada de operación.
- Hora, día y fecha.

4.5.2. Bombas de Agua Helada

Las electrobombas serán del tipo centrífugo y deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

- La caja de la bomba será de fierro fundido.
- El impulsor será de bronce, debidamente balanceado.
- La bomba y el motor estarán unidos mediante pernos, formando una unidad compacta.
- El impulsor estará montado sobre el eje del motor, especialmente diseñado para esta aplicación, evitando vibraciones y asegurando un perfecto alineamiento.
- Sello mecánico construido con elementos de acero y caras de cerámica y carbono.
- El accionamiento de la bomba será por medio de motor eléctrico trifásico para 60HZ.
- La bomba se conectará a las tuberías por medio de unión flexible.

Adicionalmente se deberán incluir los siguientes accesorios para las bombas:

➤ **VÁLVULA MULTIPROPOSITO**

Válvula para calibración, corte y check, será del tipo para instalación vertical o en ángulo, el cuerpo será construido de fierro fundido, la glándula construida de bronce y el vástago de acero inoxidable.

➤ **DIFUSOR DE SUCCIÓN**

El cuerpo construido de fierro fundido, con conexiones para brida, llevará tapa embrizada para limpieza, incluirá filtro.

➤ TANQUE DE EXPANSIÓN

Será de forma cilíndrica, construida de plancha galvanizada de acuerdo a las normas ASME, para trabajar a una presión máxima de 150 PSIG (1034 kPa).

➤ JUNTAS FLEXIBLES

Para diámetros de 2 ½" (64 mm) o mayores las juntas deberán ser de goma sintética con refuerzos internos de acero y mallas de material sintético para presión de operación de 15 kg/cm², además deberá contar con bridas en acero fundido según ANSI – B.16.5 y provistos de tirantes clase 250.

4.5.3. Equipos Serpentin Ventilador (*Fan Coil*) y Manejadoras de Aire

4.5.3.1. Serpentin Ventilador (*Fan Coil*)

Será una unidad con motor de tres velocidades, sin cubierta decorativa para falso cielo raso. La unidad será fabricada y probada de acuerdo con las normas internacionales vigentes tales como UL, AMCA o similar vigentes, lista para funcionar una vez instalada. La construcción de la unidad debe permitir un fácil reemplazo de las partes, debiéndose realizar pruebas estrictas en fábrica de acuerdo con las normas.

La unidad de refrigeración estará compuesta básicamente por una unidad de ventilación dúplex accionada por motor eléctrico y un serpentín de enfriamiento para agua helada en un gabinete de acero galvanizado. Los ventiladores deberán ser tipo centrífugo de doble aspiración, con aletas curvadas hacia adelante, de bajo

nivel de sonido (NC 40 como máximo), autobalanceado y de acoplamiento directo al eje.

El motor eléctrico será construido según estándares NEMA, para conectarse a la red de 220 voltios, 60 Hz, 1 o 3 fases. Tendrá protección interna por sobrecorriente y reset automático. El serpentín de enfriamiento será construido con tubos de cobre de 0.3mm de espesor sin costura y aletas de aluminio de 0.11mm de espesor, espaciadas 14 aletas por pulgada. Será concebido para un flujo de agua a razón de 2.4 GPM por tonelada de refrigeración y temperatura de ingreso de agua de 44°F. La presión de trabajo será hasta 200 PSI (1378951 Pa) y sus conexiones interiores serán roscadas.

La unidad contará con bandeja de recolección de condensado que deberá cubrir toda el área de apoyo del serpentín de enfriamiento y estará fabricado de plancha de aluminio aislado, el cual estará aislado con material térmico que sea además resistente a la corrosión (elostímero). El filtro de aire será sintético del tipo lavable, de 30% de eficiencia, fácilmente removible.

El acabado de los ventiladores, estructura, compuertas y gabinete será con dos manos de pintura anticorrosiva de zincromato (2 mils de espesor de película seca) y dos manos de esmalte de esmalte sintético (3 mils de espesor de película seca).

Se suministrará asimismo las conexiones eléctricas, en conductores THW protegida con tubo flexible conduit metálico con forro de PVC, que deberán estar conformes con el C.N.E. Tendrá una caja de borneras debidamente accesible, ordenada y con los cables peinados.

El fabricante, deberá proveer catálogos y manuales de operación y mantenimiento de cada componente, diseño y recomendaciones de montaje, y lista completa de repuestos.

Adicionalmente se incluirá como mínimo los siguientes componentes para la instalación:

- Válvula de 2 vías.
- Válvulas de agua helada a la entrada y salida del equipo.
- Filtro colador a la entrada.
- Control de velocidad, tres posiciones.
- Conexión de drenaje.
- Conexión eléctrica completa según el C.N.E. con protección contra sobrecarga.
- Soportes y colgadores.

4.5.3.2. Manejadoras de Aire

Gabinete

Todas las secciones modulares que comprenden el gabinete de la unidad se construirán con planchas de fierro galvanizado pesado, en forma de paneles removibles que permitan reparaciones y mantenimiento de las piezas componentes. Todos los paneles removibles contarán con empaquetaduras para asegurar su hermeticidad; las secciones modulares estarán adecuadamente reforzadas por medio de estructuras metálicas, conformadas por angulares o canales de fierro galvanizado, que garanticen la solidez y rigidez de la unidad.

Las secciones modulares que encierran el serpentín y el ventilador se forrarán en la totalidad de la superficie interior con aislamiento térmico, de 1" (25 mm) de espesor como mínimo; de preferencia el aislamiento será de lana de vidrio con densidad de 1.5 lb/pie³ (24 kg/m³). Además llevará una capa de material adecuado (Neoprene o similar) en su superficie exterior para evitar que el aislamiento se erosione con el paso del aire.

El aislamiento se adherirá a la superficie interior del gabinete por medio de un pegamento especial a prueba de agua, adecuado y garantizado. Toda la estructura de refuerzo y planchas que conforman las diferentes secciones modulares del gabinete, con excepción del serpentín, se protegerán contra la corrosión por medio de limpieza química, fosfatizado y pintura al horno de todas las piezas metálicas.

Además se les proveerá de un tratamiento adecuado que permita la instalación de las unidades en ambientes exteriores, sin sufrir las inclemencias del clima húmedo.

El gabinete contará con bandeja de drenaje, que obligatoriamente debe cubrir toda el área de apoyo del serpentín de enfriamiento, para recepcionar el agua de condensación. Estará aislado con material térmico que sea además resistente a la corrosión y tendrá conexiones roscadas a ambos lados de la bandeja.

Ventiladores

Cada unidad estará equipada con ventiladores centrífugos silenciosos de doble ancho y doble entrada, con hojas inclinadas hacia adelante, balanceados estática y dinámicamente como un solo conjunto con sus ejes. Los ejes serán de acero e irán apoyados en chumaceras, las cuales estarán montados rígidamente en la estructura metálica de la sección modular correspondiente al gabinete. Los rotores del ventilador serán unidos a sus ejes por medio de chavetas especiales.

Después del ensamblaje de los ventiladores en el gabinete, la unidad completa deberá ser balanceada estática y dinámicamente.

Los ventiladores serán accionados por medio de motores eléctricos a través de fajas y poleas de paso variable seleccionadas con un factor de seguridad de 1.4 sobre la potencia al freno del motor. La unidad contará con una base metálica galvanizada

y con tensores de fajas para el montaje del motor eléctrico, además contará con guardafajas galvanizadas.

La velocidad del aire no será mayor de 700 pies por minuto (3.56 m/s), a través del serpentín de enfriamiento de aire.

Serpentín de enfriamiento

Cada unidad contará con serpentines de refrigeración y deshumidificación de aire que tendrán como medio de refrigeración agua helada, producida en el enfriador de agua (*chiller*).

El serpentín de enfriamiento estará construido de tubos de cobre alternados con aletas corrugadas de aluminio, las cuales estarán unidas a los tubos por expansión mecánica solamente.

Estarán diseñados para una presión máxima de trabajo de 250-300 PSIG (1723690-2068428 Pa de presión manométrica) bajo el agua. Todos los serpentines contarán con las provisiones necesarias que permitan su drenaje total. Contarán además obligatoriamente con purgadores de aire automáticos.

Los serpentines se ensamblarán en la sección modular correspondiente a la unidad, de tal forma que se asegure firmemente el serpentín a la unidad lo más herméticamente posible.

Filtros de aire

Cada unidad contará con una sección donde se instalarán los filtros de aire, los cuales constarán de un prefiltro de malla de aluminio de 2" (50.8 mm) de espesor y cuatro capas de ¼" (6.35 mm).

Esta sección contará con una puerta de acceso adecuada para permitir el cambio y mantenimiento de los filtros.

LATITUD NORTE	MES	ORIENTACIÓN (LATITUD NORTE)									MAY	LATITUD SUR
		N**	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz.		
0°	Junio	168	423	398	113	38	113	398	423	612	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	0°
	Julio y Mayo	139	414	412	141	38	141	412	414	631		
	Agosto y Abril	67	382	442	214	38	214	442	382	664		
	Sept. y Marzo	27	270	452	326	38	326	452	270	678		
	Oct. y Febrero	27	214	442	382	92	382	442	214	664		
	Nov. y Enero	27	141	412	414	181	414	412	141	631		
	Diciembre	27	113	398	423	222	423	398	113	612		
10°	Junio	198	414	420	149	38	149	420	414	659	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	10°
	Julio y Mayo	81	401	428	179	38	179	428	401	669		
	Agosto y Abril	35	352	442	254	38	254	442	352	678		
	Sept. y Marzo	27	279	444	344	75	344	444	279	669		
	Oct. y Febrero	27	179	420	404	198	404	420	179	623		
	Nov. y Enero	24	100	387	436	287	273	387	100	549		
	Diciembre	24	75	371	442	324	442	371	75	547		
20°	Junio	20	417	433	198	38	198	433	417	678	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	20°
	Julio y Mayo	51	374	442	230	38	230	442	374	680		
	Agosto y Abril	29	320	447	306	70	306	447	320	669		
	Sept. y Marzo	27	295	442	379	174	379	442	295	631		
	Oct. y Febrero	24	141	398	433	301	433	398	141	564		
	Nov. y Enero	21	70	347	444	382	444	347	70	488		
	Diciembre	21	48	328	452	404	452	328	48	461		
30°	Junio	54	377	436	244	57	244	436	377	670	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	30°
	Julio y Mayo	47	355	444	271	81	271	444	355	667		
	Agosto y Abril	29	292	447	349	170	349	447	292	637		
	Sept. y Marzo	24	244	428	412	284	412	428	244	574		
	Oct. y Febrero	21	103	345	442	393	442	345	103	485		
	Nov. y Enero	19	43	314	439	431	439	314	43	393		
	Diciembre	16	32	284	439	442	439	284	32	353		
40°	Junio	48	360	439	301	146	301	439	360	647	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	40°
	Julio y Mayo	40	344	444	319	187	319	444	344	631		
	Agosto y Abril	29	276	439	365	276	365	439	276	580		
	Sept. y Marzo	24	157	404	439	379	439	404	157	496		
	Oct. y Febrero	19	94	330	442	439	442	330	94	349		
	Nov. y Enero	13	32	271	423	450	423	271	32	379		
	Diciembre	13	27	233	401	447	401	233	27	330		
50°	Junio	43	341	444	368	252	368	444	341	595	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	50°
	Julio y Mayo	38	317	447	387	287	387	447	317	572		
	Agosto y Abril	29	254	428	425	374	425	428	254	501		
	Sept. y Marzo	21	157	374	442	428	442	374	157	401		
	Oct. y Febrero	13	78	284	429	431	425	284	78	254		
	Nov. y Enero	14	24	173	364	414	344	173	24	143		
	Diciembre	8	19	127	314	387	314	127	19	108		
		S	SE	E	NE	N	NO	O	SO	Horiz.		
ORIENTACIÓN (LATITUD SUR)												
Coeficiente de conducción	Marco metálico o plástico x 1,025 ó 1,17	Limpieza = 15 % máx.	Añadido = 0,7 % por 300 m	Punto de rocío superior a 19,6° C = 5 % por 4° C	Punto de rocío inferior a 19,6° C = 5 % por 14° C	Latitud Sur Dir. n. Enero + 7 %						

Tabla 4.3.- Máximas Aportaciones Solares a través de Cristal Sencillo

0°

0°

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR												0° LATITUD SUR															
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época													
21 Junio	N	0	172	176	200	211	217	222	217	211	200	176	122	0	22 Diciembre	S	0	172	176	200	211	217	222	217	211	200	176	122	0
	NE	0	322	422	417	360	267	149	54	34	35	29	16	0		SE	0	322	422	417	360	267	149	54	34	35	29	16	0
	E	0	314	390	366	312	188	10	38	38	35	29	16	0		E	0	314	390	366	312	188	10	38	38	35	29	16	0
	SE	0	100	115	73	49	38	38	38	38	35	29	16	0		NE	0	100	115	73	49	38	38	38	38	35	29	16	0
	S	0	16	79	55	38	38	38	38	38	35	29	16	0		N	0	16	79	55	38	38	38	38	38	35	29	16	0
	SO	0	16	29	25	38	38	38	38	38	49	73	112	130		0	NO	0	16	29	25	38	38	38	38	38	49	73	112
22 Julio y 21 Mayo	N	0	100	145	165	176	179	181	179	176	145	100	0	21 Enero y 21 Noviembre	S	0	100	145	165	176	179	181	179	176	145	100	0		
	NE	0	328	414	404	336	293	176	47	38	35	29	16		0	SE	0	328	414	404	336	293	176	47	38	35	29	16	0
	E	0	328	410	377	260	116	18	38	38	35	29	16		0	E	0	328	410	377	260	116	18	38	38	35	29	16	0
	SE	0	174	181	97	48	38	38	38	38	35	29	16		0	NE	0	174	181	97	48	38	38	38	38	35	29	16	0
	S	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16		0	N	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0
	SO	0	16	19	25	38	38	38	38	38	48	73	112		134	0	NO	0	16	19	25	38	38	38	38	38	48	73	112
24 Agosto y 20 Abril	N	0	48	75	84	89	92	92	89	84	75	48	0	20 Febrero y 23 Octubre	S	0	48	75	84	89	92	92	89	84	75	48	0		
	NE	0	298	282	360	276	165	15	38	38	35	29	16		0	SE	0	298	282	360	276	165	15	38	38	35	29	16	0
	E	0	249	441	481	279	125	18	38	38	35	29	16		0	E	0	249	441	481	279	125	18	38	38	35	29	16	0
	SE	0	181	214	176	94	47	38	38	38	35	29	16		0	NE	0	181	214	176	94	47	38	38	38	35	29	16	0
	S	0	16	22	35	38	38	38	38	38	35	29	16		0	N	0	16	22	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0
	SO	0	16	12	25	38	38	38	38	49	73	112	161		0	NO	0	16	12	25	38	38	38	38	49	73	112	161	0
22 Septiembre y 22 Marzo	N	0	16	22	35	38	38	38	38	35	29	16	0	22 Marzo y 22 Septiembre	S	0	16	22	35	38	38	38	38	35	29	16	0		
	NE	0	257	328	325	184	84	38	38	38	35	29	16		0	SE	0	257	328	325	184	84	38	38	38	35	29	16	0
	E	0	263	452	459	240	127	18	38	38	35	29	16		0	E	0	263	452	459	240	127	18	38	38	35	29	16	0
	SE	0	257	328	279	184	84	38	38	38	35	29	16		0	NE	0	257	328	279	184	84	38	38	38	35	29	16	0
	S	0	16	22	35	38	38	38	38	38	35	29	16		0	N	0	16	22	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0
	SO	0	16	12	25	38	38	38	38	49	73	112	157		0	NO	0	16	12	25	38	38	38	38	49	73	112	157	0
23 Octubre y 20 Febrero	N	0	16	22	35	38	38	38	38	35	29	16	0	20 Abril y 24 Agosto	S	0	16	22	35	38	38	38	38	35	29	16	0		
	NE	0	281	286	176	94	40	18	38	38	35	29	16		0	SE	0	281	286	176	94	40	18	38	38	35	29	16	0
	E	0	249	442	401	279	125	18	38	38	35	29	16		0	E	0	249	442	401	279	125	18	38	38	35	29	16	0
	SE	0	298	282	268	276	165	65	38	38	35	29	16		0	NE	0	298	282	268	276	165	65	38	38	35	29	16	0
	S	0	46	75	84	89	92	92	89	84	75	46	0		N	0	46	75	84	89	92	92	89	84	75	46	0		
	SO	0	16	12	25	38	38	38	38	49	73	112	168		0	NO	0	16	12	25	38	38	38	38	49	73	112	168	0
21 Noviembre y 21 Enero	N	0	16	29	35	38	38	38	38	35	29	16	0	21 Mayo y 23 Julio	S	0	16	29	35	38	38	38	38	35	29	16	0		
	NE	0	124	161	97	49	38	38	38	38	35	29	16		0	SE	0	124	161	97	49	38	38	38	38	35	29	16	0
	E	0	328	412	377	260	116	18	38	38	35	29	16		0	E	0	328	412	377	260	116	18	38	38	35	29	16	0
	SE	0	220	414	404	336	293	176	47	38	35	29	16		0	NE	0	220	414	404	336	293	176	47	38	35	29	16	0
	S	0	100	144	165	176	179	181	179	176	144	100	0		N	0	100	144	165	176	179	181	179	176	144	100	0		
	SO	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16		0	NO	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0
22 Diciembre	N	0	16	29	35	38	38	38	38	35	29	16	0	21 Junio	S	0	16	29	35	38	38	38	38	35	29	16	0		
	NE	0	100	113	72	40	38	38	38	38	35	29	16		0	SE	0	100	113	72	40	38	38	38	38	35	29	16	0
	E	0	314	398	366	312	188	10	38	38	35	29	16		0	E	0	314	398	366	312	188	10	38	38	35	29	16	0
	SE	0	322	422	417	360	267	149	54	34	35	29	16		0	NE	0	322	422	417	360	267	149	54	34	35	29	16	0
	S	0	127	176	200	211	217	222	217	211	200	176	127		0	N	0	127	176	200	211	217	222	217	211	200	176	127	0
	SO	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16		0	NO	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0

Correcciones	Módulo metálico o ningún marco x 1.05 ó 1.17	Defecto de impieza 16% más	Altitud + 0.7% por 300 m	Punto de vista sobre un a 19.5° E - 14% por 10° E	Punto de vista sobre un a 19.5° E + 14% por 10° E	Latitud sur De a Enero + 7%
--------------	--	----------------------------------	-----------------------------	---	---	-----------------------------------

Tabla 4.4.- Aportaciones Solares a través de Vidrio Sencillo
kcal/hr x (m² de abertura)

10°

10°

0° LATITUD NORTE		HDRA SOLAR													0° LATITUD SUR	
Época	Orientación	4	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época
21 Junio	H	50	179	125	77	31	14	11	10	10	12	13	14	14	S	22 Diciembre
	NE	149	285	231	219	200	176	75	38	26	35	37	37	31	SE	
	E	146	263	228	217	200	171	98	28	29	28	29	29	21	E	
	SE	48	172	121	74	27	20	20	20	20	20	20	20	20	NE	
	S	5	21	27	35	44	50	55	58	58	55	48	39	31	M	
22 Julio y 21 Mayo	SW	5	21	27	35	42	47	50	50	47	40	32	25	19	SW	21 Enero y 21 Noviembre
	O	5	21	27	35	42	47	50	50	47	40	32	25	O		
	NO	3	21	27	35	42	47	50	50	47	40	32	25	NO		
	Horizontal	10	119	79	40	28	22	21	20	20	20	19	17	15	Horizontal	
	H	72	22	108	74	47	30	20	18	18	18	18	18	18	I	
24 Agosto y 20 Abril	NE	113	344	281	268	280	181	39	20	20	25	28	29	18	SE	20 Febrero y 13 Octubre
	E	120	288	238	225	210	152	25	20	20	22	23	23	18	E	
	SE	20	134	119	101	84	20	20	20	20	20	20	20	19	SE	
	S	7	19	24	31	38	43	46	47	45	38	30	23	18	S	
	SW	2	14	20	27	34	39	42	43	42	39	32	25	19	SW	
22 Septiembre y 27 Marzo	O	2	14	20	27	34	39	42	43	42	39	32	25	19	O	22 Marzo y 27 Septiembre
	NO	2	14	20	27	34	39	42	43	42	39	32	25	NO		
	O	2	14	20	27	34	39	42	43	42	39	32	25	O		
	NO	2	14	20	27	34	39	42	43	42	39	32	25	NO		
	Horizontal	8	113	79	40	28	22	21	20	20	20	19	17	15	Horizontal	
23 Octubre y 26 Febrero	H	3	16	22	30	38	43	45	45	43	38	32	26	20	H	20 Abril y 24 Agosto
	NE	2	20	27	34	42	47	50	50	47	40	32	25	19	NE	
	E	2	20	27	34	42	47	50	50	47	40	32	25	19	E	
	SE	0	229	180	144	122	110	104	102	101	100	100	100	100	SE	
	S	0	44	126	129	116	100	88	82	81	81	81	81	81	S	
21 Noviembre y 21 Julio	S	0	19	26	33	40	45	48	48	45	38	30	23	18	S	21 Mayo y 21 Julio
	SW	0	19	26	33	40	45	48	48	45	38	30	23	18	SW	
	O	0	19	26	33	40	45	48	48	45	38	30	23	18	O	
	NO	0	19	26	33	40	45	48	48	45	38	30	23	18	NO	
	Horizontal	3	19	26	33	40	45	48	48	45	38	30	23	18	Horizontal	
22 Diciembre	H	3	19	26	33	40	45	48	48	45	38	30	23	18	H	21 Junio
	NE	0	19	26	33	40	45	48	48	45	38	30	23	18	NE	
	E	0	19	26	33	40	45	48	48	45	38	30	23	18	E	
	SE	0	19	26	33	40	45	48	48	45	38	30	23	18	SE	
	S	0	19	26	33	40	45	48	48	45	38	30	23	18	S	

Tabla 4.4.- Aportaciones Solares a través de Vidrio Sencillo (cont.)

kcal/hr x (m2 de abertura)

Condiciones	Valor medio a 15.00 m de altura a 10.00 h (15°)	Índice de nubosidad a 10.00 h	Ambiente a 3.7% de 500 m	Temperatura ambiente a 19.5°C a 10.00 h (15°)	Pérdida de calor a través de la pared a 14.5% de 10.00 h	Temperatura ambiente a 17.0% de 500 m
-------------	---	-------------------------------	--------------------------	---	--	---------------------------------------

20°

20°

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR														2° LATITUD S.M.			
Escala	Orientación	d	r	h	p	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Orientación	Escala	
21 Junio	N	16	112	98	43	31	41	40	41	47	55	65	77	91	108	127	148	S	21 Diciembre
	NE	19	227	196	73	53	51	46	35	25	17	12	8	6	5	4	3	SE	
	E	23	287	236	57	29	20	16	13	11	9	8	7	6	5	4	4	E	
	SE	15	166	179	97	119	118	107	96	88	80	74	68	64	60	57	55	NE	
	SO	8	24	37	18	18	20	20	18	15	13	11	10	9	8	7	6	N	
21 Julio 21 Mayo	N	16	112	98	43	31	41	40	41	47	55	65	77	91	108	127	148	S	21 Febrero 21 Septiembre
	NE	19	227	196	73	53	51	46	35	25	17	12	8	6	5	4	3	SE	
	E	23	287	236	57	29	20	16	13	11	9	8	7	6	5	4	4	E	
	SE	15	166	179	97	119	118	107	96	88	80	74	68	64	60	57	55	NE	
	SO	8	24	37	18	18	20	20	18	15	13	11	10	9	8	7	6	N	
21 Agosto 21 Abril	N	16	112	98	43	31	41	40	41	47	55	65	77	91	108	127	148	S	21 Agosto 21 Octubre
	NE	19	227	196	73	53	51	46	35	25	17	12	8	6	5	4	3	SE	
	E	23	287	236	57	29	20	16	13	11	9	8	7	6	5	4	4	E	
	SE	15	166	179	97	119	118	107	96	88	80	74	68	64	60	57	55	NE	
	SO	8	24	37	18	18	20	20	18	15	13	11	10	9	8	7	6	N	
21 Septiembre 22 Marzo	N	16	112	98	43	31	41	40	41	47	55	65	77	91	108	127	148	S	21 Marzo 21 Septiembre
	NE	19	227	196	73	53	51	46	35	25	17	12	8	6	5	4	3	SE	
	E	23	287	236	57	29	20	16	13	11	9	8	7	6	5	4	4	E	
	SE	15	166	179	97	119	118	107	96	88	80	74	68	64	60	57	55	NE	
	SO	8	24	37	18	18	20	20	18	15	13	11	10	9	8	7	6	N	
21 Octubre 20 Febrero	N	16	112	98	43	31	41	40	41	47	55	65	77	91	108	127	148	S	21 Agosto 21 Agosto
	NE	19	227	196	73	53	51	46	35	25	17	12	8	6	5	4	3	SE	
	E	23	287	236	57	29	20	16	13	11	9	8	7	6	5	4	4	E	
	SE	15	166	179	97	119	118	107	96	88	80	74	68	64	60	57	55	NE	
	SO	8	24	37	18	18	20	20	18	15	13	11	10	9	8	7	6	N	
21 Noviembre 21 Enero	N	16	112	98	43	31	41	40	41	47	55	65	77	91	108	127	148	S	21 Mayo 21 Junio
	NE	19	227	196	73	53	51	46	35	25	17	12	8	6	5	4	3	SE	
	E	23	287	236	57	29	20	16	13	11	9	8	7	6	5	4	4	E	
	SE	15	166	179	97	119	118	107	96	88	80	74	68	64	60	57	55	NE	
	SO	8	24	37	18	18	20	20	18	15	13	11	10	9	8	7	6	N	
21 Diciembre	N	16	112	98	43	31	41	40	41	47	55	65	77	91	108	127	148	S	21 Junio
	NE	19	227	196	73	53	51	46	35	25	17	12	8	6	5	4	3	SE	
	E	23	287	236	57	29	20	16	13	11	9	8	7	6	5	4	4	E	
	SE	15	166	179	97	119	118	107	96	88	80	74	68	64	60	57	55	NE	
	SO	8	24	37	18	18	20	20	18	15	13	11	10	9	8	7	6	N	

Tabla 4.4.- Aportaciones Solares a través de Vidrio Sencillo (cont.)
kcal/hr x (m2 de abertura)

30°

30°

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR															0° LATITUD SUR	
Escala	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Escala		
21 Junio	N	88	78	48	30	20	20	20	14	20	20	20	20	20	S	22 Diciembre		
	NE	284	271	352	369	349	31	19	20	20	20	20	20	20	SE			
	E	293	329	438	507	565	619	68	20	20	20	20	20	20	E			
	SE	112	200	348	544	788	119	18	20	20	20	20	20	20	NE			
	S	13	37	72	108	144	180	216	252	288	324	360	400	436	M			
NO	17	27	52	78	104	130	156	182	208	234	260	286	312	NO				
D	10	27	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	O				
HO	12	27	12	14	20	30	45	60	75	90	105	120	135	HO				
Horizontal	15	165	218	290	388	508	650	816	1000	1200	1416	1648	1896	Horizontal				
22 Julio	N	89	81	50	32	21	21	21	15	21	21	21	21	S	21 Enero 21 Noviembre			
	NE	283	269	350	367	347	31	19	21	21	21	21	21	SE				
	E	292	328	437	506	564	618	68	21	21	21	21	21	E				
	SE	113	201	349	545	789	119	18	21	21	21	21	21	NE				
	S	14	38	73	109	145	181	217	253	289	325	361	400	M				
NO	18	28	53	79	105	131	157	183	209	235	261	287	NO					
D	10	24	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	O				
HO	10	24	12	14	20	30	45	60	75	90	105	120	135	HO				
Horizontal	45	179	232	320	430	560	712	888	1088	1312	1560	1824	2104	Horizontal				
23 Agosto	N	89	81	50	32	21	21	21	15	21	21	21	21	S	21 Febrero 21 Octubre			
	NE	283	269	350	367	347	31	19	21	21	21	21	21	SE				
	E	292	328	437	506	564	618	68	21	21	21	21	21	E				
	SE	113	201	349	545	789	119	18	21	21	21	21	21	NE				
	S	14	38	73	109	145	181	217	253	289	325	361	400	M				
NO	18	28	53	79	105	131	157	183	209	235	261	287	NO					
D	10	24	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	O				
HO	10	24	12	14	20	30	45	60	75	90	105	120	135	HO				
Horizontal	45	179	232	320	430	560	712	888	1088	1312	1560	1824	2104	Horizontal				
22 Septiembre 21 Mayo	N	89	81	50	32	21	21	21	15	21	21	21	21	S	21 Marzo 21 Septiembre			
	NE	283	269	350	367	347	31	19	21	21	21	21	21	SE				
	E	292	328	437	506	564	618	68	21	21	21	21	21	E				
	SE	113	201	349	545	789	119	18	21	21	21	21	21	NE				
	S	14	38	73	109	145	181	217	253	289	325	361	400	M				
NO	18	28	53	79	105	131	157	183	209	235	261	287	NO					
D	10	24	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	O				
HO	10	24	12	14	20	30	45	60	75	90	105	120	135	HO				
Horizontal	45	179	232	320	430	560	712	888	1088	1312	1560	1824	2104	Horizontal				
23 Octubre 20 Febrero	N	89	81	50	32	21	21	21	15	21	21	21	21	S	21 Abril 20 Agosto			
	NE	283	269	350	367	347	31	19	21	21	21	21	21	SE				
	E	292	328	437	506	564	618	68	21	21	21	21	21	E				
	SE	113	201	349	545	789	119	18	21	21	21	21	21	NE				
	S	14	38	73	109	145	181	217	253	289	325	361	400	M				
NO	18	28	53	79	105	131	157	183	209	235	261	287	NO					
D	10	24	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	O				
HO	10	24	12	14	20	30	45	60	75	90	105	120	135	HO				
Horizontal	45	179	232	320	430	560	712	888	1088	1312	1560	1824	2104	Horizontal				
21 Noviembre 21 Enero	N	89	81	50	32	21	21	21	15	21	21	21	21	S	21 Mayo 21 Enero			
	NE	283	269	350	367	347	31	19	21	21	21	21	21	SE				
	E	292	328	437	506	564	618	68	21	21	21	21	21	E				
	SE	113	201	349	545	789	119	18	21	21	21	21	21	NE				
	S	14	38	73	109	145	181	217	253	289	325	361	400	M				
NO	18	28	53	79	105	131	157	183	209	235	261	287	NO					
D	10	24	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	O				
HO	10	24	12	14	20	30	45	60	75	90	105	120	135	HO				
Horizontal	45	179	232	320	430	560	712	888	1088	1312	1560	1824	2104	Horizontal				
22 Diciembre	N	89	81	50	32	21	21	21	15	21	21	21	21	S	21 Julio			
	NE	283	269	350	367	347	31	19	21	21	21	21	21	SE				
	E	292	328	437	506	564	618	68	21	21	21	21	21	E				
	SE	113	201	349	545	789	119	18	21	21	21	21	21	NE				
	S	14	38	73	109	145	181	217	253	289	325	361	400	M				
NO	18	28	53	79	105	131	157	183	209	235	261	287	NO					
D	10	24	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	O				
HO	10	24	12	14	20	30	45	60	75	90	105	120	135	HO				
Horizontal	45	179	232	320	430	560	712	888	1088	1312	1560	1824	2104	Horizontal				

Tabla 4.4.- Aportaciones Solares a través de Vidrio Sencillo (cont.)
kcal/hr x (m2 de abertura)

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR																0° LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época			
21 Junio	N	87	54	32	35	38	38	38	38	38	35	22	54	86	22 Diciembre	SE			
	NE	320	348	303	198	81	38	38	38	38	35	32	27	16			E		
	E	341	356	439	385	257	119	38	38	38	35	32	27	16					
	SE	138	238	293	207	268	182	97	38	38	35	32	27	16					
22 Julio y 21 Mayo	S	16	27	32	31	94	119	146	119	94	51	32	27	16	21 Enero y 21 Noviembre	N			
	SO	16	27	32	35	38	38	92	192	268	301	295	238	138			NO		
	O	16	27	32	35	38	38	38	119	257	385	439	436	341					
	NO	16	27	32	35	38	38	38	38	81	198	303	320	320					
24 Agosto y 20 Abril	Horizontal	64	222	363	485	569	620	647	629	569	485	363	222	64	20 Febrero y 23 Octubre	Horizontal			
	N	65	38	32	35	38	38	38	38	38	35	32	38	65					
	NE	287	344	284	179	70	38	38	38	38	35	32	27	13					
	E	320	436	444	390	265	116	38	38	38	35	32	27	13					
22 Septiembre y 22 Marzo	SE	146	260	322	377	298	222	113	40	38	35	32	27	13	22 Marzo y 22 Septiembre	N			
	S	13	27	35	70	119	170	187	170	119	70	35	27	13			NO		
	SO	13	27	32	35	38	38	113	222	298	339	322	260	146					
	O	13	27	32	35	38	38	38	116	265	390	444	436	320					
23 Octubre y 20 Febrero	NO	13	27	32	35	38	38	38	38	38	70	179	284	287	20 Abril y 24 Agosto	O			
	Horizontal	63	198	341	463	550	610	637	610	550	463	341	198	63			SO		
	N	19	21	29	35	38	38	38	38	38	35	29	21	19					
	NE	184	276	222	124	43	38	38	38	38	35	29	21	8					
21 Noviembre y 21 Enero	E	227	398	439	393	273	122	38	38	38	35	29	21	8	21 Mayo y 23 Julio	SE			
	SE	130	284	374	396	277	290	179	67	38	35	29	21	8			N		
	S	8	21	65	138	241	263	276	263	241	138	65	21	8				NO	
	SO	8	21	29	35	38	67	179	290	377	396	374	284	130					
22 Diciembre	O	8	21	29	35	38	38	38	122	273	393	439	398	227	21 Junio	O			
	NO	8	21	29	35	38	38	38	38	43	124	222	276	184			SO		
	Horizontal	24	127	271	406	501	554	590	554	501	406	271	127	24				Horizontal	
	N	0	5	16	27	29	32	32	32	32	29	27	16	5					

Correcciones	Marco metálico o ningún marco x 1/0,86 ó 1,17	Defecto de limpieza 15% máx	Albino + 0,7 % por 300 m	Punto de rocio superior a 19,5°C 14 % por 10°C	Punto de rocio superior a 19,5°C + 14 % por 10°C	Latitud 50° Dic. o Enero + 7 %
--------------	--	--------------------------------	-----------------------------	---	---	-----------------------------------

Tabla 4.4.- Aportaciones Solares a través de Vidrio Sencillo (cont.)
kcal/hr x (m2 de abertura)

50°

50°

◦ LATITUD NORTE		HORA SOLAR														◦ LATITUD SUR	
Epoca	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Epoca	
22 Diciembre	N	29	37	32	25	28	28	18	28	20	24	27	22	28	S	22 Diciembre	
	NE	367	329	324	125	42	28	24	28	28	26	26	27	21	SE		
	E	373	448	458	145	214	118	28	28	28	21	27	27	21	E		
	SE	173	218	214	188	218	285	168	27	28	25	21	27	21	NE		
	S	21	27	42	125	224	225	232	235	184	192	41	27	21	N		
21 Enero y 21 Noviembre	N	21	27	22	15	24	28	28	111	224	245	429	444	277	S	21 Enero y 21 Noviembre	
	NE	21	27	22	15	24	28	28	111	224	245	429	444	277	SE		
	E	21	27	22	15	24	28	28	111	224	245	429	444	277	E		
	SE	174	289	262	282	268	288	288	20	28	25	22	21	18	NE		
	S	18	27	17	12	28	28	28	28	217	215	17	27	18	N		
20 Febrero y 23 Octubre	N	21	27	21	27	28	28	28	28	25	21	21	21	21	S	20 Febrero y 23 Octubre	
	NE	185	254	189	64	28	28	28	28	28	28	27	27	27	SE		
	E	124	382	428	282	265	122	24	28	28	21	21	21	21	E		
	SE	143	381	289	415	474	888	241	188	25	21	27	27	27	NE		
	S	18	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	28	N		
22 Marzo y 22 Septiembre	N	0	18	21	27	22	24	22	22	22	27	27	27	27	S	22 Marzo y 22 Septiembre	
	NE	0	117	184	43	22	21	22	22	22	27	27	27	27	SE		
	E	0	278	274	129	222	144	22	22	22	27	27	27	27	E		
	SE	2	220	227	429	442	283	224	22	22	27	27	27	27	NE		
	S	2	29	120	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	N		
28 Abril y 28 Agosto	N	0	2	16	14	24	22	22	22	24	29	27	27	27	S	28 Abril y 28 Agosto	
	NE	0	25	24	14	24	22	22	22	24	29	27	27	27	SE		
	E	0	88	248	281	214	24	22	22	22	27	27	27	27	E		
	SE	2	87	181	197	425	280	22	22	22	27	27	27	27	NE		
	S	2	48	143	148	21	425	222	222	222	222	222	222	222	N		
21 Marzo y 21 Julio	N	0	2	16	14	24	22	22	22	24	29	27	27	27	S	21 Marzo y 21 Julio	
	NE	0	2	13	18	14	22	22	22	24	29	27	27	27	SE		
	E	0	2	18	22	154	22	22	22	24	29	27	27	27	E		
	SE	2	2	158	221	241	222	222	222	222	222	222	222	222	NE		
	S	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	N		
22 Junio	N	0	0	2	16	14	24	22	22	24	29	27	27	27	S	22 Junio	
	NE	0	0	2	16	14	24	22	22	24	29	27	27	27	SE		
	E	0	0	2	16	14	24	22	22	24	29	27	27	27	E		
	SE	0	0	2	16	14	24	22	22	24	29	27	27	27	NE		
	S	0	0	2	16	14	24	22	22	24	29	27	27	27	N		

Tabla 4.4.- Aportaciones Solares a través de Vidrio Sencillo (cont.)
kcal/hr x (m2 de abertura)

TIPO DE VIDRIO	SIN PERSIANA O PANTALLA	PERSIANAS VENECIANAS INTERIORES * Listones horizontales o verticales inclinados 45° O CORTINAS DE TELA			PERSIANAS VENECIANAS EXTERIORES Listones horizontales inclinados 45°		PERSIANA EXTERIOR Listones inclinados 17° (horizontales) **		CORTINA EXTERIOR DE TELA Circulación de aire arriba y lateralmente *****	
		Color claro	Color medio	Color oscuro	Color claro	Exterior claro Interior oscuro	Color medio ****	Color oscuro ***	Color claro	Color medio u oscuro
VIDRIO SENCILLO ORDINARIO	1,00	0,56	0,65	0,75	0,15	0,13	0,22	0,15	0,20	0,25
VIDRIO SENCILLO 6 mm	0,94	0,56	0,65	0,74	0,14	0,12	0,21	0,14	0,19	0,24
VIDRIO ABSORBENTE *****										
Coefficiente de absorción 0,40 a 0,48	0,80	0,56	0,62	0,72	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
Coefficiente de absorción 0,48 a 0,56	0,73	0,53	0,59	0,62	0,11	0,10	0,16	0,11	0,15	0,18
Coefficiente de absorción 0,56 a 0,70	0,62	0,51	0,54	0,56	0,10	0,10	0,14	0,10	0,12	0,16
VIDRIO DOBLE										
Vidrios ordinarios	0,90	0,54	0,61	0,67	0,14	0,12	0,20	0,14	0,18	0,22
Vidrios de 6 mm	0,80	0,52	0,59	0,65	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
Vidrio interior ordinario										
Vidrio ext. absorbente de 0,48 a 0,56	0,52	0,36	0,39	0,43	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,13
Vidrio interior de 6 mm										
Vidrio ext. absorbente de 0,48 a 0,56	0,50	0,36	0,39	0,43	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,12
VIDRIO TRIPLE										
Vidrio ordinario	0,83	0,48	0,56	0,64	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
Vidrio de 6 mm	0,69	0,47	0,52	0,57	0,10	0,10	0,13	0,10	0,14	0,17
VIDRIO PINTADO										
Color claro	0,28									
Color medio	0,39									
Color oscuro	0,50									
VIDRIO DE COLOR *****										
Amber	0,70									
Rojo oscuro	0,56									
Azul	0,60									
Gris	0,32									
Gris-verde	0,46									
Opalescente claro	0,43									
Opalescente oscuro	0,37									

Tabla 4.5.- Factores Totales de Ganancia Solar a través del Vidrio

ORIENTACIÓN (Latitud Norte)	PESO (kg por m² de superficie de suelo)	HORA SOLAR																								ORIENTACIÓN (Latitud Sur)
		MAÑANA												TARDE												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
NE 750 y más 500 150	0,47 0,48 0,55	0,58 0,60 0,76	0,54 0,57 0,73	0,42 0,46 0,58	0,27 0,30 0,36	0,21 0,24 0,24	0,20 0,20 0,19	0,19 0,17 0,15	0,18 0,17 0,13	0,17 0,16 0,11	0,14 0,13 0,07	0,14 0,13 0,08	0,12 0,11 0,07	0,09 0,08 0,04	0,08 0,07 0,02	0,07 0,06 0,02	0,06 0,05 0,01	0,05 0,04 0,01	0,05 0,04 0,01	0,04 0,03 0,01	0,04 0,03 0,01	0,04 0,02 0,01	0,03 0,02 0,01	SE		
E 750 y más 500 150	0,39 0,40 0,46	0,56 0,58 0,70	0,62 0,65 0,80	0,59 0,63 0,79	0,49 0,52 0,64	0,33 0,35 0,42	0,23 0,24 0,23	0,21 0,22 0,19	0,20 0,20 0,16	0,18 0,18 0,11	0,17 0,16 0,09	0,15 0,14 0,09	0,12 0,12 0,07	0,09 0,08 0,04	0,08 0,07 0,02	0,08 0,07 0,02	0,07 0,06 0,02	0,06 0,05 0,01	0,05 0,04 0,01	0,05 0,04 0,01	0,04 0,03 0,01	0,04 0,03 0,01	0,04 0,03 0,01	E		
SE 750 y más 500 150	0,04 0,03 0	0,28 0,28 0,30	0,47 0,47 0,57	0,59 0,61 0,75	0,64 0,67 0,84	0,63 0,65 0,84	0,63 0,67 0,81	0,61 0,64 0,80	0,59 0,62 0,79	0,57 0,59 0,71	0,54 0,56 0,69	0,41 0,44 0,59	0,27 0,29 0,45	0,26 0,26 0,42	0,26 0,25 0,38	0,22 0,22 0,31	0,19 0,18 0,13	0,16 0,15 0,09	0,14 0,13 0,05	0,12 0,12 0,04	0,11 0,09 0,03	0,10 0,08 0,01	0,09 0,07 0,01	0,08 0,06 0,01	SE	
S 750 y más 500 150	0,06 0,04 0	0,06 0,04 0	0,23 0,22 0,21	0,38 0,38 0,43	0,51 0,52 0,63	0,60 0,63 0,77	0,66 0,69 0,83	0,66 0,69 0,82	0,64 0,66 0,81	0,61 0,63 0,78	0,59 0,61 0,74	0,54 0,56 0,71	0,43 0,45 0,61	0,24 0,26 0,41	0,22 0,22 0,33	0,19 0,18 0,11	0,16 0,15 0,09	0,14 0,13 0,05	0,12 0,12 0,04	0,11 0,09 0,03	0,10 0,08 0,01	0,09 0,07 0,01	0,08 0,06 0,01	0,07 0,05 0,01	S	
SO 750 y más 500 150	0,08 0,07 0,03	0,08 0,08 0,04	0,09 0,08 0,06	0,10 0,08 0,07	0,11 0,08 0,07	0,11 0,08 0,07	0,12 0,09 0,08	0,13 0,10 0,09	0,14 0,11 0,08	0,14 0,11 0,07	0,15 0,12 0,08	0,16 0,13 0,09	0,16 0,13 0,09	0,17 0,14 0,10	0,18 0,15 0,10	0,19 0,16 0,10	0,20 0,17 0,12	0,20 0,17 0,12	0,20 0,17 0,12	0,20 0,17 0,12	0,19 0,16 0,10	0,18 0,15 0,10	0,17 0,14 0,10	0,16 0,13 0,09	SO	
O 750 y más 500 150	0,08 0,07 0,03	0,09 0,08 0,04	0,09 0,08 0,06	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	O	
NO 750 y más 500 150	0,08 0,07 0,03	0,09 0,08 0,06	0,09 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	0,10 0,08 0,07	NO	
N y sombra 750 y más 500 150	0,08 0,07 0,03	0,37 0,31 0,25	0,67 0,59 0,54	0,71 0,67 0,63	0,74 0,70 0,68	0,78 0,76 0,74	0,79 0,81 0,83	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	0,81 0,83 0,85	N y sombra	

ORIENTACIÓN (Latitud Norte)	PESO (kg por m² de superficie de suelo)	HORA SOLAR																								ORIENTACIÓN (Latitud Sur)
		MAÑANA												TARDE												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
NE 750 y más 500 150	0,17 0,19 0,31	0,27 0,31 0,56	0,37 0,38 0,65	0,39 0,38 0,61	0,39 0,36 0,59	0,31 0,27 0,46	0,29 0,27 0,42	0,27 0,24 0,38	0,25 0,22 0,32	0,23 0,21 0,28	0,20 0,19 0,26	0,19 0,17 0,22	0,17 0,16 0,21	0,15 0,14 0,19	0,14 0,12 0,16	0,12 0,11 0,15	0,11 0,09 0,13	0,10 0,08 0,12	0,09 0,07 0,11	0,08 0,06 0,10	0,07 0,05 0,09	0,06 0,04 0,08	0,06 0,05 0,08	NE		
E 750 y más 500 150	0,16 0,16 0,27	0,26 0,29 0,59	0,34 0,40 0,67	0,39 0,46 0,73	0,49 0,64 0,93	0,50 0,68 1,02	0,50 0,72 1,06	0,50 0,93 1,27	0,50 1,05 1,56	0,50 1,23 1,77	0,50 1,36 1,94	0,50 1,49 2,07	0,50 1,62 2,19	0,50 1,75 2,31	0,50 1,88 2,43	0,50 2,01 2,55	0,50 2,14 2,67	0,50 2,27 2,79	0,50 2,40 2,91	0,50 2,53 3,03	0,50 2,66 3,15	0,50 2,79 3,27	0,50 2,92 3,39	0,50 3,05 3,51	E	
SE 750 y más 500 150	0,08 0,09 0	0,14 0,12 0,18	0,22 0,23 0,40	0,31 0,35 0,59	0,43 0,49 0,77	0,53 0,61 0,92	0,64 0,73 1,04	0,75 0,84 1,15	0,86 0,94 1,25	0,97 1,05 1,36	1,08 1,16 1,47	1,19 1,27 1,58	1,28 1,36 1,67	1,37 1,45 1,76	1,46 1,54 1,85	1,55 1,63 1,94	1,64 1,72 2,03	1,73 1,81 2,12	1,82 1,90 2,21	1,91 1,99 2,30	2,00 2,08 2,39	2,09 2,17 2,48	2,18 2,26 2,57	2,27 2,35 2,66	SE	
S 750 y más 500 150	0,10 0,09 0	0,10 0,09 0,12	0,19 0,18 0,30	0,28 0,26 0,48	0,38 0,36 0,60	0,48 0,46 0,72	0,58 0,56 0,84	0,68 0,66 0,94	0,78 0,76 1,04	0,88 0,86 1,14	0,98 0,96 1,24	1,08 1,06 1,34	1,18 1,16 1,44	1,28 1,26 1,54	1,38 1,36 1,64	1,48 1,46 1,74	1,58 1,56 1,84	1,68 1,66 1,94	1,78 1,76 2,04	1,88 1,86 2,14	1,98 1,96 2,22	2,08 2,06 2,34	2,18 2,16 2,44	2,28 2,26 2,54	S	
SO 750 y más 500 150	0,11 0,09 0,02	0,10 0,09 0,13	0,10 0,09 0,15	0,10 0,09 0,17	0,10 0,09 0,19	0,10 0,09 0,21	0,10 0,09 0,23	0,10 0,09 0,25	0,10 0,09 0,27	0,10 0,09 0,29	0,10 0,09 0,31	0,10 0,09 0,33	0,10 0,09 0,35	0,10 0,09 0,37	0,10 0,09 0,39	0,10 0,09 0,41	0,10 0,09 0,43	0,10 0,09 0,45	0,10 0,09 0,47	0,10 0,09 0,49	0,10 0,09 0,51	0,10 0,09 0,53	0,10 0,09 0,55	0,10 0,09 0,57	0,10 0,09 0,59	SO
O 750 y más 500 150	0,12 0,09 0,02	0,11 0,09 0,13	0,11 0,09 0,17	0,10 0,09 0,21	0,10 0,09 0,23	0,10 0,09 0,25	0,10 0,09 0,27	0,10 0,09 0,29	0,10 0,09 0,31	0,10 0,09 0,33	0,10 0,09 0,35	0,10 0,09 0,37	0,10 0,09 0,39	0,10 0,09 0,41	0,10 0,09 0,43	0,10 0,09 0,45	0,10 0,09 0,47	0,10 0,09 0,49	0,10 0,09 0,51	0,10 0,09 0,53	0,10 0,09 0,55	0,10 0,09 0,57	0,10 0,09 0,59	0,10 0,09 0,61	O	
NO 750 y más 500 150	0,10 0,08 0,02	0,10 0,09 0,13	0,10 0,09 0,17	0,10 0,09 0,21	0,10 0,09 0,23	0,10 0,09 0,25	0,10 0,09 0,27	0,10 0,09 0,29	0,10 0,09 0,31	0,10 0,09 0,33	0,10 0,09 0,35	0,10 0,09 0,37	0,10 0,09 0,39	0,10 0,09 0,41	0,10 0,09 0,43	0,10 0,09 0,45	0,10 0,09 0,47	0,10 0,09 0,49	0,10 0,09 0,51	0,10 0,09 0,53	0,10 0,09 0,55	0,10 0,09 0,57	0,10 0,09 0,59	0,10 0,09 0,61	NO	
N y sombra 750 y más 500 150	0,16 0,11 0	0,23 0,23 0,44	0,33 0,34 0,61	0,41 0,42 0,71	0,47 0,48 0,82	0,53 0,54 0,91	0,57 0,58 0,95	0,62 0,63 0,99	0,66 0,67 1,03	0,71 0,72 1,07	0,75 0,76 1,11	0,79 0,80 1,15	0,83 0,84 1,19	0,87 0,88 1,23	0,91 0,92 1,27	0,95 0,96 1,31	0,99 1,00 1,35	1,03 1,04 1,39	1,07 1,08 1,43	1,11 1,12 1,47	1,15 1,16 1,51	1,19 1,20 1,55	1,23 1,24 1,59	1,27 1,28 1,63	1,31 1,32 1,67	N y sombra

Tabla 4.6.- Factores de Almacenamiento sobre Carga Térmica, Aportaciones Solares a través de Vidrio - Funcionamiento de 24 hora diarias, temperatura interior constante.

Con elementos de Sombra Interiores (Superior) y Con vidrio descubierto o con elementos de Sombra Externos (Inferior).

ORIENTACIÓN (Latitud Norte)	PESO (***) (kg por m ² de superficie de vidrio)	HORA SOLAR																				ORIENTACIÓN (Latitud Sur)
		MAÑANA										TARDE										
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21					
NE	750 y más	0,53	0,64	0,59	0,47	0,31	0,25	0,26	0,22	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,12	0,09	0,06	0,07			SE	
	500	0,33	0,45	0,41	0,30	0,33	0,27	0,22	0,21	0,17	0,16	0,15	0,13	0,11	0,08	0,08	0,07	0,06				
	150	0,54	0,77	0,73	0,58	0,36	0,24	0,19	0,17	0,13	0,12	0,11	0,07	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02				
E	750 y más	0,47	0,63	0,68	0,64	0,34	0,38	0,27	0,23	0,20	0,18	0,17	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08			E	
	500	0,44	0,63	0,70	0,67	0,36	0,38	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,09	0,08	0,08	0,07				
	150	0,47	0,71	0,88	0,79	0,64	0,42	0,25	0,19	0,16	0,14	0,11	0,09	0,07	0,04	0,04	0,02	0,02				
SE	750 y más	0,14	0,37	0,38	0,44	0,70	0,68	0,38	0,44	0,27	0,24	0,21	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,11			NE	
	500	0,11	0,33	0,33	0,44	0,72	0,69	0,61	0,47	0,29	0,24	0,21	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,09				
	150	0,02	0,31	0,57	0,75	0,84	0,81	0,69	0,58	0,20	0,17	0,13	0,09	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03				
S	750 y más	0,18	0,18	0,34	0,48	0,60	0,44	0,73	0,74	0,64	0,39	0,42	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	0,15			N	
	500	0,14	0,14	0,31	0,44	0,59	0,69	0,76	0,70	0,69	0,59	0,45	0,26	0,22	0,18	0,16	0,16	0,13				
	150	0,12	0,23	0,44	0,64	0,77	0,86	0,88	0,82	0,56	0,38	0,24	0,16	0,11	0,08	0,05	0,05	0,04				
SO	750 y más	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,32	0,47	0,68	0,63	0,66	0,41	0,47	0,23	0,19	0,18	0,16	0,16			NO	
	500	0,20	0,19	0,18	0,17	0,18	0,31	0,46	0,68	0,64	0,70	0,44	0,30	0,26	0,20	0,17	0,15	0,15				
	150	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,34	0,47	0,67	0,81	0,86	0,79	0,60	0,26	0,17	0,12	0,08	0,08				
O	750 y más	0,23	0,23	0,21	0,21	0,28	0,19	0,38	0,25	0,34	0,52	0,63	0,43	0,35	0,22	0,19	0,17	0,17			O	
	500	0,22	0,21	0,19	0,19	0,17	0,16	0,15	0,23	0,34	0,54	0,68	0,48	0,38	0,23	0,20	0,17	0,17				
	150	0,12	0,10	0,10	0,10	0,16	0,30	0,39	0,19	0,42	0,65	0,81	0,85	0,74	0,30	0,19	0,13	0,13				
NO	750 y más	0,21	0,21	0,20	0,19	0,28	0,18	0,16	0,16	0,16	0,34	0,52	0,65	0,22	0,18	0,16	0,16	0,12			SO	
	500	0,19	0,19	0,18	0,17	0,17	0,14	0,14	0,14	0,15	0,34	0,52	0,65	0,22	0,18	0,16	0,16	0,12				
	150	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,39	0,63	0,88	0,79	0,28	0,16	0,16	0,12				
N y sombra	750 y más	0,23	0,38	0,75	0,79	0,88	0,80	0,81	0,81	0,81	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,35	0,31	0,31			S y sombra	
	500	0,23	0,44	0,73	0,78	0,82	0,82	0,83	0,83	0,84	0,87	0,88	0,89	0,90	0,48	0,34	0,29	0,29				
	150	0,07	0,72	0,69	0,80	0,86	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,33	0,23	0,16	0,16				

ORIENTACIÓN (Latitud Norte)	PESO (***) (kg por m ² de superficie de vidrio)	HORA SOLAR																				ORIENTACIÓN (Latitud Sur)
		MAÑANA										TARDE										
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21					
NE	750 y más	0,28	0,37	0,42	0,41	0,38	0,36	0,33	0,31	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,12			SE	
	500	0,28	0,39	0,43	0,45	0,41	0,39	0,31	0,27	0,22	0,21	0,19	0,17	0,18	0,14	0,12	0,09	0,04	0,03			
	150	0,33	0,57	0,66	0,62	0,46	0,33	0,26	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,09	0,04	0,04	0,03	0,03				
E	750 y más	0,29	0,38	0,44	0,48	0,48	0,48	0,41	0,36	0,28	0,26	0,23	0,20	0,18	0,15	0,14	0,14	0,12			E	
	500	0,27	0,38	0,48	0,54	0,52	0,48	0,41	0,35	0,28	0,25	0,23	0,20	0,18	0,15	0,14	0,14	0,12				
	150	0,29	0,51	0,68	0,74	0,69	0,53	0,38	0,27	0,22	0,18	0,15	0,12	0,09	0,06	0,04	0,03	0,03				
SE	750 y más	0,24	0,29	0,35	0,43	0,49	0,53	0,53	0,39	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,16	0,15			NE	
	500	0,19	0,24	0,33	0,44	0,52	0,57	0,53	0,41	0,36	0,31	0,27	0,24	0,21	0,18	0,16	0,16	0,15				
	150	0,03	0,28	0,41	0,60	0,73	0,77	0,72	0,60	0,44	0,32	0,23	0,18	0,14	0,09	0,07	0,05	0,05				
S	750 y más	0,33	0,31	0,32	0,37	0,43	0,49	0,55	0,60	0,57	0,51	0,48	0,42	0,37	0,33	0,29	0,26	0,26			N	
	500	0,27	0,24	0,28	0,34	0,42	0,50	0,58	0,60	0,60	0,57	0,53	0,45	0,37	0,31	0,27	0,23	0,23				
	150	0,06	0,04	0,15	0,37	0,49	0,65	0,75	0,82	0,81	0,75	0,68	0,42	0,28	0,19	0,13	0,09	0,09				
SO	750 y más	0,35	0,32	0,30	0,28	0,24	0,28	0,30	0,37	0,43	0,47	0,46	0,40	0,34	0,30	0,27	0,24	0,24			NO	
	500	0,31	0,28	0,25	0,24	0,22	0,26	0,33	0,40	0,46	0,50	0,53	0,51	0,44	0,35	0,29	0,25	0,25				
	150	0,11	0,10	0,10	0,09	0,10	0,14	0,35	0,54	0,68	0,78	0,78	0,68	0,46	0,29	0,20	0,14	0,14				
O	750 y más	0,38	0,34	0,32	0,28	0,24	0,25	0,23	0,25	0,26	0,27	0,34	0,43	0,44	0,38	0,33	0,29	0,29			O	
	500	0,34	0,31	0,28	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,23	0,30	0,40	0,48	0,51	0,43	0,35	0,30	0,30				
	150	0,17	0,14	0,13	0,11	0,11	0,10	0,18	0,15	0,29	0,49	0,67	0,76	0,75	0,53	0,33	0,22	0,22				
NO	750 y más	0,33	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,25	0,34	0,39	0,29	0,26	0,26	0,26			SO	
	500	0,30	0,28	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,17	0,23	0,30	0,40	0,48	0,51	0,43	0,32	0,26				
	150	0,18	0,14	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,13	0,27	0,48	0,65	0,73	0,49	0,31	0,21	0,21				
N y sombra	750 y más	0,31	0,57	0,64	0,68	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76	0,78	0,78	0,53	0,52	0,46	0,46			S y sombra	
	500	0,30	0,47	0,60	0,67	0,72	0,74	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,60	0,51	0,44	0,44				
	150	0,04	0,07	0,33	0,70	0,78	0,84	0,88	0,91	0,93	0,95	0,97	0,98	0,99	0,62	0,34	0,24	0,24				

Tabla 4.6.- Factores de Almacenamiento sobre Carga Térmica, Aportaciones Solares a través de Vidrio - Funcionamiento de 16 hora diarias, temperatura interior constante

(cont.)

Con elementos de Sombra Interiores (Superior) y Con vidrio descubierto o con elementos de Sombra Externos (Inferior).

ORIENTACION (Lugar Norte)	PESO (kg por m ² de superficie de vidrio)	CON PANTALLA INTERIOR												SIN O CON PANTALLA EXTERIOR												ORIENTACION (Lugar Norte)			
		HORA SOLAR																											
		MANANA						TARDE						MANANA						TARDE									
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
NE	750 y más	0,59	0,67	0,62	0,49	0,33	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,17	0,34	0,42	0,47	0,43	0,42	0,39	0,36	0,33	0,30	0,29	0,26	0,25	NE			
	500	0,59	0,68	0,64	0,52	0,35	0,29	0,24	0,23	0,20	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09	0,26	0,34	0,40	0,45	0,42	0,34	0,30	0,27		0,24	0,23	0,20
	150	0,62	0,80	0,75	0,48	0,37	0,35	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	0,06	0,06	0,34	0,27	0,22	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12		0,12	0,12	0,12
E	750 y más	0,51	0,66	0,71	0,67	0,57	0,40	0,29	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19	0,36	0,44	0,50	0,53	0,53	0,50	0,44	0,39	0,36	0,34	0,30	0,28	E			
	500	0,52	0,67	0,73	0,70	0,58	0,40	0,29	0,26	0,24	0,21	0,19	0,16	0,34	0,44	0,54	0,58	0,57	0,51	0,44	0,39	0,34	0,31	0,28	0,24				
	150	0,53	0,74	0,82	0,81	0,65	0,43	0,25	0,19	0,16	0,14	0,11	0,09	0,26	0,56	0,71	0,76	0,70	0,54	0,39	0,28	0,23	0,18	0,15	0,12		0,12	0,12	0,12
SE	750 y más	0,20	0,42	0,59	0,70	0,74	0,71	0,61	0,48	0,33	0,30	0,24	0,24	0,36	0,37	0,43	0,50	0,54	0,50	0,57	0,55	0,50	0,45	0,41	0,37	SE			
	500	0,18	0,40	0,57	0,70	0,75	0,72	0,63	0,49	0,34	0,28	0,25	0,21	0,29	0,33	0,41	0,51	0,58	0,61	0,61	0,56	0,49	0,44	0,37	0,33				
	150	0,09	0,35	0,61	0,78	0,86	0,82	0,69	0,50	0,30	0,20	0,17	0,13	0,14	0,27	0,47	0,64	0,75	0,79	0,73	0,61	0,45	0,32	0,23	0,18		0,18	0,18	
S	750 y más	0,28	0,25	0,40	0,53	0,64	0,72	0,77	0,77	0,73	0,67	0,49	0,31	0,47	0,43	0,42	0,44	0,51	0,54	0,61	0,65	0,66	0,63	0,61	0,54	S			
	500	0,26	0,22	0,38	0,51	0,64	0,73	0,79	0,79	0,77	0,65	0,51	0,31	0,44	0,37	0,39	0,43	0,50	0,57	0,64	0,68	0,70	0,68	0,63	0,53				
	150	0,21	0,29	0,48	0,67	0,79	0,88	0,89	0,83	0,56	0,50	0,24	0,16	0,28	0,19	0,25	0,38	0,54	0,68	0,78	0,84	0,82	0,76	0,61	0,42		0,42	0,42	
SO	750 y más	0,31	0,27	0,27	0,26	0,25	0,27	0,50	0,63	0,72	0,74	0,69	0,54	0,51	0,44	0,40	0,37	0,34	0,36	0,41	0,47	0,54	0,57	0,60	0,59	SO			
	500	0,33	0,28	0,25	0,23	0,23	0,35	0,50	0,64	0,74	0,77	0,70	0,55	0,53	0,44	0,37	0,35	0,31	0,33	0,39	0,46	0,55	0,62	0,64	0,60				
	150	0,29	0,21	0,16	0,15	0,14	0,27	0,58	0,69	0,82	0,87	0,79	0,68	0,48	0,32	0,25	0,28	0,17	0,19	0,39	0,56	0,70	0,88	0,79	0,69		0,69	0,69	
O	750 y más	0,63	0,31	0,28	0,27	0,25	0,24	0,22	0,29	0,46	0,61	0,71	0,72	0,56	0,49	0,44	0,39	0,36	0,33	0,31	0,31	0,35	0,43	0,49	0,54	O			
	500	0,67	0,33	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,28	0,44	0,61	0,72	0,73	0,60	0,52	0,44	0,39	0,34	0,31	0,29	0,28	0,33	0,43	0,51	0,57				
	150	0,77	0,34	0,25	0,28	0,17	0,14	0,13	0,22	0,44	0,67	0,82	0,85	0,77	0,56	0,38	0,28	0,22	0,18	0,16	0,19	0,33	0,52	0,69	0,77		0,77	0,77	
NO	750 y más	0,68	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,29	0,46	0,61	0,56	0,67	0,49	0,44	0,39	0,36	0,33	0,30	0,29	0,26	0,26	0,29	0,37	0,44	NO			
	500	0,71	0,31	0,27	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,23	0,40	0,58	0,70	0,54	0,49	0,41	0,35	0,31	0,28	0,25	0,23	0,24	0,30	0,39	0,48				
	150	0,82	0,33	0,25	0,20	0,18	0,15	0,14	0,13	0,19	0,41	0,64	0,80	0,75	0,53	0,36	0,28	0,24	0,19	0,17	0,15	0,17	0,30	0,50	0,66		0,66	0,66	
N y sombra	750 y más	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,73	0,75	0,79	0,83	0,84	0,84	0,88	0,88	0,91	0,92	0,93	0,93	S y sombra			
	500	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,81	0,84	0,86	0,89	0,91	0,93	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95				
	150																												

Tabla 4.6.- Factores de Almacenamiento sobre Carga Térmica, Aportaciones Solares a través de Vidrio - Funcionamiento de 12 hora diarias, temperatura interior constante (cont.)

ORIENTACIÓN	PESO DEL MURO *** (kg/m²)	HORA SOLAR																								
		MAÑANA										TARDE										MAÑANA				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
NE	100	2,0	0,5	12,2	12,8	12,3	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	4,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	
	300	-0,5	-1,1	1,1	2,8	12,3	12,2	11,1	0,3	5,5	4,1	4,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	0,9	0,3	7,0	6,7	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8	
	700	2,0	2,0	3,3	3,3	3,1	5,3	3,3	5,3	7,8	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9	3,9
E	100	9,5	9,4	14,7	18,3	20,0	19,4	17,8	11,1	4,7	7,2	7,0	7,0	7,0	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7	
	300	-0,5	-0,5	0	11,7	14,7	17,2	17,2	10,4	7,8	7,2	6,7	7,2	7,0	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,7	0,5	0,5	0	
	500	2,0	2,0	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,9	13,9	11,1	10,0	0,9	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,9	3,3	
	700	4,1	5,5	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	0,3	10,0	10,0	10,0	9,4	0,9	7,8	6,7	7,2	7,0	7,0	7,2	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7	6,7
SE	100	5,5	3,3	7,2	10,6	14,4	15,0	15,6	14,4	13,3	10,6	8,9	6,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	
	300	-0,5	0,5	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10,0	8,3	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	6,1	8,9	9,4	10,0	10,6	10,0	9,4	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,5	5,0	5,0	5,0	4,4	4,4	3,9	
	700	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	6,1	7,8	8,3	8,9	10,0	0,9	6,3	7,8	7,2	6,7	6,7	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0
S	100	-0,5	-1,1	-2,2	0,5	2,2	7,8	12,2	15,0	16,7	15,6	14,4	11,1	8,9	6,7	5,5	3,9	3,3	1,7	1,1	0,5	0,5	0	0	-0,5	
	300	-0,5	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	3,9	6,7	11,1	13,3	13,9	14,4	12,8	11,1	8,3	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,7	1,1	0,5	0	-0,5	
	500	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,7	2,2	4,4	6,7	8,3	8,9	10,0	10,0	8,3	7,8	6,1	5,5	3,9	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	2,8	
	700	3,9	3,3	3,3	2,8	2,2	2,2	2,2	3,3	2,2	3,9	5,5	7,2	7,0	6,3	8,9	8,9	7,8	6,7	5,5	3,5	5,0	5,0	4,4	3,9	
SO	100	-3,1	-2,2	-2,2	-1,1	0	2,2	3,3	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	22,3	16,7	13,3	6,7	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5	-0,5	
	300	1,1	0,5	0	0	0	0,5	1,1	4,4	6,7	13,3	17,8	19,4	20,0	19,4	16,9	11,1	5,5	3,9	3,3	2,8	2,2	2,2	1,7	1,7	
	500	3,9	2,8	3,3	2,8	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	6,7	7,8	10,6	12,2	12,8	13,3	12,8	12,2	8,3	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9	
	700	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	6,3	10,0	10,6	11,1	7,2	6,4	6,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
O	100	-1,1	-1,7	-2,3	-1,1	0	1,7	3,3	7,8	11,1	17,8	22,2	25,0	26,7	28,9	12,2	7,8	4,4	2,8	1,1	0,5	0	0	-0,5	-0,5	
	300	1,1	0,5	0	0	0	1,1	2,2	3,9	5,5	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	20,0	15,6	8,9	5,5	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,5	6,7	9,4	11,1	12,9	15,6	15,0	14,4	12,6	7,8	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	
	700	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	5,0	5,5	5,5	6,3	6,7	6,7	8,9	8,9	11,7	12,2	12,6	12,2	11,1	10,0	8,9	8,3	7,2	
NO	100	-1,7	-2,2	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	5,5	6,7	10,6	13,3	18,3	22,2	26,6	18,9	10,0	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	0,5	-1,1	-1,1	
	300	-1,1	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	3,3	4,4	5,5	6,7	11,7	16,7	17,2	17,8	11,7	6,7	4,4	3,3	2,2	1,7	0,5	0	-0,5	
	500	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,3	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	2,8	
	700	4,4	3,9	3,3	3,3	2,3	2,3	2,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	7,8	10,6	11,1	8,9	7,2	6,1	5,5	5,5	5,0	
N (en la sombra)	100	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0,5	2,2	4,4	5,9	6,7	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1	
	300	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	-0,5	0	1,7	3,3	4,4	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,7	1,7	1,7	-0,5	-1,1	
	500	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	2,8	2,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7	1,1	0,5	
	700	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	1,1	0,9
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
		MAÑANA										TARDE										MAÑANA				
		HORA SOLAR																								

Tabla 4.7.- Diferencia Equivalente de Temperaturas (°C)
Muros Soleados o en Sombra

CONDI- CIONES	PESO DEL TECHO *** (kg/m²)	HORA SOLAR																												
		MAÑANA												TARDE								MAÑANA								
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5					
Soleado	50	-2,2	-3,3	-3,9	-2,8	-0,5	2,9	6,3	13,3	17,8	21,1	23,9	25,4	25,0	22,8	19,4	15,6	12,2	8,9	5,5	3,9	1,7	0,5	-0,5	-1,7					
	100	0	-0,3	-1,1	-0,9	1,1	5,0	8,9	12,8	16,7	20,0	22,8	23,9	22,2	19,4	16,7	13,9	11,1	8,3	6,7	4,4	3,3	2,2	1,1						
	200	2,2	1,7	1,1	1,7	3,3	5,5	8,9	12,8	15,6	18,9	21,1	22,2	22,8	21,7	19,4	17,8	15,4	13,3	11,1	9,4	7,2	6,1	5,0						
	300	5,0	4,4	3,3	3,9	4,4	6,1	8,9	12,2	15,0	17,2	19,4	21,1	21,7	21,1	20,0	18,9	17,2	15,6	13,9	12,2	10,0	8,9	7,2						
Cubierto de agua	100	-2,8	-1,1	0	1,1	2,2	5,5	8,9	10,6	12,2	11,1	10,0	8,9	7,8	6,7	5,5	3,3	1,1	0,5	0,5	-0,5	-1,1	-1,7	-2,2						
	200	-1,7	-1,1	-0,5	-0,5	0	2,8	5,5	7,2	8,3	8,3	8,2	8,3	8,3	7,8	6,7	5,5	3,9	2,8	1,7	0,5	-0,5	-1,1	-1,7						
	300	-0,5	-2,1	-1,1	-1,1	-1,1	1,1	2,8	3,9	5,5	6,7	7,8	8,3	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,7	1,1	0,5						
Rociado	100	-2,2	-1,1	0	1,1	2,2	4,4	6,7	8,3	10,0	9,4	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	3,3	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1	-1,1	-1,7						
	200	-1,1	-1,1	-0,5	-0,5	0	1,1	2,8	5,0	7,2	7,8	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	5,0	3,9	2,8	1,7	0,5	0	0	-0,5						
	300	-0,5	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0						
(en la sombra)	100	-2,8	-2,8	-2,2	-1,1	0	1,1	3,3	5,0	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	2,8	1,1	0,5	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8						
	200	-2,8	-2,8	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,7	-2,2						
	300	-1,7	-1,7	-1,1	-1,1	-1,1	-0,5	0	1,1	2,2	3,3	4,4	5,0	5,5	5,5	5,5	5,0	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5						
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5					
		MAÑANA												TARDE								MAÑANA								
		HORA SOLAR																												

Tabla 4.8.- Diferencia Equivalente de Temperaturas (°C)
Techo Soleado o en Sombra

Temperatura exterior a las 18 h para el mes considerado menos temperatura interior	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EXTERIOR EN 24 h																						
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22					
-16	-21,2	-21,7	-22,3	-22,8	-23,3	-23,8	-24,2	-24,7	-25,1	-25,6	-26,0	-26,5	-27,0	-27,4	-27,9	-28,4	-28,8	-29,3	-29,8				
-12	-17,2	-17,7	-18,3	-18,8	-19,3	-19,8	-20,2	-20,7	-21,1	-21,6	-22,0	-22,5	-23,0	-23,4	-23,9	-24,4	-24,8	-25,3	-25,8				
+8	-13,2	-13,7	-14,3	-14,8	-15,3	-15,8	-16,2	-16,7	-17,1	-17,6	-18,0	-18,5	-19,0	-19,4	-19,9	-20,4	-20,8	-21,3	-21,8				
+4	-9,2	-9,7	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,2	-12,7	-13,1	-13,6	-14,0	-14,5	-15,0	-15,4	-15,9	-16,4	-16,8	-17,3	-17,8				
0	-5,0	-5,5	-6,1	-6,6	-7,1	-7,6	-8,0	-8,5	-8,9	-9,4	-9,8	-10,3	-10,8	-11,2	-11,7	-12,2	-12,6	-13,1	-13,6				
+2	-3,1	-3,6	-4,2	-4,7	-5,2	-5,6	-6,1	-6,6	-7,0	-7,5	-7,9	-8,4	-8,9	-9,3	-9,8	-10,2	-10,7	-11,1	-11,7				
+4	-1,1	-1,6	-2,2	-2,7	-3,2	-3,6	-4,1	-4,6	-5,0	-5,5	-5,9	-6,4	-6,9	-7,3	-7,8	-8,2	-8,7	-9,1	-9,7				
+6	0,8	0,3	-0,3	-0,8	-1,3	-1,7	-2,2	-2,7	-3,1	-3,6	-4,0	-4,5	-5,0	-5,4	-5,9	-6,3	-6,8	-7,2	-7,8				
+8	2,8	2,3	1,7	1,2	0,7	0,3	0	-0,7	-1,1	-1,6	-2,0	-2,5	-3,0	-3,4	-3,9	-4,3	-4,8	-5,2	-5,8				
+10	4,7	4,2	3,4	3,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,8	0,3	-0,1	-0,6	-1,1	-1,5	-2,0	-2,4	-2,9	-3,3	-3,9				
+12	6,8	6,3	5,7	5,2	4,7	4,3	3,8	3,3	2,9	2,4	1,8	1,3	0,8	0,4	-0,1	-0,7	-1,2	-1,7	-2,2				
+14	8,8	8,3	7,7	7,2	6,7	6,3	5,8	5,3	4,9	4,4	3,9	3,3	2,8	2,4	1,9	1,3	0,8	0,4	0,2				
+16	10,8	10,3	9,7	9,2	8,7	8,3	7,8	7,3	6,9	6,4	5,9	5,3	4,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,8				
+18	12,8	12,3	11,7	11,2	10,7	10,3	9,8	9,3	8,9	8,4	7,8	7,3	6,8	6,4	5,9	5,3	4,8	4,2	3,8				
+20	14,8	14,3	13,7	13,2	12,7	12,3	11,8	11,3	10,9	10,4	9,8	9,3	8,8	8,4	7,9	7,3	6,8	6,2	5,8				
+22	16,9	16,4	15,8	15,3	14,8	14,4	13,9	13,4	13,0	12,5	11,9	11,4	10,9	10,5	10,0	9,4	8,9	8,3	7,8				

Tabla 4.10.- Correcciones de las Diferencias Equivalentes de Temperatura

GRADO DE ACTIVIDAD	TIPO DE APLICACIÓN	Metabolismo hombre adulto (kcal/h)	Metabolismo medio (kcal/h)	TEMPERATURA SECA DEL LOCAL (°C)									
				20		27		26		24		21	
				Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes
Sentados, en reposo	Teatro, escuela primaria	96	88	64	44	49	39	53	35	59	30	65	23
Sentados, trabajo muy ligero	Escuela secundaria	113	100	45	55	48	52	54	46	60	40	68	32
Empleado de oficina	Oficina, hotel, apartamento, escuela superior	120	113	45	68	50	65	54	59	61	52	71	42
De pie, marcha lenta	Almacenes, tienda	137											
Sentado, de pie	Farmacia	137	128	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
De pie, marcha lenta	Banco	137											
Sentado	Restaurante	126	137	48	91	55	84	61	78	75	68	87	58
Trabajo ligero en el banco de taller	Fábrica, trabajo ligero	102	182	48	141	55	124	62	127	70	115	92	97
Baile o danza	Sala de baile	227	214	55	159	62	152	69	145	82	132	101	119
Marcha, 5 km/h	Fábrica, trabajo bastante penoso	251	252	66	160	75	178	85	169	96	158	116	136
Trabajo penoso	Pista de bowling Fábrica	378	345	112	252	117	248	122	243	138	232	152	212

Tabla 4.11.- Ganancias debida a los Ocupantes

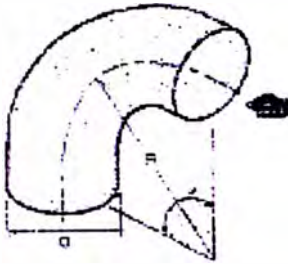
APARATOS	DIMENSIONES TOTALES sin pie ni esa (mm)	MANDO	DATOS DIVERSOS	Potencia nominal (kcal/h)	Potencia en marcha continua (kcal/h)	GANANCIAS A ADMITIR PARA USO MEDIO		
						Cálor sensible (kcal/h)	Cálor latente (kcal/h)	Cálor total (kcal/h)
Percolador 2 litros Calent. de agua 2 litros		Manual Manual		360 77	77 77	227 38	55 22	282 60
4 percoladores con reserva de 17 litros	508 x 782 x 660 H	Auto.	Calentador agua 2000 vatios Percolador 2960 vatios	4725		1200	300	1500
Cafetera 10 litros 10 litros 20 litros	381 φ x 864 H 385 x 584 oval x 533 H 457 φ x 940 H	Manual Auto. Auto.	Negro Niquelado Niquelado	3000 3855 4288	730 638 900	650 530 850	425 375 575	1075 925 1425
Máquina donut	558 x 538 x 1450 H	Auto.	Extractor motor de 1/2 CV	4000		1250		1250
Cocedore para huevos	254 x 330 x 435 H	Manual	Media 650 vatios Lente 276 vatios	935		300	200	500
Mesa caliente, con ca- lientaplatos, por m ² de superficie		Auto.	Aislado - Calentador separado para cada plato. Calientaplatos en la parte inferior	3600	1150	950	950	1900
Mesa caliente, sin ca- lientaplatos, por m ² de superficie		Auto.	Como arriba, pero sin calientaplatos	2750	1088	540	960	1500
Freidora 5 litros aceite	385 φ x 355 H	Auto.		2220	275	400	460	1000
Freidora 10 litros aceite	496 x 457 x 385 H	Auto.	Superficie 300 x 380 mm	3995	5000	950	1425	2375
Placa calentadora	437 x 457 x 203 H	Auto.	Superficie activa 450 x 360 mm	2000	700	775	425	1200
Parrilla para carne	355 x 355 x 254 H	Auto.	Superf. útil 250 x 300 mm	2550	475	975	525	1500
Parrilla para sandwich	330 x 355 x 254 H	Auto.	Superficie de parrilla 300 x 300 mm	1400	475	675	175	850
Calentador de pan	660 x 432 x 730 H	Auto.	1 cajón	375	100	275	25	300
Tostador (continuo)	381 x 381 x 711 H	Auto.	Para dos cortes 380 cortes/h	1875	1250	1275	375	1600
Tostador (continuo)	508 x 381 x 711 H	Auto.	Para 4 cortes 720 cortes/h	2570	1500	1525	650	2175
Tostador (automático)	152 x 279 x 228 H	Auto.	2 cortes	1025	250	617	113	730
Molde de tortas	385 x 330 x 254 H	Auto.	1 torta de 180 mm	620	150	275	185	460
Molde de tortas	355 x 330 x 254 H	Auto.	12 tortas de 64 x 98 mm	1890	375	775	523	1300

**Tabla 4.12.- Ganancias debidas a los Aparatos Eléctricos de Restaurantes
Sin Campana de Extracción**

APARATO	DIMENSIONES TOTALES sin pie ni asa (mm)	MANDO	DATOS DIVERSOS	Potencia nominal (kcal/h)	Potencia en marcha (kcal/h)	GANANCIAS A ADMITIR PARA USO MEDIO		
						Color sensible (kcal/h)	Color latente (kcal/h)	Color total (kcal/h)
GAS								
Percolador 2 litros Calentador agua 2 litros		Manual Manual	Combinación en percolador y calentador agua	856 196	126 136	348 301	90 25	478 125
Percolador completo con depósito	482 x 762 x 642 H		4 percoladora con reserva de 17 litros			3815	655	2270
Cafetera 11 litros o 11 litros y 19 litros	381 φ x 864 H 384 x 584 oval x 532 H 437 φ x 948 H	Auto. Auto. Auto.	Negra Niquelada Niquelada	936 836 1180	983 836 1180	720 628 991	120 678 989	1468 1260 1960
Calentaplatos, por m ² de superficie		Manual	Tipo baño maría	5430	2430	2510	1278	2536
Freidora, 6,8 kg de grasa	304 x 508 x 437 H	Auto	Superficie 260 x 250 mm	1580	755	802	205	2743
Freidora, 12,7 kg de grasa	381 x 689 x 379 H	Auto	Superficie 276 x 400 mm	6050	1135	1815	1210	3025
Parrilla Quemador superior Quemador inferior	568 x 356 x 431 H (0.13 m ² de super- ficie de parrilla)	Manual	Aislado 6500 kcal/h 3750 kcal/h	9320		3623	915	4540
Horno, parte sup. abierta, por m ² de superficie		Manual	Quemadores anulares 3000-5500 kcal/h	3800		1140	1140	2280
Horno, parte sup. cerrado, por m ² de superficie		Manual	Quemadores anulares 2500-3000 kcal/h	2980		895	895	1790
Tostador continuo	381 x 381 x 711 H	Auto	2 cortes 360 cortes/h	3800	2580	1948	830	2778
VAPOR								
Cafetera 11 litros o 11 litros y 19 litros	381 φ x 864 H 384 x 584 oval x 532 H 437 φ x 948 H	Auto. Auto. Auto.	Negra Niquelada Niquelada			720 628 991	180 402 520	1218 1020 1475
o 11 litros o 11 litros o 19 litros	381 φ x 864 H 384 x 584 oval x 532 H 437 φ x 948 H	Manual Manual Manual	Negra Niquelada Niquelada			700 655 931	780 155 230	1568 1512 1868
Mesa caliente por m ² de superficie		Auto.				180	225	325
Calentaplatos, por m ² de superficie		Manual				172	285	390

**Tabla 4.12.- Ganancias debidas a los Aparatos de Restaurantes
Funcionamiento a gas o a vapor
Sin Campana de Extracción**

A. Codo de radio (troquelado), redondo



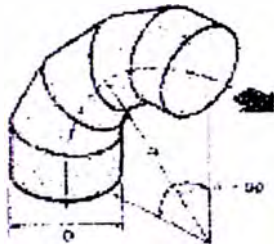
Coeficientes para codos de: 90° (ver nota)

R/D	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5
C	0.41	0.39	0.32	0.26	0.23	0.22

Nota: Para ángulos distintos de 90°, multiplicar por los siguientes factores:

α	0°	20°	30°	45°	60°	75°	90°	110°	130°	150°	180°
K	0	0.91	0.48	0.62	0.78	0.98	1.00	1.10	1.30	1.28	1.40

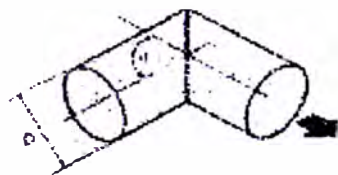
B. Codo redondo, de 3 a 5 partes, 90°



Coeficiente C

No. de Partes	R/D				
	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
3	—	0.48	0.31	0.24	0.20
4	—	0.57	0.37	0.27	0.24
5	0.38	0.54	0.42	0.33	0.32

C. Codo de ángulo, redondo

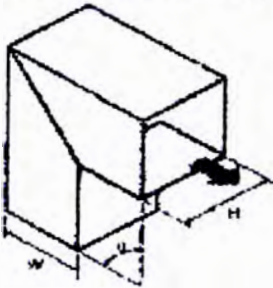


Coeficiente C

α	20°	30°	45°	60°	75°	90°
C	0.08	0.16	0.34	0.55	0.81	1.2

Tabla 4.16.- Coeficiente de Pérdidas, Codos

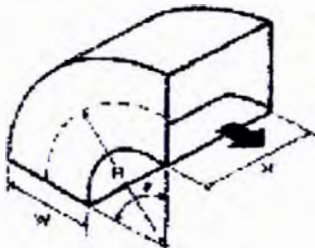
D. Codo de ángulo, rectangular



Coefficiente C

θ	H/W										
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
20°	0.06	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05
30°	0.10	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11
45°	0.30	0.37	0.36	0.34	0.33	0.31	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24
60°	0.50	0.59	0.57	0.55	0.52	0.49	0.45	0.43	0.41	0.39	0.38
75°	0.80	0.87	0.84	0.81	0.77	0.73	0.67	0.63	0.61	0.58	0.57
90°	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.98	0.92	0.89	0.85	0.83

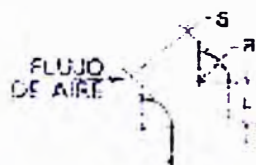
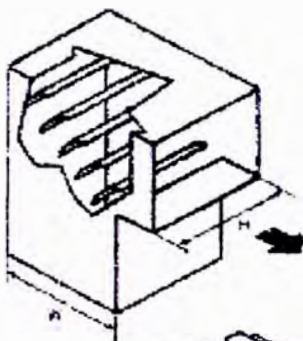
E. Codo, rectangular de radio uniforme sin álabes



Coefficientes para codos de 90° (ver nota)

R/W	H/W										
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
0.5	1.3	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.38	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.0	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.22	0.23
1.5	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.0	0.20	0.18	0.18	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15

F. Codo, rectangular, en ángulo, con álabes de direccionamiento



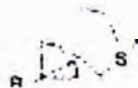
ÁLABES DE ESPESOR SENCILLO

No.	Dimensiones, pulgadas			Coeficiente
	H	S	L	
1	2.0	1.5	0.75	0.10
2	4.5	2.25	0	0.15
3	4.5	3.25	1.50	0.16

*Los números son solo referencia

ORILLA POSTERIOR

Cuando el alabe extienda de la orilla posterior para este codo, las pérdidas permanecen aproximadamente igual a los codos sencillos, pero aumentan mucho para codos en serie.



ÁLABES DE ESPESOR DOBLE

No.	Dimensiones, in		Coeficiente C				Observaciones
	H	S	Velocidad V, fpm				
			1000	2000	3000	4000	
1	2.0	1.5	0.27	0.22	0.19	0.17	Embossed Vane Runner
2	2.0	1.5	0.33	0.29	0.26	0.23	Fused On Vane Runner
3	2.0	2.15	0.38	0.31	0.27	0.24	Embossed Vane Runner
4	4.5	3.25	0.25	0.21	0.18	0.16	Embossed Vane Runner

*Los números son solo referencia

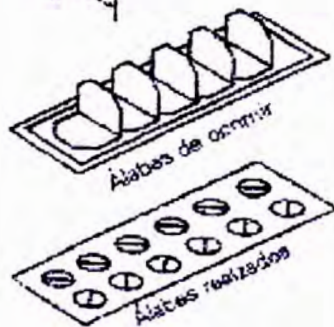
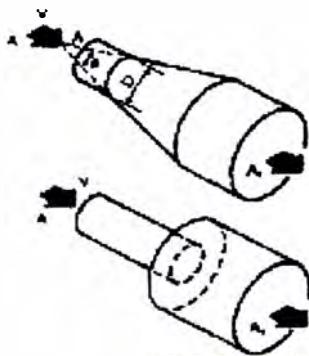


Tabla 4.16.- Coeficiente de Pérdidas, Codos (cont.)

A. Transición, redonda, cónica



Cuando $\theta = 180^\circ$

$R_1 = 8.56 \text{ DV}$

en la cual

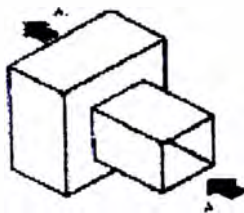
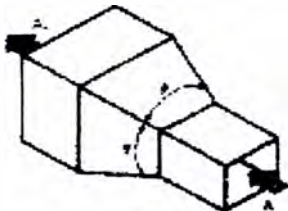
$D =$ Diámetro corriente arriba (pulgadas)

$V =$ Velocidad corriente arriba (ft/min)

Coefficiente C (ver nota)

FL	A ₁ /A ₂	θ							
		15°	20°	30°	45°	60°	90°	120°	180°
0.5×10^3	2	0.14	0.19	0.32	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30
	4	0.23	0.30	0.46	0.61	0.68	0.64	0.62	0.62
	6	0.27	0.33	0.49	0.66	0.77	0.74	0.73	0.72
	10	0.29	0.38	0.53	0.76	0.89	0.83	0.84	0.83
	16	0.31	0.38	0.60	0.84	0.90	0.86	0.88	0.88
2×10^3	2	0.07	0.12	0.23	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26
	4	0.15	0.18	0.36	0.56	0.59	0.59	0.58	0.57
	6	0.18	0.23	0.44	0.60	0.70	0.71	0.71	0.69
	10	0.20	0.23	0.43	0.76	0.83	0.81	0.81	0.81
	16	0.21	0.28	0.52	0.78	0.87	0.87	0.87	0.87
$> 6 \times 10^3$	2	0.05	0.07	0.12	0.22	0.27	0.27	0.27	0.27
	4	0.17	0.24	0.38	0.51	0.56	0.58	0.58	0.57
	6	0.18	0.23	0.46	0.60	0.69	0.71	0.70	0.70
	10	0.21	0.33	0.52	0.80	0.76	0.83	0.84	0.83
	16	0.21	0.34	0.56	0.72	0.78	0.85	0.87	0.86

B. Transición, rectangular, piramidal



Cuando $\theta = 180^\circ$

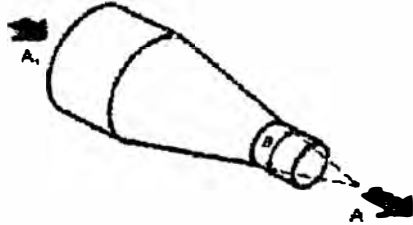
Coefficiente C (ver nota 1)

A ₁ /A ₂	θ							
	15°	20°	30°	45°	60°	90°	120°	180°
2	0.18	0.22	0.25	0.29	0.31	0.32	0.33	0.30
4	0.36	0.43	0.50	0.58	0.51	0.63	0.63	0.63
6	0.42	0.47	0.60	0.68	0.72	0.78	0.78	0.75
10	0.42	0.49	0.59	0.70	0.60	0.67	0.85	0.86

Nota: A₁ = área, corriente de aire que entra. A₂ = área, corriente de aire que sale

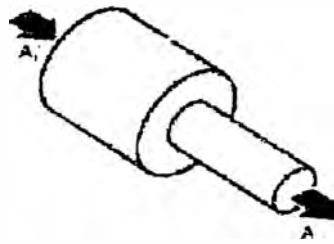
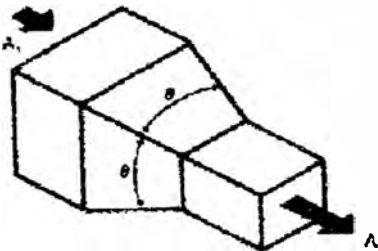
Tabla 4.16.- Coeficiente de Pérdidas para Transiciones - Flujos Divergentes (cont.)

A. Contracción. Redonda y rectangular, gradual e abrupta



Coefficiente C (ver nota)

A ₁ /A	θ						
	10°	15°-40°	50°-60°	90°	120°	150°	180°
2	0.05	0.05	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
4	0.05	0.04	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
6	0.05	0.04	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
10	0.05	0.05	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43

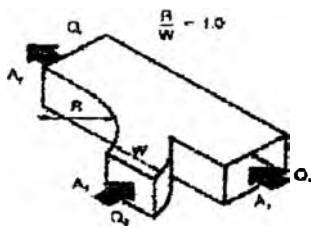


Quando θ = 180°

Nota: A₁ = área de la corriente que entra, A = área de la corriente que sale

Tabla 4.16.- Coeficiente de Pérdidas para Transiciones - Flujos Convergentes (cont.)

D. Yc convergente, rectangular



Ramal, coeficiente (ver nota)

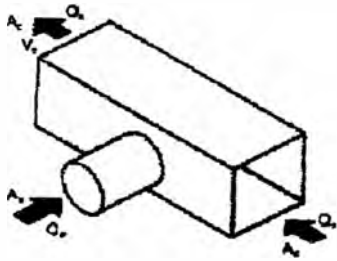
A ₁ /A ₂	A ₂ /A ₃	Q ₂ /Q ₁								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	-50	0	0.50	1.2	2.2	3.7	5.0	8.4	11
0.33	0.25	-1.2	-40	0.40	1.6	3.0	4.8	6.8	8.9	11
0.5	0.5	-50	20	0	0.25	0.45	0.70	1.0	1.5	2.0
0.67	0.5	-1.0	-50	-20	0.10	0.30	0.50	1.0	1.5	2.0
1.0	0.5	-2.2	-1.5	-95	-50	0	0.40	0.80	1.3	1.9
1.0	1.0	-60	-30	-10	-04	0.13	0.21	0.29	0.36	0.42
1.33	1.0	-1.2	-80	40	20	0	0.15	0.24	0.32	0.38
2.0	1.0	-2.1	-1.4	-90	-50	-20	0	0.20	0.25	0.30

Cabezal, coeficiente C (ver nota)

A ₁ /A ₂	A ₂ /A ₃	Q ₂ /Q ₁								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.75	0.25	0.30	0.30	0.20	-10	-48	-82	-1.5	2.0	-2.5
1.0	0.5	0.17	0.16	0.10	0	-0.08	-18	-27	-37	-46
0.75	0.5	0.27	0.35	0.32	0.25	0.12	-0.3	-23	-42	-58
0.5	0.5	1.2	1.1	0.60	0.65	0.35	0	-40	-80	-13
1.0	1.0	0.18	0.24	0.27	0.26	0.23	0.18	0.10	0	-12
0.75	1.0	0.75	0.36	0.38	0.35	0.27	0.18	0.05	-0.8	-22
0.5	1.0	0.80	0.87	0.80	0.88	0.55	0.40	0.25	0.08	-10

Tabla 4.16.- Coeficiente de Pérdidas Uniones Convergentes (cont.)

A. Te convergente. Ramal redondo a cabezal rectangular



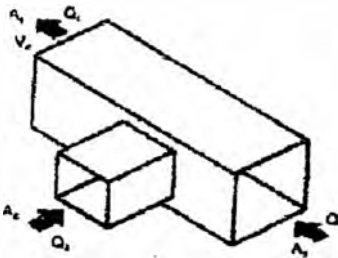
Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_c	Q_1/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< 1200 ft/min	-.63	-.55	0.13	0.23	0.78	1.30	1.93	3.10	4.88	5.60
> 1200 ft/min	-.49	-.21	0.23	0.60	1.27	2.06	2.75	3.70	4.93	5.95

Cuando:

A_1/A_2	A_1/A_c	A_2/A_c
0.5	1.0	0.5

B. Te convergente. Ramal y cabezal rectangulares



Ramal, coeficiente C (ver nota)

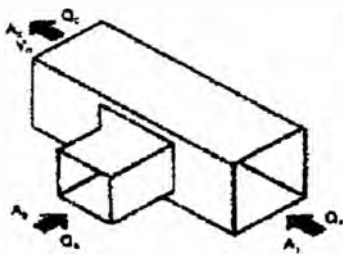
V_c	Q_1/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< 1200 ft/min	-.75	-.53	-.03	0.33	1.03	1.10	2.15	2.93	4.18	4.78
> 1200 ft/min	-.69	-.21	0.23	0.57	1.17	1.66	2.67	3.36	3.93	5.13

Cuando:

A_1/A_2	A_1/A_c	A_2/A_c
0.5	1.0	0.5

Nota: A = área, in²; Q = flujo de aire, CFM, V = velocidad (ft/min)

C. Te convergente. entrada 45° al cabezal rectangular



Cuando:

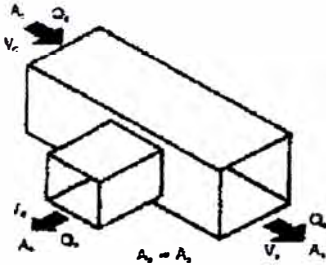
A_1/A_2	A_1/A_c	A_2/A_c
0.5	1.0	0.5

Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_c	Q_1/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< 1200 ft/min	-.63	-.68	-.30	0.28	0.55	1.03	1.50	1.93	2.50	3.03
> 1200 ft/min	-.72	-.52	-.23	0.34	0.76	1.14	1.83	2.01	2.90	3.63

Tabla 4.16.- Coeficiente de Pérdidas Uniones Convergentes (cont.)

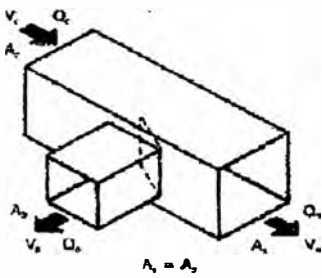
C. Te. Cabezal y ramal rectangulares



Ramal, coeficiente C (ver notas)

V_2/V_1	Q_2/Q_1								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	1.03								
0.4	1.04								
0.6	1.11	1.01							
0.8	1.16	1.21	1.05						
1.0	1.38	1.40	1.30	1.12					
1.2	1.52	1.61	1.68	1.91	1.27				
1.4	1.79	2.01	1.90	2.31	1.47	1.66			
1.6	2.07	2.29	2.13	2.71	2.28	2.20	1.95		
1.8	2.32	2.54	2.64	3.09	2.99	2.81	2.09	2.20	
					3.72	3.48	2.21	2.29	2.87

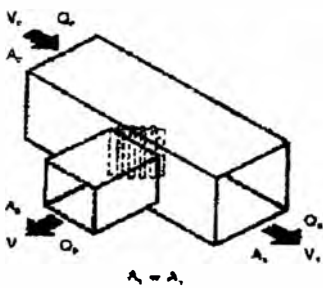
D. Te. Cabezal y ramal rectangulares, con compuerta



Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_2/V_1	Q_2/Q_1								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	0.9
0.2	0.58								
0.4	0.67	0.64							
0.6	0.78	0.76	0.75						
0.8	0.88	0.98	0.81	1.01					
1.0	1.12	1.05	1.08	1.18	1.29				
1.2	1.49	1.48	1.40	1.51	1.70	1.91			
1.4	2.10	2.21	2.25	2.29	2.32	2.48	2.53		
1.6	2.72	3.30	2.84	3.08	3.30	3.19	3.29	3.16	
1.8	3.42	4.58	3.65	3.92	4.20	4.15	4.14	4.10	4.05

E. Te. Cabezal y ramal rectangulares con extractor



Ramal, coeficiente C (ver nota)

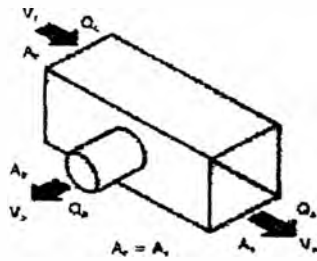
V_2/V_1	Q_2/Q_1								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.60								
0.4	0.62	0.69							
0.6	0.74	0.80	0.82						
0.8	0.98	1.10	0.95	0.90					
1.0	1.48	1.12	1.41	1.24	1.21				
1.2	1.91	1.33	1.43	1.52	1.55	1.64			
1.4	2.47	1.57	1.70	2.04	1.86	1.98	2.47		
1.6	3.17	2.40	2.33	2.53	2.31	2.51	3.13	3.25	
1.8	3.85	3.37	2.89	3.23	3.09	3.03	3.30	3.74	4.11

Cabezal, coeficiente C (ver nota)

V_2/V_1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
C	0.03	0.04	0.07	0.12	0.13	0.14	0.27	0.30	0.25

Tabla 4.16.- Coeficiente de Pérdidas Uniones Divergentes (cont.)

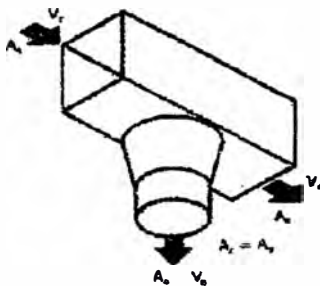
F. Te. Cabezal rectangular con ramal redondo



Ramal, coeficiente C (véase nota)

V_2/V_c	Q_2/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	1.00								
0.4	1.01	1.07							
0.6	1.14	1.10	1.08						
0.8	1.16	1.31	1.12	1.13					
1.0	1.30	1.38	1.20	1.23	1.26				
1.2	1.46	1.58	1.45	1.31	1.39	1.48			
1.4	1.70	1.82	1.85	1.51	1.56	1.64	1.71		
1.6	1.93	2.08	2.00	1.85	1.70	1.76	1.80	1.89	
1.8	2.06	2.17	2.20	2.13	2.06	1.98	1.95	2.00	2.07

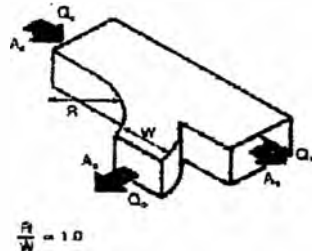
G. Te. Cabezal rectangular con ramal cónico (2)



Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_2/V_c	0.40	0.50	0.75	1.0	1.3	1.6
C	0.90	0.83	0.90	1.0	1.1	1.4

H. Ye, Rectangular (15)



Ramal de 90°

Ramal, coeficiente C (ver nota)

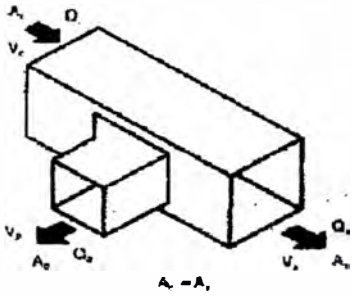
A_2/A_1	A_3/A_2	Q_2/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	0.55	0.50	0.60	0.65	1.2	1.8	3.1	4.4	6.0
0.33	0.25	0.35	0.35	0.50	0.60	1.3	2.0	2.8	3.8	5.0
0.5	0.5	0.62	0.48	0.40	0.40	0.48	0.60	0.78	1.1	1.5
0.67	0.5	0.52	0.40	0.32	0.30	0.34	0.44	0.52	0.92	1.4
1.0	0.5	0.44	0.38	0.38	0.41	0.52	0.68	0.92	1.2	1.6
1.0	1.0	0.67	0.65	0.48	0.37	0.32	0.29	0.29	0.30	0.37
1.33	1.0	0.70	0.60	0.51	0.42	0.34	0.28	0.26	0.26	0.29
2.0	1.0	0.60	0.62	0.43	0.33	0.24	0.17	0.15	0.17	0.21

Cabezal, coeficiente C (ver nota)

A_2/A_1	A_3/A_2	Q_2/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	-0.01	-0.03	-0.01	0.08	0.13	0.21	0.29	0.38	0.46
0.33	0.25	0.08	0	-0.02	-0.01	0.02	0.08	0.16	0.24	0.34
0.5	0.5	-0.03	-0.06	-0.05	0	0.06	0.12	0.19	0.27	0.35
0.67	0.5	0.04	-0.02	-0.04	-0.03	-0.01	0.04	0.12	0.23	0.37
1.0	0.5	0.72	0.48	0.28	0.13	0.05	0.04	0.09	0.18	0.30
1.0	1.0	-0.02	-0.04	-0.04	-0.01	0.06	0.13	0.22	0.30	0.38
1.33	1.0	0.10	0	0.01	-0.03	-0.01	0.03	0.10	0.20	0.30
2.0	1.0	0.62	0.38	0.23	0.13	0.06	0.06	0.10	0.20	0.26

Tabla 4.16.- Coeficiente de Pérdidas Uniones Divergentes (cont.)

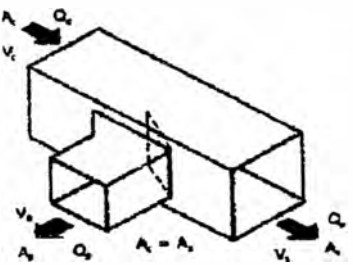
A. Te, entrada a 45°. Cabezal y ramal rectangulares



Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_2/V_1	Q_2/Q_1								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.91								
0.4	0.81	0.79							
0.6	0.77	0.72	0.70						
0.8	0.78	0.73	0.80	0.86					
1.0	0.78	0.98	0.85	0.79	0.74				
1.2	0.90	1.11	1.16	1.23	1.03	0.86			
1.4	1.19	1.22	1.26	1.29	1.64	1.25	0.92		
1.6	1.35	1.42	1.55	1.59	1.63	1.50	1.31	1.09	
1.8	1.44	1.50	1.75	1.74	1.72	2.24	1.63	1.40	1.17

B. Te, entrada a 45°. Cabezal y ramal rectangulares con compuerta



Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_2/V_1	Q_2/Q_1								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.61								
0.4	0.46	0.61							
0.6	0.43	0.50	0.54						
0.8	0.39	0.43	0.62	0.53					
1.0	0.34	0.57	0.77	0.73	0.68				
1.2	0.37	0.64	0.85	0.98	1.07	0.83			
1.4	0.57	0.71	1.04	1.16	1.54	1.36	1.18		
1.6	0.89	1.08	1.28	1.30	1.89	2.09	1.81	1.47	
1.8	1.33	1.34	2.04	1.78	1.90	2.40	2.77	2.23	1.92

Nota: A = área, in², Q = flujo de aire cfm, V = velocidad, pies por minuto.

Tabla 4.16.- Coeficiente de Pérdidas Uniones Divergentes (cont.)

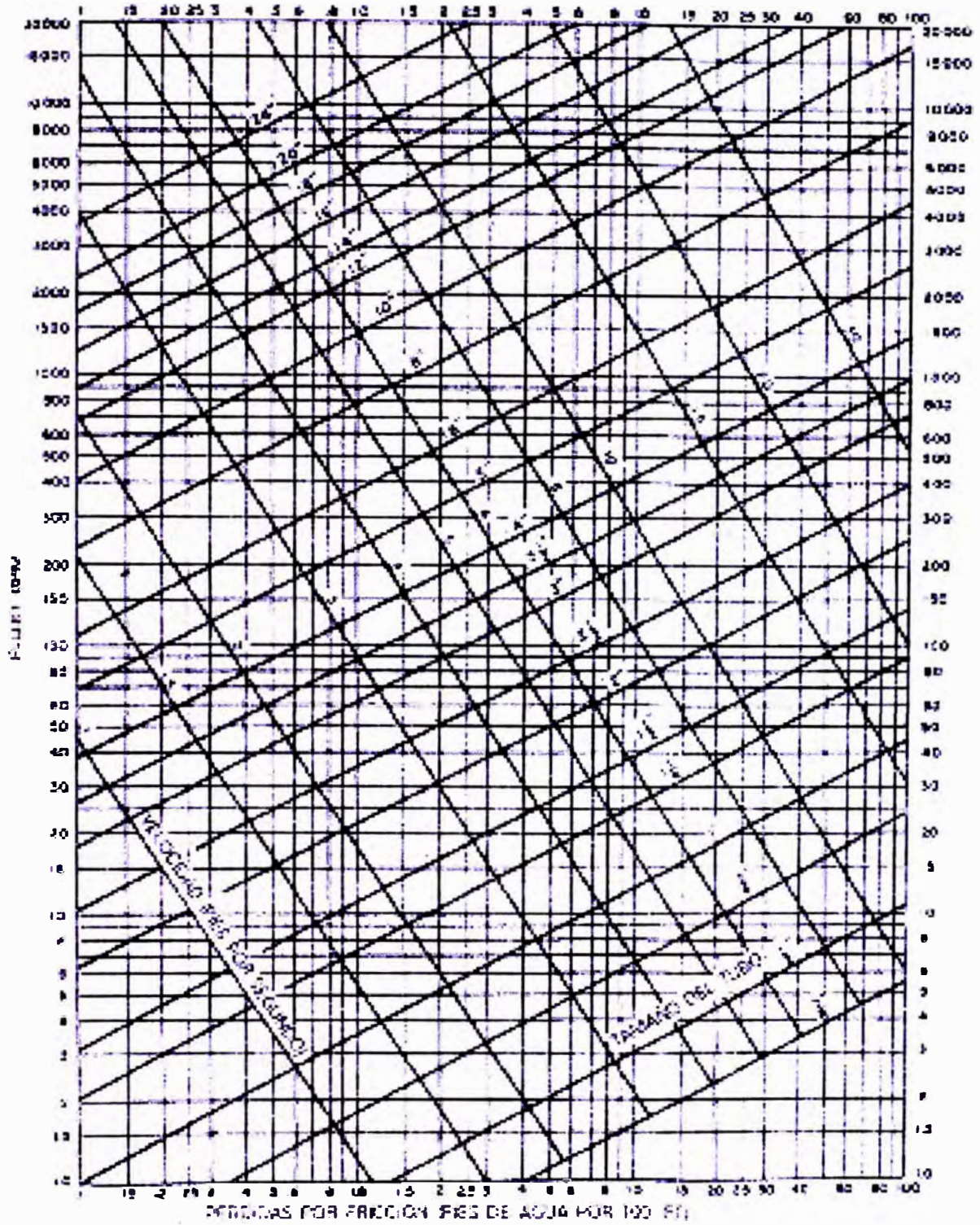


Tabla 4.19.- Pérdidas por Fricción para Agua en Tubos de Acero Cedula 40, Sistema Cerrado de Tuberías

	Tamaño Nominal de Tubo (pulgadas)												
	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	4	5	6	8	10
Codo de 45°	0.8	0.9	1.3	1.7	2.2	2.8	3.3	4.0	5.5	6.6	8.0	11.0	13.2
Codo normal de 90°	1.6	2.0	2.6	3.3	4.3	5.5	6.5	8.0	11.0	13.0	16.0	22.0	26.0
Codo de 90° radio largo	1.0	1.4	1.7	2.3	2.7	3.5	4.2	5.2	7.0	8.4	10.4	14.0	16.8
Válvula compuerta abierta	0.7	0.9	1.0	1.5	1.8	2.3	2.8	3.2	4.5	6.0	7.0	9.0	12.0
Válvula de globo abierta	17	22	27	36	43	55	67	82	110	134	164	220	268
Válvula de ángulo	7	9	12	15	18	24							
Te — flujo recto	3	4	5	7	9	12	14	17	22	28	34	44	56
Válvula de retención horizontal	6	8	10	14	16	20	25	30	40	50	60	80	100
Te de flujo recto	1.6	2.0	2.6	3.3	4.3	5.5	6.5	8.0	11.0	13.0	16.0	22.0	26.0
Válvula de ángulo para radiador		5	5	5	5								
Te divergente		20	14	11	12	14	14	14					
Válvula de retención de flujo		27	42	60	63	83	104	125	126				
Purgador de aire		2	3	4	5	7	8	13	15				
De caldera (típica)	5	7	9	11	11								

Tabla 4.20.- Longitud Equivalente, pies de tubo, para Conexiones y Válvulas

CAPÍTULO 5

COSTOS

En este capítulo se analizarán los costos que implica realizar el proyecto de climatización.

A continuación se muestran los costos en los que se incurren durante la implementación y puesta en servicio del sistema, y son:

- Costo de instalación
- Costo de operación
- Costo de mantenimiento

5.1. Costo de Instalación

En el costo de instalación se encuentra el costo del enfriador de agua (*chiller*), de las bombas del circuito primario y secundario, de los fancoils, de las manejadoras de aire, de otros equipos y materiales, según detalle que se muestra más adelante.

Cabe mencionar que se colocaran dos bombas por circuito ya que se debe tener siempre una bomba de reserva por si falla la bomba principal, y que en el costo de accesorios de las bombas secundarias se encuentra incluido el variador de frecuencia de las mismas, el tanque de expansión mas separador de aire y otros.

A continuación se muestra el detalle de los costos de los equipos y materiales que forman parte se sistema de climatización:

Tabla 5.1.- Costos de Suministro e Instalación de equipos y materiales

N°	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	PRESIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
1.00	Suministro de Chiller enfriado por Aire tipo Scroll Capacidad: 91.5 TON. 220V – 3Φ – 60HZ	Und.	1.00	54,173.00	54,173.00
2.00	Suministros de Accesorios para Chiller	Glb.	1.00	2,301.00	2,301.00
3.00	Suministro de Electrobombas de Circuito Primario Capacidad: 220 GPM Motor: 220V – 3Φ – 60HZ	Und.	2.00	2,258.00	4,516.00
4.00	Suministro de Accesorios de Electrobombas de Circuito Primario	Glb.	1.00	3,672.00	3,672.00
5.00	Suministro de Electrobombas de Circuito Secundario Capacidad: 220 GPM Motor: 220V – 3Φ – 60HZ	Und.	2.00	2,872.00	5,744.00
6.00	Suministro de Accesorios de Electrobombas de Circuito Secundario	Glb.	1.00	7,926.00	7,926.00
7.00	Suministro de Fan Coil, incluye Valvula de 2 vías, 02 válvulas de compuerta y filtro colador:				
7.01	Capacidad de 12,000 BTU/hr	Und.	3.00	1,090.00	3,270.00
7.02	Capacidad de 18,000 BTU/hr	Und.	12.00	1,269.00	15,228.00
7.03	Capacidad de 24,000 BTU/hr	Und.	4.00	1,345.00	5,380.00
7.04	Termostatos	Und.	19.00	62.00	1,178.00
7.05	Circuit Setter para fan coil	Und.	19.00	80.00	1,520.00
8.00	Suministro de Manejadoras de Aire, incluye Valvula de 2 vías, 02 válvulas de compuerta y filtro colador:				
7.01	Capacidad de 60,000 BTU/hr	Und.	11.00	1,794.00	19,734.00
7.01	Termostatos	Und.	11.00	62.00	682.00
7.01	Circuit Setter para UMA	Und.	11.00	150.00	1,650.00
9.00	Suministro de Tableros de Arranque y Conmutación de Electrobombas	Und.	3.00	2,000.00	6,000.00

10.00	Montaje de Equipos, incluye: Conexión eléctrica de equipos y controles, Conexión de Drenaje, Izaje y Armado de Sala de Maquinas.	Glb.	1.00	11,700.00	11,700.00
11.00	Pruebas y Balanceo	Glb.	1.00	1,000.00	1,000.00
12.00	Suministro e Instalación de Tuberías y Accesorios de Acero:				
12.01	Tubería Sch. 40 de ϕ 1/2"	ml.	22.00	10.00	220.00
12.02	Tubería Sch. 40 de ϕ 3/4"	ml.	134.00	12.00	1,608.00
12.03	Tubería Sch. 40 de ϕ 1"	ml.	40.00	14.00	560.00
12.04	Tubería Sch. 40 de ϕ 1 1/4"	ml.	230.00	19.00	4,370.00
12.05	Tubería Sch. 40 de ϕ 1 1/2"	ml.	60.00	22.00	1,320.00
12.06	Tubería Sch. 40 de ϕ 2"	ml.	82.00	25.00	2,050.00
12.07	Tubería Sch. 40 de ϕ 2 1/2"	ml.	22.00	28.00	616.00
12.08	Tubería Sch. 40 de ϕ 3"	ml.	35.00	33.00	1,155.00
12.09	Tubería Sch. 40 de ϕ 4"	ml.	55.00	42.00	2,310.00
13.00	Suministro e Instalación de Aislamiento para Tubería de Agua Helada:				
13.01	De ϕ 1/2"	ml.	22.00	5.00	110.00
13.02	De ϕ 3/4"	ml.	134.00	6.00	804.00
13.03	De ϕ 1"	ml.	40.00	7.00	280.00
13.04	De ϕ 1 1/4"	ml.	230.00	8.00	1,840.00
13.05	De ϕ 1 1/2"	ml.	60.00	9.00	540.00
13.06	De ϕ 2"	ml.	82.00	12.00	984.00
13.07	De ϕ 2 1/2"	ml.	22.00	14.00	308.00
13.08	De ϕ 3"	ml.	35.00	17.00	595.00
13.09	De ϕ 4"	ml.	46.00	21.00	966.00
14.00	Suministro e Instalación de Ductos de Plancha Galvanizada	Kg.	439.15	2.60	1,141.79
15.00	Suministro e Instalación de Ductos Flexibles:				
15.01	De ϕ 10"	ml.	54.40	10.00	544.00
15.02	De ϕ 8"	ml.	7.52	8.00	60.16
16.00	Suministro e Instalación de Aislamiento de Lana de Vidrio para Ductos	m2	99.92	7.00	699.44
17.00	Suministro e Instalación de Difusores y Rejillas	pulg2	19,832.00	0.25	4,958.00
SUB TOTAL USD					173,713.39
IGV (18%) USD					31,268.41
TOTAL USD					204,981.80

Los costos administrativos y de ingeniería serían para un proyecto de esta envergadura el 2% de la suma total de los costos mostrados en la Tabla 5.1, lo que representa un valor de USD 4,099.64. Este dato fue obtenido luego de consultar a diferentes empresas proyectistas de sistemas de climatización.

5.2. Costo de Operación

Para poder obtener los costos de operación del chiller enfriado por aire se tendrá que utilizar los indicadores de eficiencia, que para este caso es 1.1 kW/T.R. Este dato está dado a condiciones ARI (American Refrigeration Institute).

Aunque el kW/T.R. es una referencia inicial, no debe tomarse como algo absoluto, ya que este valor se toma 100% de la capacidad del equipo, es decir a las condiciones de diseño, las cuales son las más críticas y ocurren solo el 1% del tiempo total de operación durante un año.

Para calcular el costo de operación se debe conocer el precio de kW-h para una edificación de esta magnitud. Se considera solo el funcionamiento continuo sin arranques y paradas pues es por pocos segundos. A continuación se muestran los costos extraídos de la página web de OSINERGMIN para instalaciones MT3 en la ciudad de Lima:

- Costo en hora punta: 15.54 céntimos de S/. / kW-hr
- Costo fuera de hora punta: 13.22 céntimos de S/. / kW-hr

Se considera hora punta desde las 18:00 hasta las 23:00 horas. Con los indicadores de eficiencia y el costo de energía se puede hallar el costo por tonelada de refrigeración, que es en hora punta S/. 0.1709/T.R. y fuera de ella S/. 0.1454/T.R.

En la tabla 5.2, se indica las horas en las que el enfriador de agua (*chiller*) trabajará por cada día dependiendo de la estación del año en la que se encuentre.

Tabla 5.2.- Horas de funcionamiento por estación

Verano	Hora Punta	Fuera de Hora Punta
	5	10
Otoño	Hora Punta	Fuera de Hora Punta
	1	3
Invierno	Hora Punta	Fuera de Hora Punta
	0	1
Primavera	Hora Punta	Fuera de Hora Punta
	2	4

Entonces utilizando la Tabla 5.2 y el costo por tonelada de refrigeración podremos obtener un costo diario para las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera.

Se considera que un mes tiene 30 días y con ello se obtiene el costo anual por tonelada que es 358.60 soles por tonelada, dando como resultado un costo de operación anual de S/. 32,811.53 (USD 12,152.42).

5.3. Costo de Mantenimiento

El mantenimiento deben realizarse según la recomendación del fabricante, generalmente cada 3 meses, a todos los equipos que forman parte del circuito de agua helada. A continuación se presenta una tabla con los costos de mantenimiento anuales de los equipos del sistema de climatización.

Tabla 5.3.- Costos de Mantenimiento Anual

<i>Equipos</i>	<i>Costo Anual (USD)</i>
Fan Coils	2,280.00
Manejadoras de Aire	3,080.00
Chiller	800.00
Bombas	1,500.00
Materiales del Sistema	3,000.00
Total Anual	10,660.00

Se sabe que el costo de un mantenimiento correctivo es mucho mayor que el de uno preventivo, es por ello que se recomienda realizar la cantidad de mantenimientos preventivos antes mencionados para evitar incurrir en gastos mayores.

5.4. Costo Total

Para obtener el costo total durante toda la vida útil del sistema de climatización emplearemos la ecuación que permite llevar el costo anual al valor presente, la cual es la siguiente:

$$VP = \frac{D \times [(1+i)^n - 1]}{[(1+i)^n \times i]} \dots\dots\dots (5.1)$$

Donde:

D: Desembolso Anual

i: Tasa de Interés (8% en dólares)

n: Vida Útil de los Equipos del Sistema de Climatización (10 años)

Tabla 5.4.- Resumen de costos durante la vida útil del Sistema de Climatización

<i>Costo</i>	<i>Costo (USD)</i>
De Instalación	204,981.80
Administrativos y de Ingeniería	4,099.64
De Operación	81,543.72
De Manteniendo	71,529.46
Total Anual	362,154.62

Por lo tanto el costo total del proyecto, durante su vida útil, asciende a USD 362,154.62 utilizando un enfriador de agua (*chiller*) tipo scroll con condensadores enfriados por aire.

CONCLUSIONES

1. El sistema de climatización seleccionado para la edificación multifuncional es todo agua, es decir un chiller con condensador enfriado por aire, el cual es flexible porque se colocaran variadores de frecuencia a las bombas del circuito secundario permitiendo operar con volumen variable de agua.
2. La carga de enfriamiento estimada del proyecto de climatización es de 968,141.71 BTU/hr equivalente a 80.68 toneladas de refrigeración, sin embargo se seleccionó un chiller de capacidad de 91.5 toneladas de refrigeración.
3. Considerando que los equipos seleccionados necesitan 118.50 kW se puede encontrar un ratio de 1.29 kW/tonelada de refrigeración, que es un valor cercano del rango usual para sistemas que emplean chillers enfriados por aire tipo scroll. Cabe mencionar que este ratio varía dependiendo del porcentaje de carga a la cual se encuentre trabajando el chiller, se conoce que estos sistemas son más eficientes cuando trabajan a carga parcial.

4. Se puede verificar el valor de la carga térmica obtenida mediante ratios comerciales, dichos ratios aproximan la carga térmica en función del área y de la actividad que vaya a desarrollarse en el ambiente. Ciertamente estos ratios no son muy precisos pero permite visualizar si los valores obtenidos están dentro de los rangos habituales. Los ratios proporcionados por proyectistas para oficinas es de 750 BTU/hr por metro cuadrado, y para restaurantes es de 850 BTU/hr por metro cuadrado. Entonces sabemos que el área total de las oficinas es de 431.58 m² y la carga térmica estimada de todas estas es de 316,949 BTU/hr, por lo tanto el ratio es de 734.39 BTU/hr por metro cuadrado, que es un valor cercano al ratio comercial; mientras que el área total del restaurant y bar lounge es de 672.17 m² y la carga térmica estimada es de 651,192.71 BTU/hr, por lo tanto es ratio es de 968.79 BTU/hr por metro cuadrado, que es un valor superior a ratio comercial. Esto último se debe a que se tiene que inyectar aire exterior al restaurant porque a la campanas extractoras expulsan un caudal considerable de aire al exterior, dando como resultado un aumento considerable de la carga térmica debido al aire exterior inyectado al restaurant.

5. Otro valor interesante a ser comparado es el ratio de costo de instalación del proyecto, que en el mercado local las empresas proyectistas estiman en USD 2,000/tonelada de refrigeración, y que para las condiciones establecidas en este proyecto se ha evaluado en USD 2240.24/tonelada de refrigeración, lo cual es muy cercano al ratio empleado por los proyectistas del sector.

6. Cuando se selecciona el tipo de sistema de climatización entre diversas alternativas, económicamente hablando no solo basta con considerar los costos de inversión inicial (costo de instalación) sino también se debe contemplar los costos de mantenimiento y operación.

7. Es importante conocer el espacio que se dispone para los equipos del sistema de climatización, debido a que es un factor muy importante a la hora de seleccionar el tipo de sistema.

8. Los equipos seleccionados son de la marca York, debido a que tiene un alto grado de calidad.

RECOMENDACIONES

1. Para cualquier proyecto de climatización es necesario tener toda la información de las variables involucradas, de modo que el diseño del proyecto sea adecuado.
2. A la hora del diseño, se debe realizar coordinaciones con la otras especialidades que intervienen en la obra, para evitar complicaciones en la instalación del sistema de climatización.
3. La selección del sistema de climatización es una decisión importante en la cual se tiene que analizar todas las variables técnicas y económicas, siendo esta ultima considerada como lo más importante por los clientes.
4. El cálculo térmico debe ser lo más real posible para evitar sobredimensionamientos que repercutan en costo inicial muy alto y tener capacidad no usada.
5. Cuando se solicite el costo del sistema de climatización se debe incluir el costo de instalación, costo de operación y el costo de mantenimiento; y explicar al cliente esto.

6. El circuito primario y secundario cuentan con una bomba extra para suplir en caso de algún daño mayor en algunas de estas bombas. Se debe programar su uso de forma alternada para tener un similar desgaste.

7. En ambientes de gran área es mejor tener más equipos de menos capacidad individual para lograr la capacidad total, de esa manera se puede distribuir mejor del aire acondicionado y lograr una refrigeración uniforme.

8. Al momento de instalar el sistema de climatización es importante la presencia de un especialista que dirija la misma y apruebe los cambios en esta, si se presenta; y un supervisor para monitorear y controlar la instalación.

BLIBLIOGRAFÍA

1. ASHRAE HANDBOOK; *Fundamentals*; Atlanta, GA: ASHRAE Inc.; 2005.
2. ASHRAE HANDBOOK; *Applications*; Atlanta, GA: ASHRAE Inc.; 2007.
3. CARRIER AIR CONDITION COMPANY; *Manual de Aire Acondicionado*; Barcelona: Marcombo S.A.; 1986.
4. SMACNA; *HVAC Systems - Duct Design*; Cuarta Edición; 2006.
5. SMACNA; *HVAC Duct Construction Standars*; Tercera Edición; 2005.
6. Jorge Gallo Navarro; *Sistema de Climatización: Elementos que mejoran su eficiencia y ahorran energía*; Congreso Panamericano de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Industrial y Ramas Afines; COPIMERA 2007.
7. Roy S. Hubbard y Arturo Ibarra; *Sistemas de Distribución de Agua Helada - Enfoque Variable Primary Flow*; Charla Técnica del ASHRAE Capitulo "Ciudad de México"; Febrero 2009.
8. Juan C. Armas Valdés, Margarita Lapidó Rodríguez, Mario A Álvarez Guerra Plasencia y Sergio Montelíer Hernández; *Análisis comparativos de estrategias de operación en sistemas de climatización centralizados por agua helada*; Centro de Estudios de Energía y Medioambiente (CEEMA), Cuba.
9. Manuel Azahuanche Asmat; *Expediente Técnico del Sistema de Ventilación Mecánica y Aire Acondicionado del Aeropuerto Pisco*; Diciembre 2009.
10. Çengel Yunus A. y Boles Michael A.; *Termodinámica*; McGraw-Hill / Interamericana Editores, Cuarta edición; 2003.

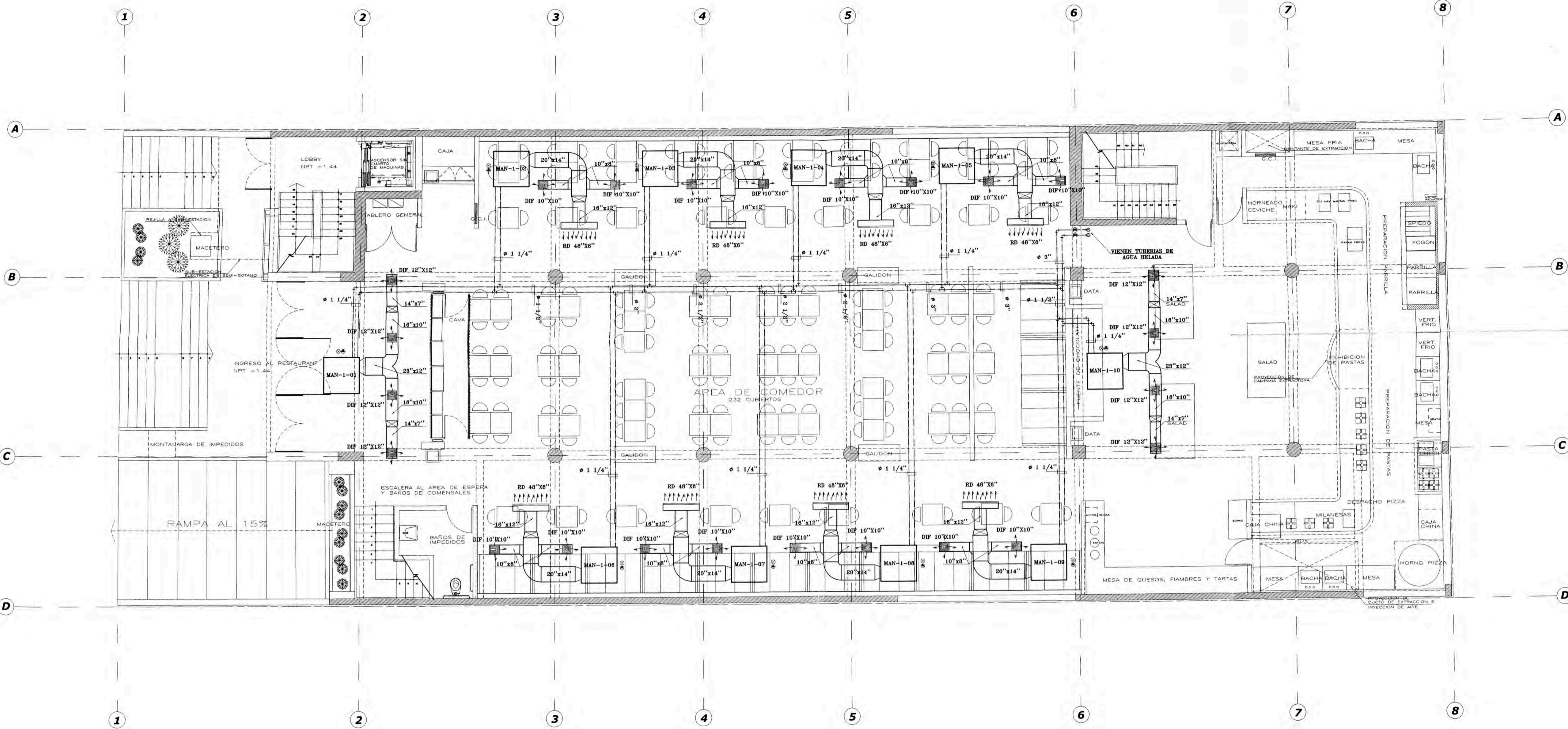
11. Portal Web de Johnson Controls; *Catálogos de Productos*; <<http://www.johnsoncontrols.com/content/us/en.html>>. [Consulta: Febrero 2012]

Portal Web del Organismo Supervisor de Inversión en Energía y Minas; *Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad Lima*; <<http://www2.osinerg.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=150000>>. [Consulta: Marzo 2012]

Portal Web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú; *Clima - Datos Históricos de Lima*, <http://www.senamhi.gob.pe/main_mapa.php?t=dHi>. [Consulta: Febrero 2012]

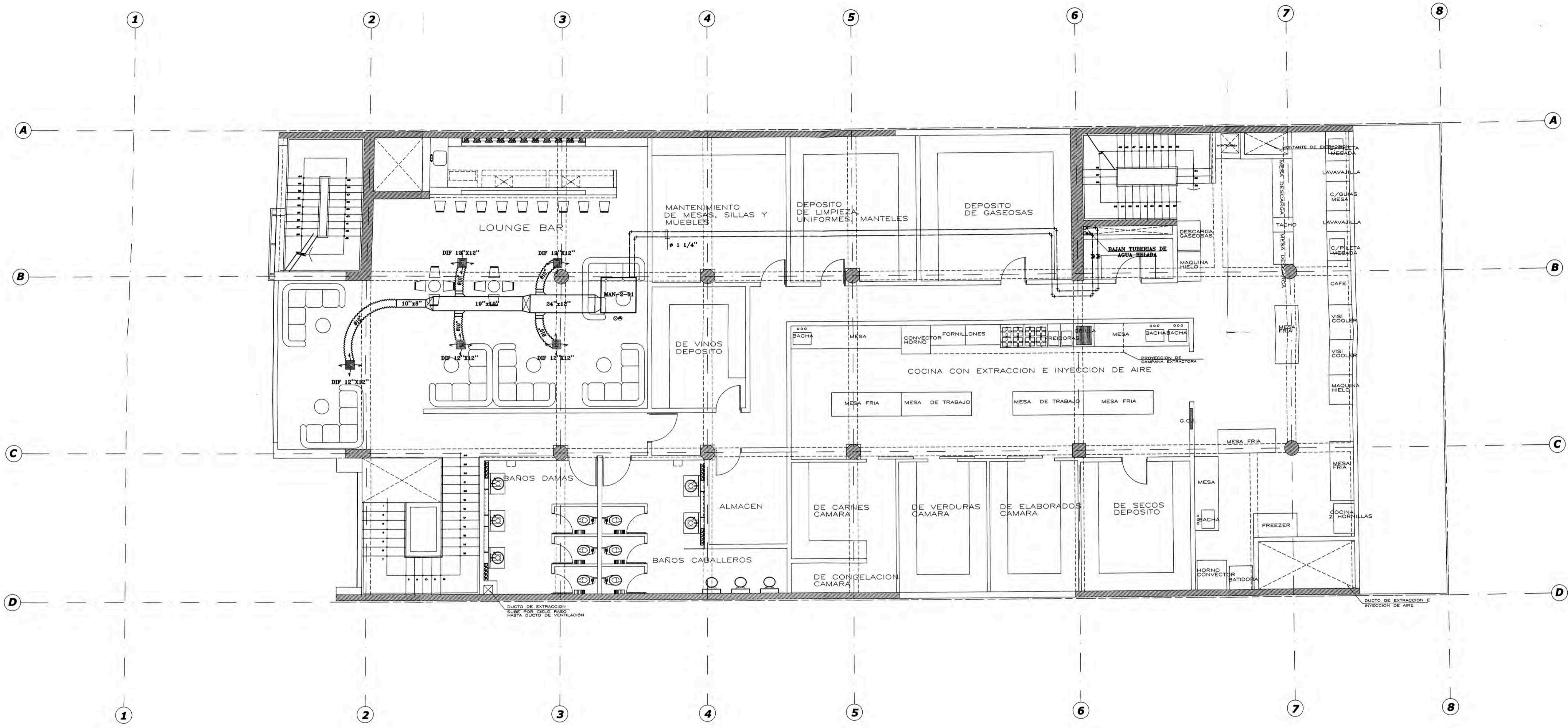
PLANOS

- 1. Plano del Sistema de Climatización del Primer Nivel - AA-01**
- 2. Plano del Sistema de Climatización del Segundo Nivel - AA-02**
- 3. Plano del Sistema de Climatización del Tercer Nivel - AA-03**
- 4. Plano del Sistema de Climatización del Cuarto Nivel - AA-04**
- 5. Plano de Leyenda, Tablas y Detalles del Sistema de Climatización - AA-05**



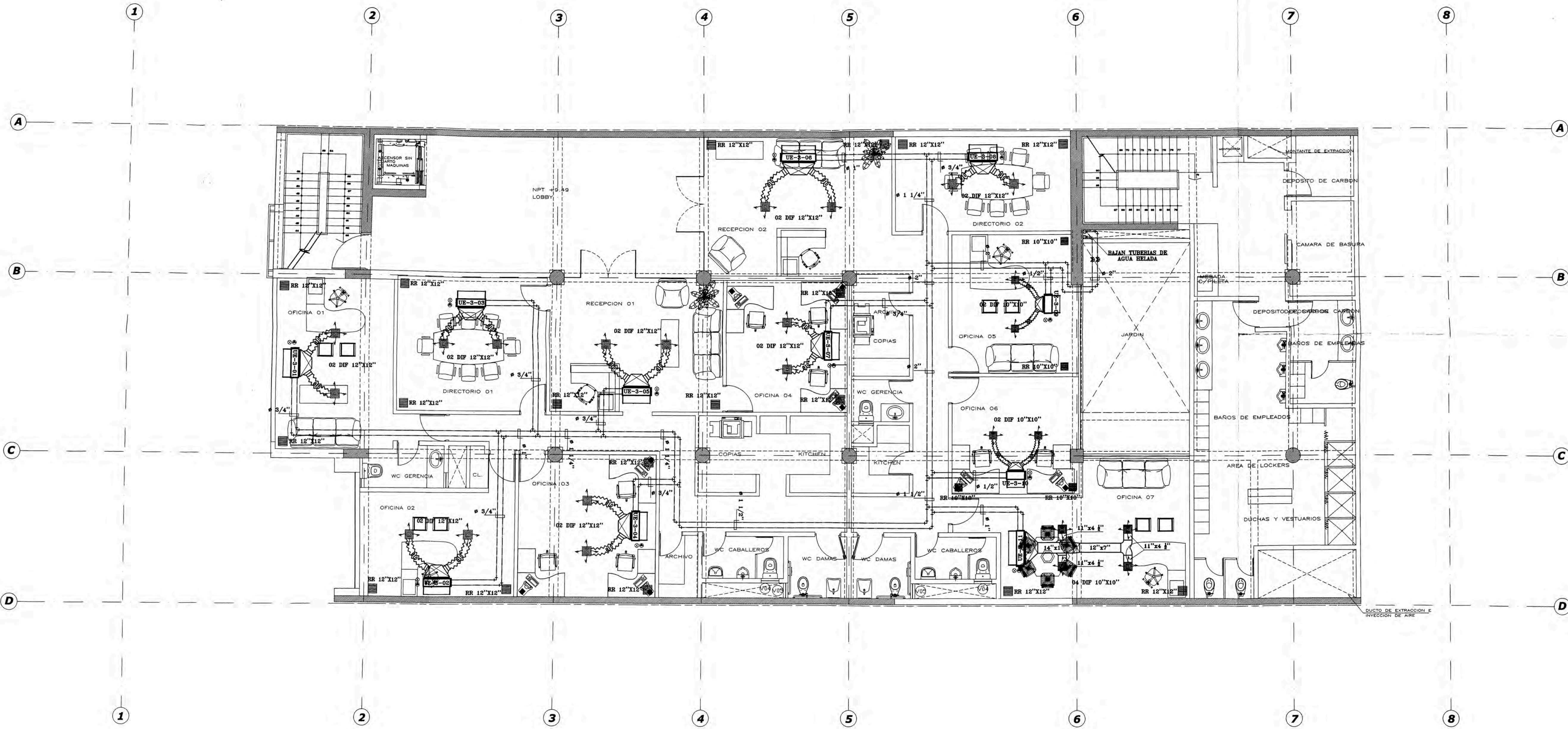
PLANTA NIVEL +1.44

A/C PRODUCTS PERU SAC				
PROYECTO:	CLIMATIZACION			
OBRA:	EDIFICACION MULTIFUNCIONAL			
PLANO:	SISTEMA DE AIRE ACOND. - PRIMER NIVEL			
PROYECTO:		PROYECTO N°:		PLANO N°
DIBUJO:	L.A.R.R. JUN.10	N° PLANO CORRELATIVO:		AA-01
REVISO:	L.A.R.R. JUN.10	ARCHIVO:		
APROBO:	L.A.R.R. JUN.10	ESCALA:	1:75	



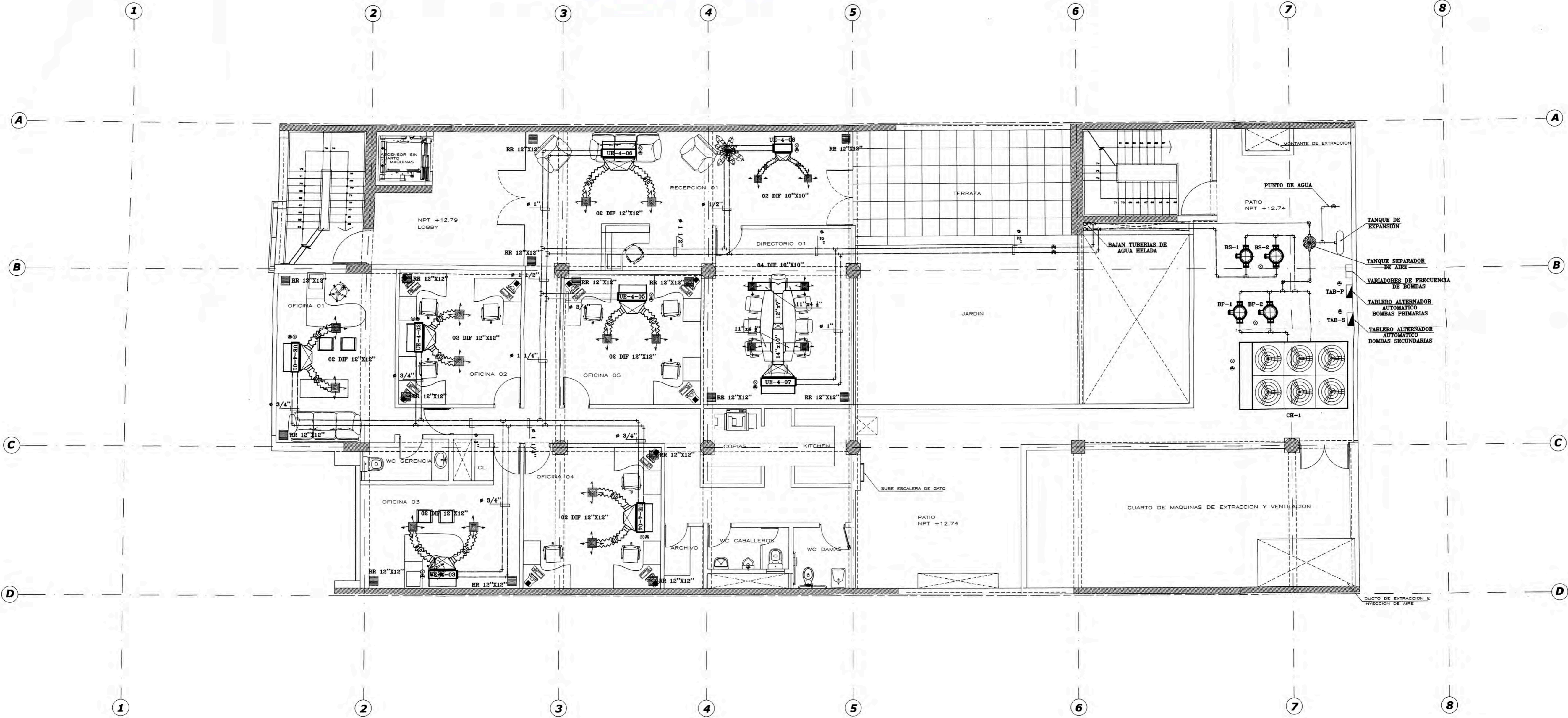
PLANTA NIVEL +5.64

A/C PRODUCTS PERU SAC				
PROYECTO:		CLIMATIZACION		
OBRA:		EDIFICACION MULTIFUNCIONAL		
PLANO:		SISTEMA DE AIRE ACOND. - SEGUNDO NIVEL		
PROYECTO:		PROYECTO N°:		PLANO N°
DIBUJO:	L.A.R.R. JUN.10	N° PLANO CORRELATIVO:		AA-02
REVISO:	L.A.R.R. JUN.10	ARCHIVO:		
APROBO:	L.A.R.R. JUN.10	ESCALA:	1/75	



PLANTA NIVEL +9.49

A/C PRODUCTS PERU SAC				
PROYECTO: CLIMATIZACION				
OBRA: EDIFICACION MULTIFUNCIONAL				
PLANO: SISTEMA DE AIRE ACOND. - TERCER NIVEL				
PROYECTO:		PROYECTO N°:		PLANO N°
DIBUJO:	L.A.R.R. JUN.10	N° PLANO CORRELATIVO:		AA-03
REVISO:	L.A.R.R. JUN.10	ARCHIVO:		
APROBO:	L.A.R.R. JUN.10	ESCALA:	1/75	



PLANTA NIVEL +12.74

A/C PRODUCTS PERU SAC				
PROYECTO: CLIMATIZACION				
OBRA: EDIFICACION MULTIFUNCIONAL				
PLANO: SISTEMA DE AIRE ACOND. - CUARTO NIVEL				
PROYECTO:		PROYECTO N°:		PLANO N°
DIBUJO:	L.A.R.R.	JUN.10	N° PLANO CORRELATIVO:	AA-04
REVISO:	L.A.R.R.	JUN.10	ARCHIVO:	
APROBO:	L.A.R.R.	JUN.10	ESCALA:	1/75

TABLA DE CAPACIDAD DE LA UNIDAD ENFRIADORA DE AGUA (CHILLER)

UNIDAD	CANTIDAD	CAPACIDAD TON.	COMPRESOR		COOLER		CONDENSADOR TEMPERATURA DE ENTRADA DEL AIRE	CARACTERISTICAS ELECTRICAS	
			TIPO	CANTIDAD	CAUDAL G.P.M.	TEMPERATURA DEL AGUA ENTRADA (°F) SALIDA (°F)			
CH-1	01	91.5	SCROLL	05	220	54	44	89°F	220v-3ø-60HZ-90KW

TABLA DE CAPACIDAD DE ELECTROBOMBAS

EQUIPO	CANTIDAD	CAUDAL (GPM) C/BOCNA	ALTURA TOTAL (Pies de agua)	CARACTERISTICAS ELECTRICAS	USO
BP-1	01	220	32.54	7.5HP-220v-3ø-60HZ	NORMAL
BP-2	01	220	32.54	7.5HP-220v-3ø-60HZ	EMERGENCIA
BS-1	01	220	61.92	10HP-220v-3ø-60HZ	NORMAL
BS-2	01	220	61.92	10HP-220v-3ø-60HZ	EMERGENCIA

ESPESOR DE CHAPA DE ACERO GALVANIZADO

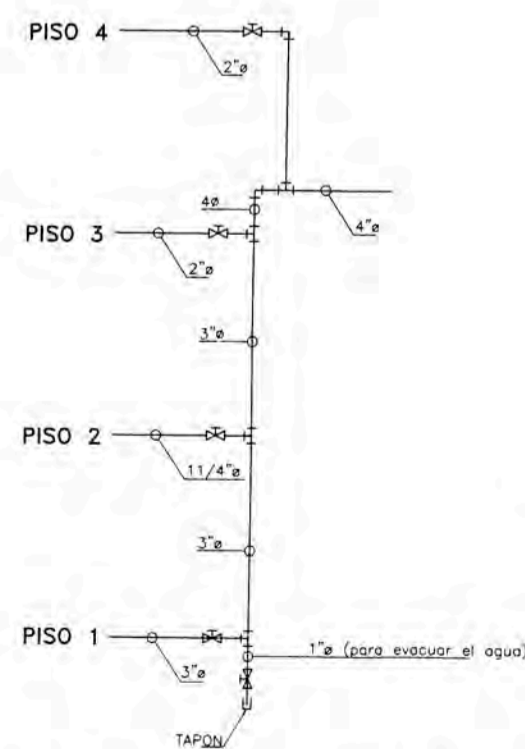
DIMENSION DUCTO	ESPESOR DE PLANCHA
Hasta 0.30 m.	0.40 mm.
De 0.30 a 0.75	0.51 mm.
De 0.75 a 1.50	0.64 mm.
De 1.50 a 2.25	0.81 mm.
Mayor a 2.25	1.02 mm.

TABLA DE CAPACIDAD DE FANCOILS Y MANEJADORAS DE AIRE

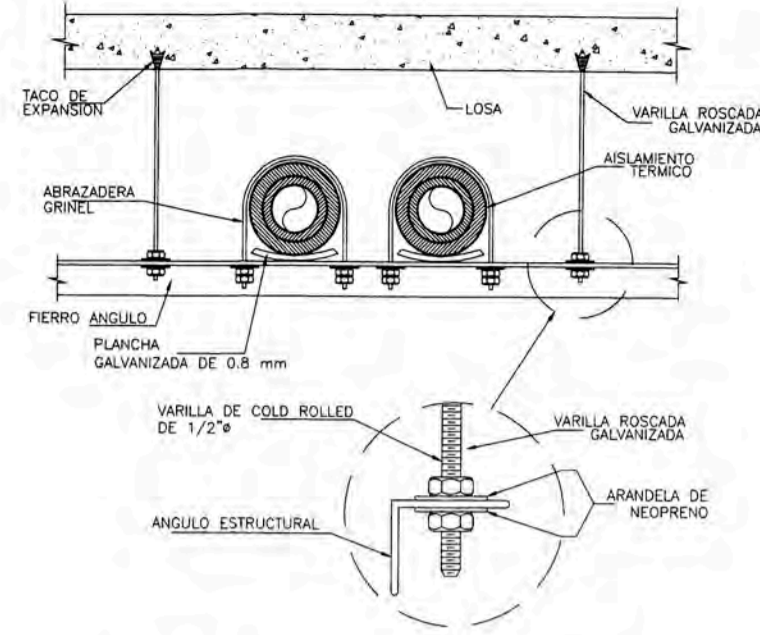
UNIDAD	CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO TOTAL BTU/H	VENTILADOR		AGUA HELADA COND. DEL AGUA		CARACTERISTICAS ELECTRICAS	
		CAUDAL GPM	PPA Pulg.C.A.	CAUDAL GPM	TEMP.(°F) ENTR. SALIDA		
MAN-1-01	60,000	1,961.76	0.20	12	55.0	45.0	900W-220v-1ø-60HZ
MAN-1-02	60,000	1,961.76	0.20	12	55.0	45.0	900W-220v-1ø-60HZ
MAN-1-03	60,000	1,961.76	0.20	12	55.0	45.0	900W-220v-1ø-60HZ
MAN-1-04	60,000	1,961.76	0.20	12	55.0	45.0	900W-220v-1ø-60HZ
MAN-1-05	60,000	1,961.76	0.20	12	55.0	45.0	900W-220v-1ø-60HZ
MAN-1-06	60,000	1,961.76	0.20	12	55.0	45.0	900W-220v-1ø-60HZ
MAN-1-07	60,000	1,961.76	0.20	12	55.0	45.0	900W-220v-1ø-60HZ
MAN-1-08	60,000	1,961.76	0.20	12	55.0	45.0	900W-220v-1ø-60HZ
MAN-1-09	60,000	1,961.76	0.20	12	55.0	45.0	900W-220v-1ø-60HZ
MAN-1-10	60,000	1,961.76	0.20	12	55.0	45.0	900W-220v-1ø-60HZ
MAN-2-01	60,000	1,961.76	0.20	12	55.0	45.0	900W-220v-1ø-60HZ
UE-3-01	18,000	588.53	0.20	3.6	55.0	45.0	285W-220v-1ø-60HZ
UE-3-02	18,000	588.53	0.20	3.6	55.0	45.0	285W-220v-1ø-60HZ
UE-3-03	18,000	588.53	0.20	3.6	55.0	45.0	285W-220v-1ø-60HZ
UE-3-04	18,000	588.53	0.20	3.6	55.0	45.0	285W-220v-1ø-60HZ
UE-3-05	18,000	588.53	0.20	3.6	55.0	45.0	285W-220v-1ø-60HZ
UE-3-06	24,000	784.71	0.20	4.8	55.0	45.0	410W-220v-1ø-60HZ
UE-3-07	18,000	588.53	0.20	3.6	55.0	45.0	285W-220v-1ø-60HZ
UE-3-08	18,000	588.53	0.20	3.6	55.0	45.0	285W-220v-1ø-60HZ
UE-3-09	12,000	391.35	0.20	2.4	55.0	45.0	160W-220v-1ø-60HZ
UE-3-10	12,000	391.35	0.20	2.4	55.0	45.0	160W-220v-1ø-60HZ
UE-3-11	24,000	784.71	0.20	4.8	55.0	45.0	410W-220v-1ø-60HZ
UE-4-01	18,000	588.53	0.20	3.6	55.0	45.0	285W-220v-1ø-60HZ
UE-4-02	18,000	588.53	0.20	3.6	55.0	45.0	285W-220v-1ø-60HZ
UE-4-03	18,000	588.53	0.20	3.6	55.0	45.0	285W-220v-1ø-60HZ
UE-4-04	18,000	588.53	0.20	3.6	55.0	45.0	285W-220v-1ø-60HZ
UE-4-05	18,000	588.53	0.20	3.6	55.0	45.0	285W-220v-1ø-60HZ
UE-4-06	24,000	784.71	0.20	4.8	55.0	45.0	410W-220v-1ø-60HZ
UE-4-07	24,000	784.71	0.20	4.8	55.0	45.0	410W-220v-1ø-60HZ
UE-4-08	12,000	391.35	0.20	2.4	55.0	45.0	160W-220v-1ø-60HZ

LEYENDA DE SIMBOLOGIA

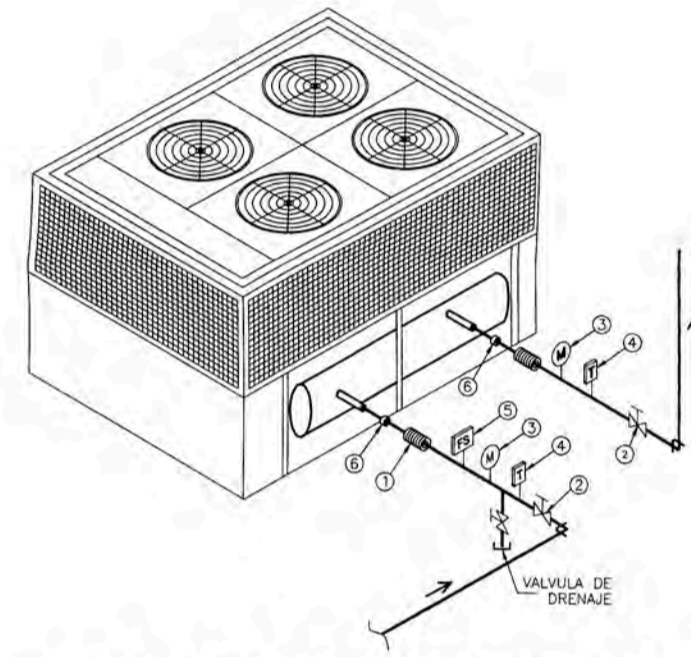
SIMBOLO	DESCRIPCION
UE	FAN COIL
MAN	MANEJADORA DE AIRE
CH	CHILLER
BP	BOMBA PRIMARIA
BS	BOMBA SECUNDARIA
☐	DIFUSOR DE AIRE (4v)
☐	DIFUSOR DE AIRE (3v)
☐	REJILLA DE RETORNO DE AIRE
☐	REJILLA DIFUSOR DE AIRE
---	TUBERIA DE RETORNO DE A.H.
---	TUBERIA DE SUMINISTRO DE A.H.
└┘	CODO DE 90°
└┘	TEE
☐	VALVULA DE COMPUERTA
☐	PUNTO DE DRENAJE
☐	PUNTO DE FUERZA
---	DUCTO DE PLANCHA GALVANIZADA
---	DUCTO FLEXIBLE



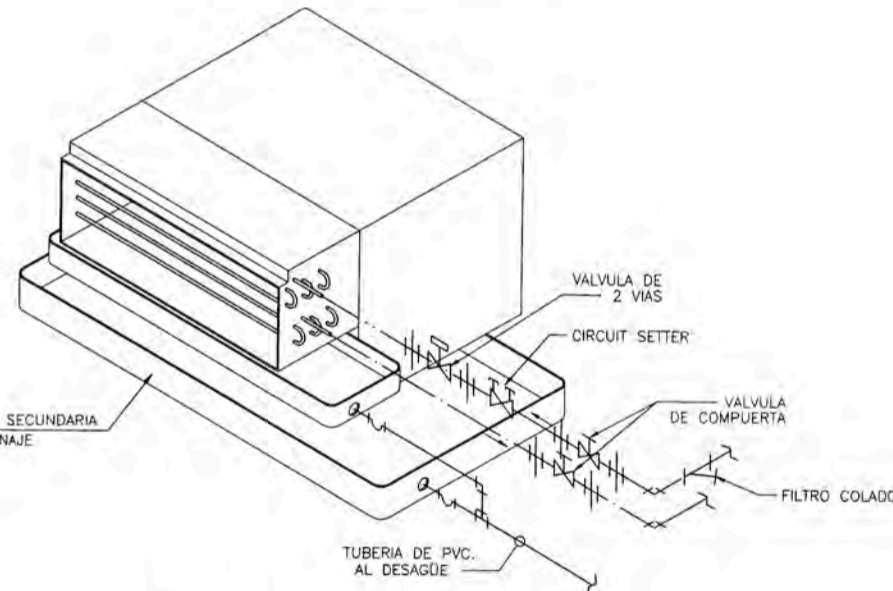
MONTANTE DE TUBERIAS DE AGUA HELADA



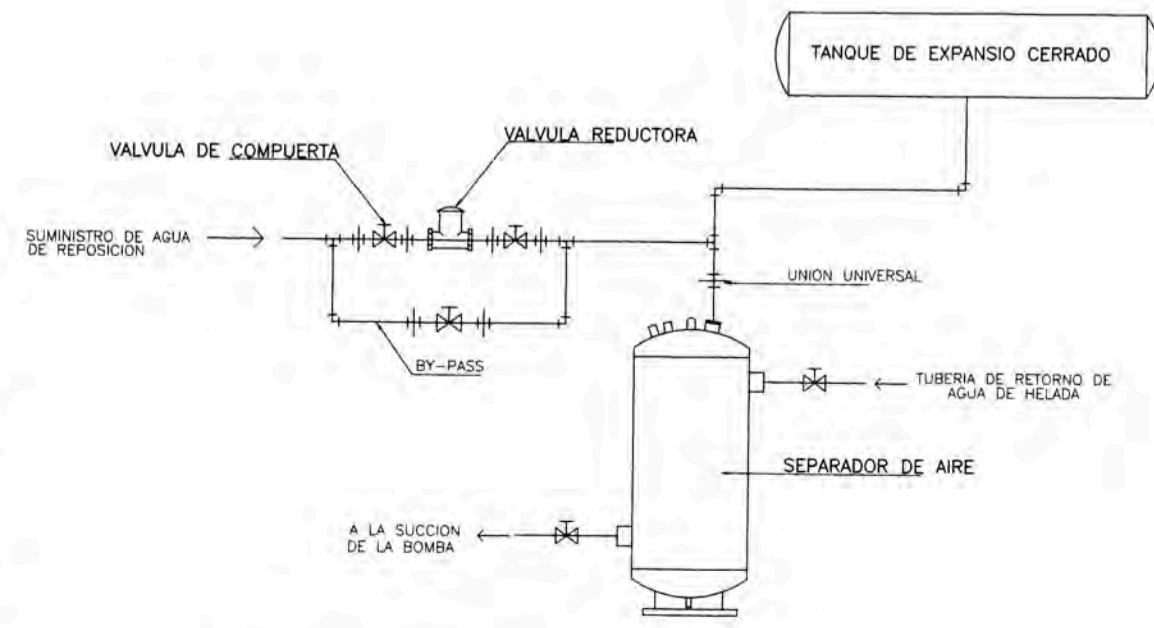
DETALLE TIPO DE SOPORTERIA PARA TUBERIAS HORIZONTALES



DETALLE DE INSTALACION DEL CHILLER COMPACTO



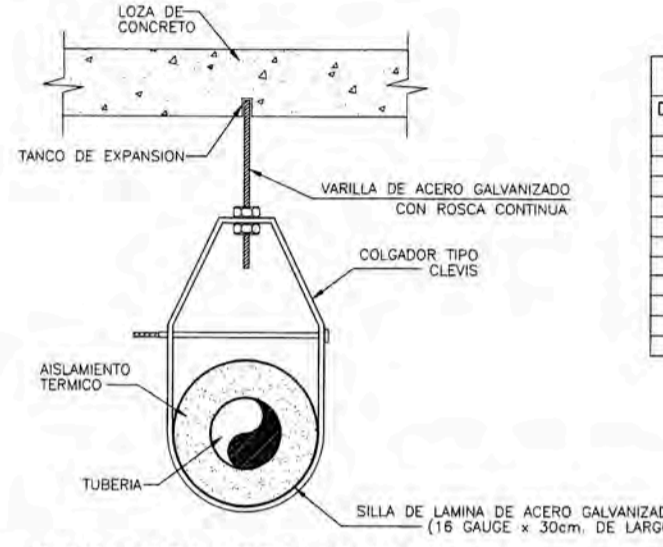
DETALLE DE INSTALACION DE EQUIPOS FANCOIL CON VALVULA DE DE 2 VIAS



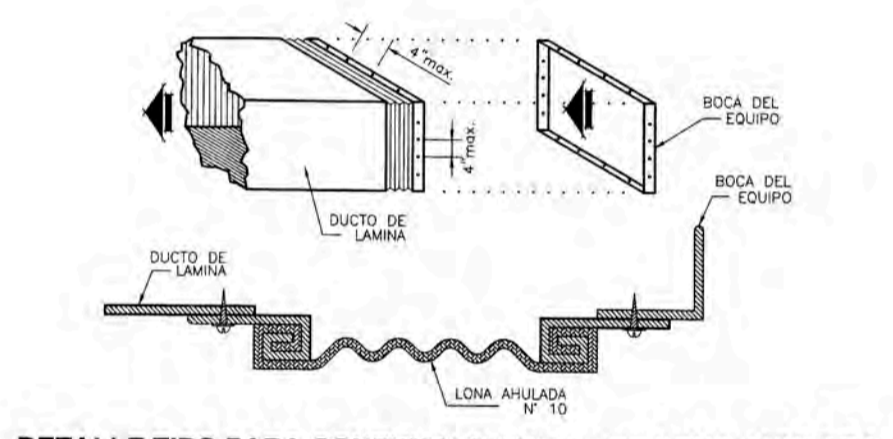
DETALLE DE INSTALACION DEL SEPARADOR DE AIRE Y TANQUE DE EXPANSION

CUADRO DE VARILLAS DE ACERO

DIAMETRO DE TUBERIA	ANGULO	DIAMETRO DE LA VARILLA	DISTANCIA ENTRE SOPORTES-Mts
3/4"	1 1/2" x 3/16"	3/8"	2.0
1"	1 1/2" x 3/16"	3/8"	3.0
1 1/4"	1 1/2" x 3/16"	3/8"	3.0
1 1/2"	1 1/2" x 3/16"	3/8"	3.0
2"	2" x 3/16"	3/8"	3.0
2 1/2"	2" x 3/16"	3/8"	4.0
3"	2" x 3/16"	3/8"	4.0
4"	2 1/2" x 1/4"	3/4"	4.0
5"	2 1/2" x 1/4"	3/4"	4.0
6"	2 1/2" x 1/4"	3/4"	4.50
8"	3" x 3/4"	3/4"	4.50



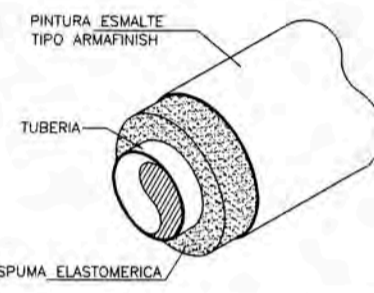
DETALLE DE INSTALACION DE TUBERIAS DE AGUA HELADA



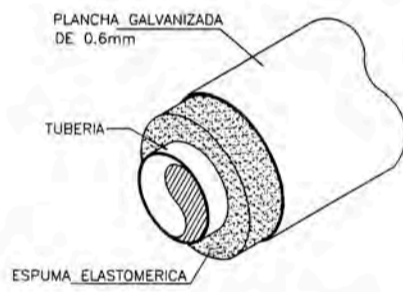
DETALLE TIPO PARA CONEXION FLEXIBLE DE LONA AHULADA

CUADRO DE VARILLAS DE ACERO

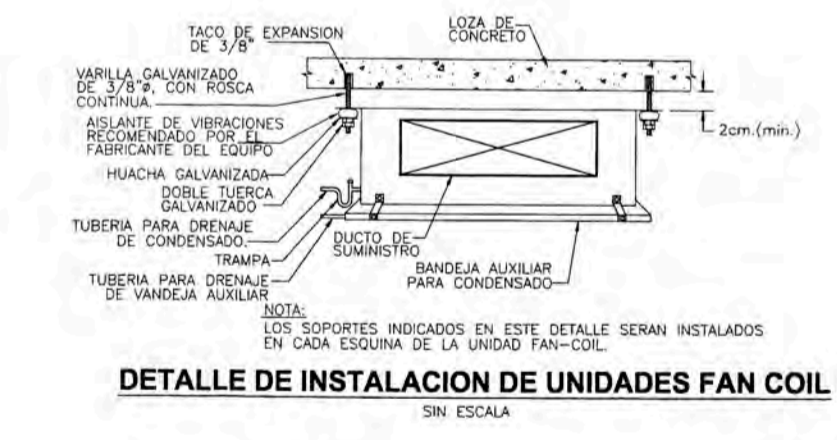
DIAMETRO DE TUBERIA	DIAMETRO DE VARILLA	DIAMETRO DEL PASADOR	PLATINA	DISTANCIA ENTRE SOPORTES-Mts
3/4"	3/8"	5/16"	1" x 1/8"	2.0
1"	3/8"	5/16"	1" x 1/8"	3.0
1 1/4"	3/8"	5/16"	1" x 1/8"	3.0
1 1/2"	3/8"	5/16"	1" x 1/8"	3.0
2"	3/8"	5/16"	1" x 1/8"	3.0
2 1/2"	3/4"	3/8"	1 1/2" x 1/8"	4.0
3"	3/4"	3/8"	1 1/2" x 1/8"	4.0
4"	3/4"	3/8"	1 1/2" x 1/8"	4.0
5"	3/4"	3/8"	1 1/2" x 1/8"	4.0
6"	1"	3/4"	1 1/2" x 3/4"	4.50
8"	1"	3/4"	1 1/2" x 3/4"	4.50



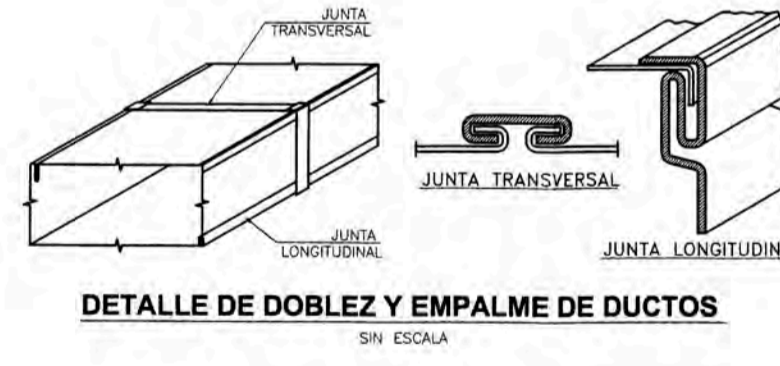
DETALLE DE AISLAMIENTO DE TUBERIAS DE AGUA HELADA INTERIOR



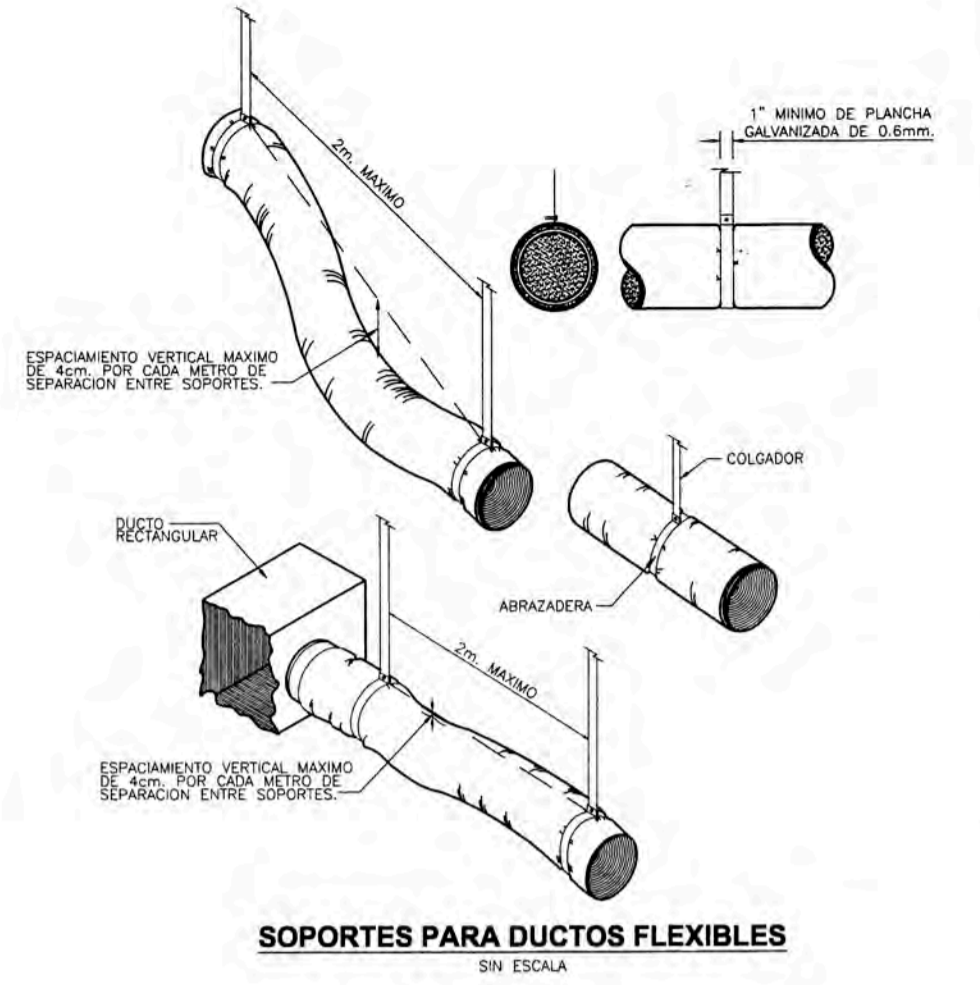
DETALLE DE AISLAMIENTO DE TUBERIAS DE AGUA HELADA EXTERIOR



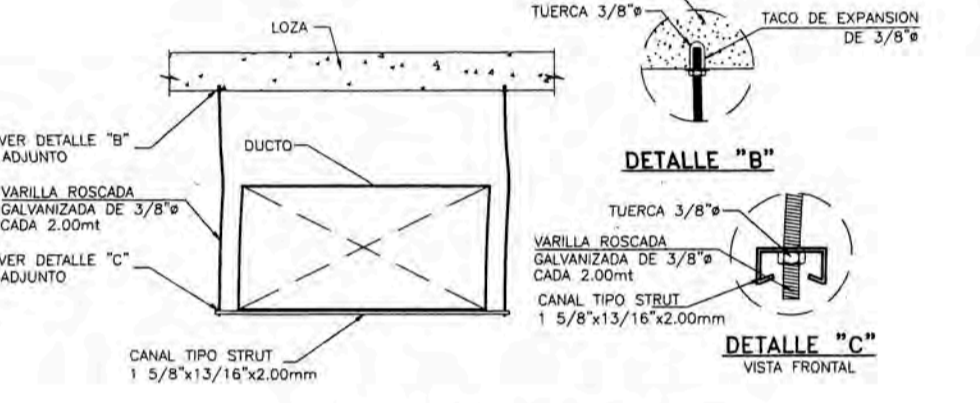
DETALLE DE INSTALACION DE UNIDADES FAN COIL



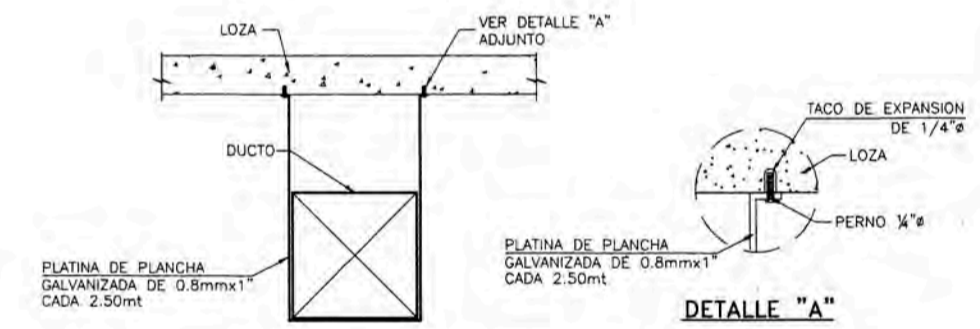
DETALLE DE DOBLEZ Y EMPALME DE DUCTOS



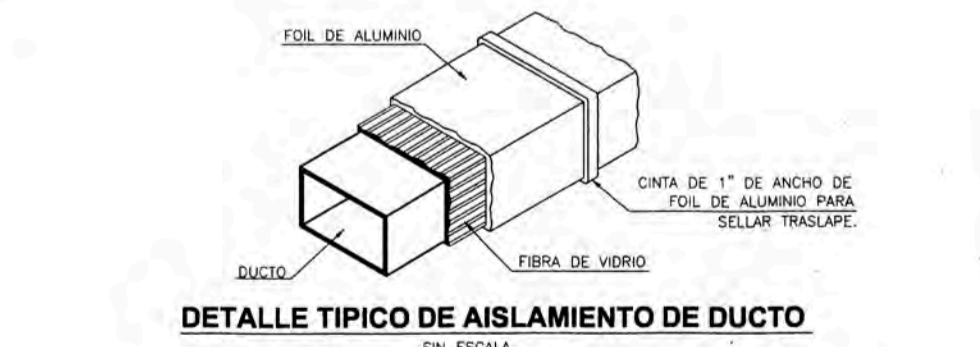
SOPORTES PARA DUCTOS FLEXIBLES



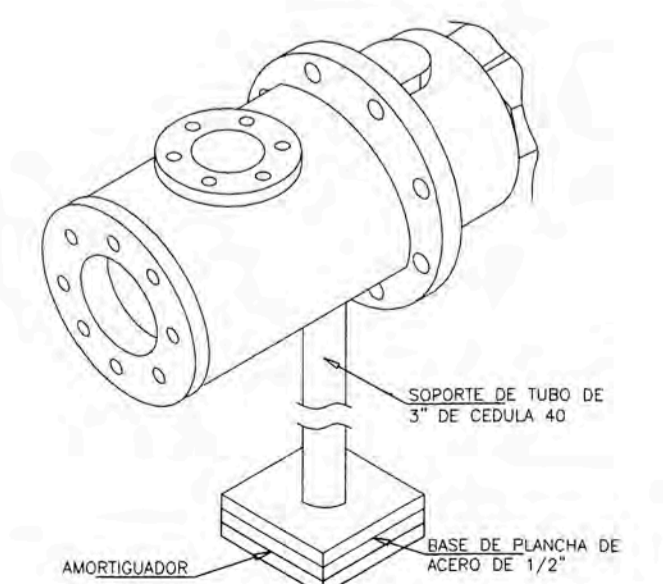
DETALLE DE SOPORTE DE DUCTO 21" HASTA 60"



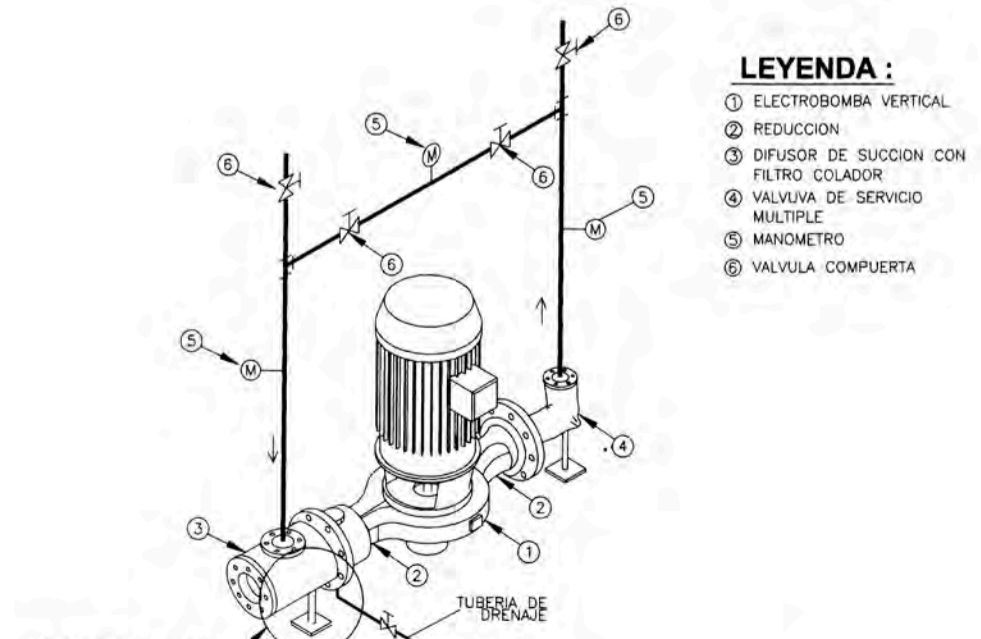
DETALLE DE SOPORTE DE DUCTO HASTA 20"



DETALLE TIPO DE AISLAMIENTO DE DUCTO



DETALLE DE MONTAJE DE ELECTROBOMBA



DETALLE TIPO DE CONEXION DE LA ELECTROBOMBA VERTICAL Y LAS TUBERIAS

A/C PRODUCTS PERU SAC

PROYECTO: CLIMATIZACION
 OBRA: EDIFICACION MULTIFUNCIONAL
 PLANO: LEYENDA, TABLAS Y DETALLES

PROYECTO:	L.A.R.R.	JUN. 10	PROYECTO N°:	PLANO N°
DIBUJO:	L.A.R.R.	JUN. 10	N° PLANO CORRELATIVO:	AA-05
REVISO:	L.A.R.R.	JUN. 10	ARCHIVO:	
APROBO:	L.A.R.R.	JUN. 10	ESCALA:	1/75

APÉNDICE

AIR-COOLED
SCROLL CHILLERS

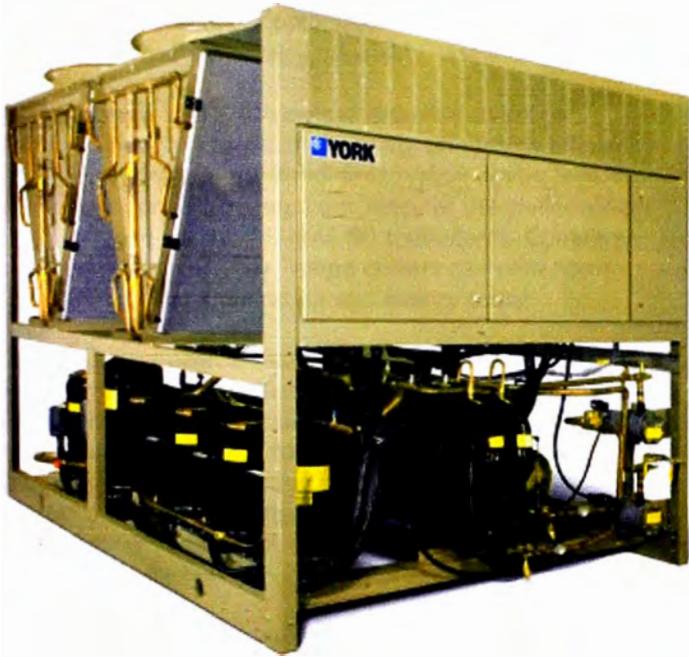
Economical, Innovative, and Environmentally Friendly



 **YORK**[®]

BY JOHNSON CONTROLS

Environmental responsibility ... standard



The YORK® Tempo™ chiller, manufactured by Johnson Controls, enables you to be a leader in environmental design through innovative technology without premium cost-adds. It delivers greater efficiency, economy and versatility to help you keep up with today's and tomorrow's demands.

It is a self-contained cooling solution that is light-weight and compact for convenient installation on the ground or on building rooftops. Advanced controls and a hydronic-pump kit make the Tempo unit a plug-and-play solution that combines smart design with lower cost of ownership.

Sustainable-design ensures LEED points

Tempo chillers are optimized for operation with HFC-410A refrigerant, which has zero ozone-depletion potential (ODP) and no phase-out date set by Environmental Protection Agency (EPA). With its advanced design, the chiller requires 30%-50% less refrigerant compared to a conventional chiller. This ensures that all models of this chiller qualify for the Enhanced Refrigerant Management Credit.

Industry-recognized design and performance

Since their introduction in 2008, Tempo chillers have received multiple, prestigious HVAC-industry awards that recognize their superior design and performance.



As a member of the U.S. Green Building Council, Johnson Controls is committed to developing products that support the LEED-certification program, like Tempo chillers.

engineer.

2008
PRODUCT OF THE YEAR Silver

Silver Award in
Consulting-Specifying Engineer
magazine's 2008
Product of the Year competition



2008
DEALER DESIGN AWARDS
NEWS MAGAZINE

Bronze Award in the
Air-Conditioning, Heating,
and Refrigeration NEWS magazine's
2008 Dealer Design Competition



2008
Readers Choice Award
from RSES® Journal

Lower total cost of ownership

YORK Tempo chillers are optimized to reduce cost of ownership through improved efficiency, reliability, and maintenance.

Energy usage 15%–20% below industry average

Tempo chillers offer industry-leading, off-design efficiency (IPLV) for the real-world conditions typical during 99% of operating hours. The design efficiency of the chiller always meets or exceeds the ASHRAE 90.1 standards. Compared to an average chiller, the Tempo chillers can save up to 15%–20% in annual operating and energy costs!

Easy and economical maintenance

Tempo chillers use significantly less refrigerant compared to a typical chiller. This saves time in refrigerant isolation and removal. For added convenience, isolation valves in the discharge and suction lines are standard. The microchannel coils are rugged and can be safely pressure-washed at up to 1500 psi, saving labor costs and simplifying maintenance cycles.

Corrosion-resistant condenser coils

Tempo chillers use microchannel coils that have fins, tubes, and headers made with aluminum. These coils are lightweight and robust. They are similar in design to the radiator coils in your car that can last a long time with minimal wear.

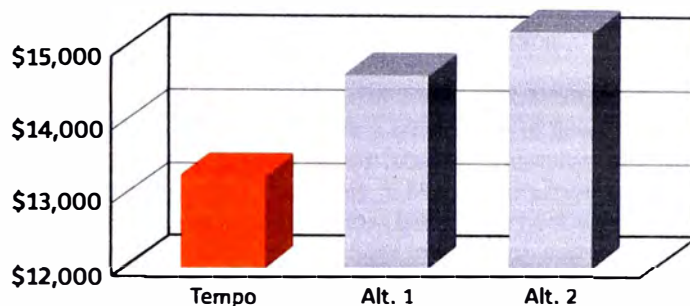
Heat recovery boosts system efficiency

Tempo chillers provide optional factory-installed heat-exchangers in the refrigerant circuit to recover heat that would normally be wasted to environment. This captured heat can be used for water heating or preheating in conjunction with a boiler.

Maximize usable space

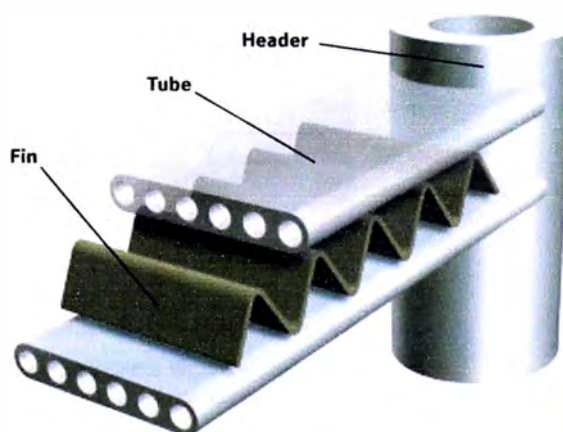
Tempo chillers are lighter, smaller, and quieter. You can add tons of capacity without adding tons of structural support. Its packaged pump kits help recover usable building space. With lowest sound levels in its class, the Tempo chiller is very quiet, and often sound walls can be either eliminated or lowered, reducing installation costs.

Chiller Annual Operating Cost



Chiller	Capacity	EER	IPLV	Operating Cost
Tempo	65.0	9.6	15.0	\$ 13,044
Alt. 1	65.0	10.2	13.5	\$ 14,494
Alt. 2	65.0	9.6	13.0	\$ 15,051

Higher IPLV of Tempo chillers results in lower operating costs.



Microchannel coil design is similar to an automotive radiator, with aluminum header, tubes, and fins to minimize the occurrence of galvanic corrosion.

Features for variety of applications

Wide range of operation

Tempo chillers can operate at ambient temperatures as low as 0°F and as high as 125°F.

If ambient temperatures could drop low enough during chiller operation that freezing of the chilled water is a possibility, remote evaporators can be used to keep the chilled-water piping within the building.

Stable low-load operation can be accomplished with a hot-gas bypass control.

Power and control

The chiller is designed to operate with wide range of power-supply voltages: 200V, 230V, 380V, 460V, 575V at 60Hz and 380-415V at 50Hz. Power wiring is easy with a single-point power connection. For convenience, power-wiring choices include main non-fused disconnect and breakers for each circuit. A factory-installed control transformer eliminates

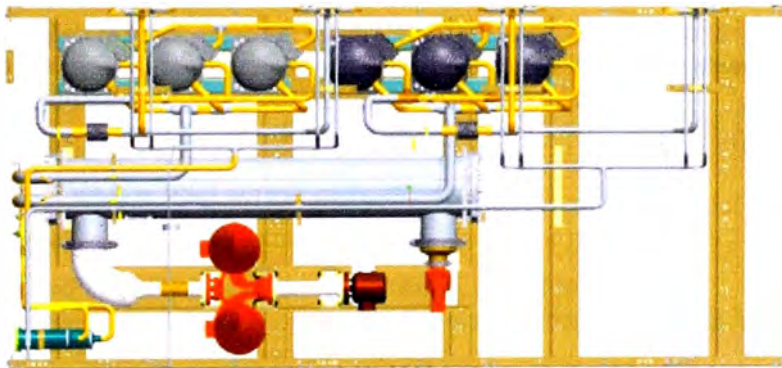
the cost of separate controls wiring. The control panel has a 40-character screen that displays descriptive messages in plain language for convenient trouble-shooting.

Factory-installed pumps

Pump kits can be configured for a wide range of flows and heads, with single or dual pumps (standby). Features include strainer/suction guide, flow switch, freeze protection, air-vent port, and triple-duty valve (circuit balancing/check valve/shutoff). Pump curves are available in selection software for easy configuration to match your application.

Protection against weather and vandalism

Choose from variety of enclosure options for added safety, visual screening, protection from accidental damage and wind-blown debris. Options include wire-mesh or louver panels for full unit protection, hail guards to protect exposed end coils, and V-guards to protect piping to coils.



A hydronic-pump kit, shown in red in this plan-view illustration, can help reduce or eliminate mechanical-room space requirements.

on recycled paper.

6096 (1209)

Johnson Controls, Inc. P.O. Box 423, Milwaukee, WI 53201 Printed in USA
johnsoncontrols.com

**Johnson
Controls** 

YORK®

Air-Cooled Chillers

CAPACITY

MODEL and DESCRIPTION

15 - 65 TR
50 - 225 kW

Model YCAL - scroll compressor

Refrigerant: HFC-410A

Standard Features: brazed plate heat-exchanger, BAS communications, service isolation valves, high-ambient kit to 125°F

Available Options: remote-evaporator option, hot-gas bypass, factory-mounted hydronic-pump kit, low-ambient kit to 0°F



70 - 180 TR
250 - 630 kW

Model YLAA - scroll compressor

Refrigerant: HFC-410A

Standard Features: shell-and-tube evaporator, microchannel coils, BAS communications, high-ambient kit to 125°F

Available Options: heat-recovery capability, remote-evaporator option, hot-gas bypass, factory-mounted hydronic-pump kit, low-ambient kit to 0°F, dual-point power, conventional tube-and-fin coils



150 - 350 TR
530 - 1230 kW

Model YVAA - VSD screw compressor

Refrigerant: HFC-134a

Standard Features: variable-speed drive, hybrid falling-film evaporator, microchannel condenser, operation from 0°F to 125°F ambient, capacity turndown to 10% load

Available Options: industry-leading IPLVs, sound-reduction packages, BAS communications



150 - 515 TR
530 - 1805 kW

Model YCIV / YCAV - VSD screw compressor

Refrigerant: HFC-134a

Standard Features: variable-speed drive, shell-and-tube evaporator, operation from 0°F to 125°F ambient, capacity turndown to 10% load

Available Options: heat-recovery capability, remote-evaporator option, sound-reduction packages, BAS communications



ORK®

Air-Cooled Condensing Units & Condensers

CAPACITY

MODEL and DESCRIPTION

40 - 80 TR
140 - 280 kW

Model YCUL - scroll compressor

Refrigerant: HFC-410A

Standard Features: BAS communications, service isolation valves, high-ambient kit to 125°F

Available Options: hot-gas bypass, low-ambient kit to 0°F



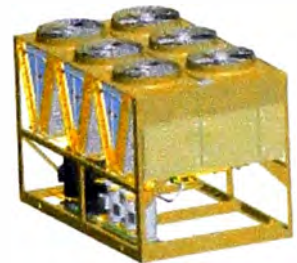
80 - 160 TR
280 - 560 kW

Model YLUA - scroll compressor

Refrigerant: HFC-410A

Standard Features: conventional tube-and-fin coils, BAS communications, high-ambient kit to 125°F

Available Options: hot-gas bypass, low-ambient kit to 0°F, dual-point power



155 - 2280 MBH

Model VDC

Refrigerant: HFC-410A

Standard Features: remote air cooled condenser, match with chillers (including YCRL) or refrigeration systems, panel includes disconnect switch and motor protection, flexible configuration from 1 to 12 fans

Available Options: low-sound fans, manifold kit, fan cycling by refrigerant pressure or ambient temperature, VFD-ready motors, coil-fin options, painted unit casing, multiple coil circuits per unit



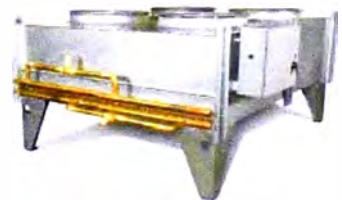
65 - 2890 MBH

Model VDCF

Fluid: Water, glycol

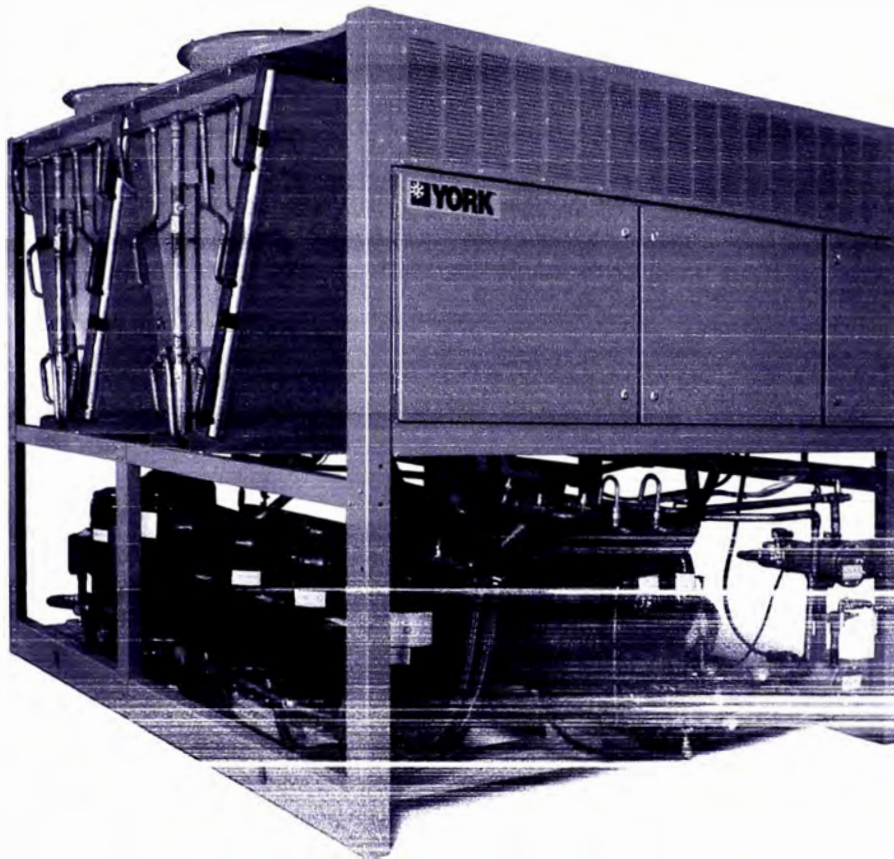
Standard Features: fluid cooler for use with range of liquids, free-cooling applications, industrial-fluid cooling, closed-loop alternative to cooling towers reduces water maintenance

Available Options: low-sound fans, manifold kit, fan cycling by liquid temperature, VFD-ready motors, coil-fin options, painted unit casing





BY JOHNSON CONTROLS



***Model YLAA Air-Cooled Scroll Chillers
Style A***

70 – 175 TON
246 – 527 kW
60 Hz
R-410A

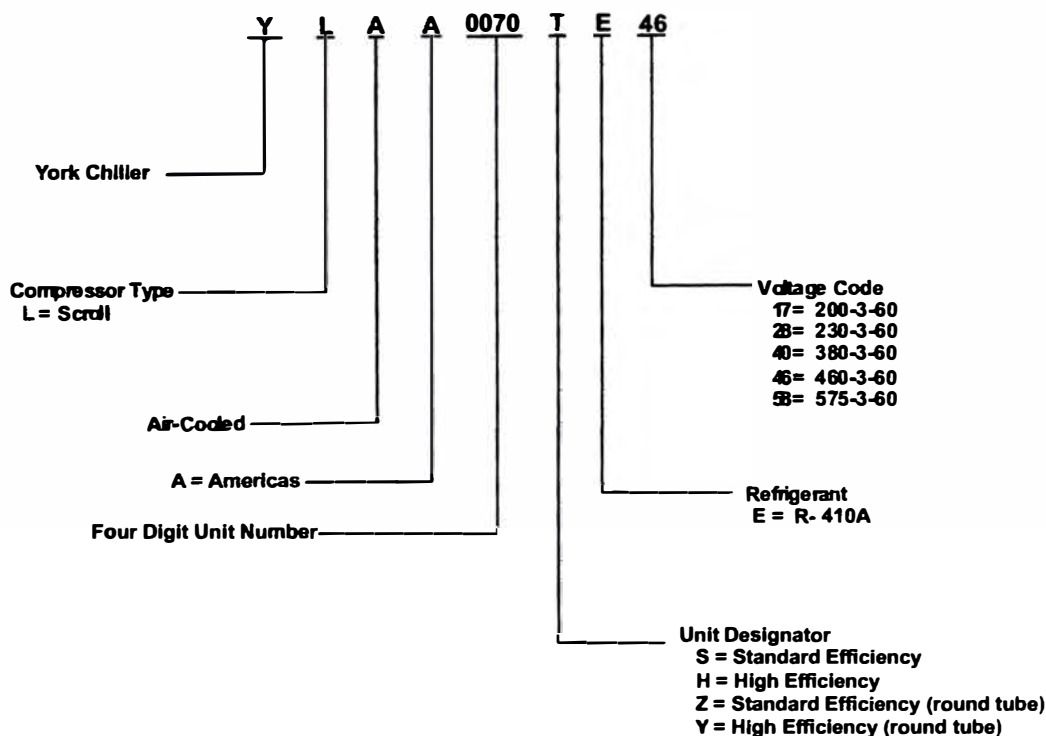


Table of Contents

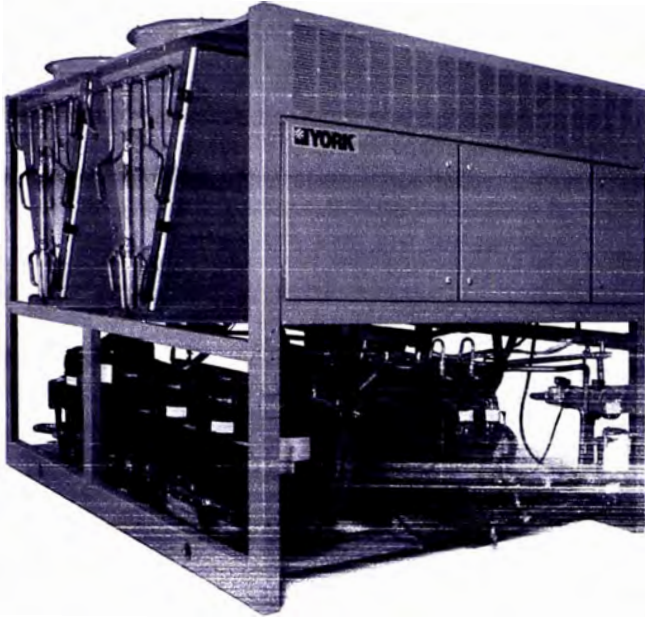
FORM 150.72-EG1 (212)	1
Production	3
Specifications	4
Microcomputer Control Center	5
Accessories and Options	7
Design Parameters	10
Water Pressure Drop	11
Selection Criteria and Procedures	12
Pump Selection Criteria	14
Pump Pressure Drop Curves	16
Single Pump Curves	18
Multiple Pump Curves	19
Settings - 60 Hz	20
Part Load Ratings - Standard Efficiency	32
Part Load Ratings - High Efficiency	33
Physical Data - English	34
Dimensions - Four Fan Units	36
Dimensions - Five Fan Units	37
Dimensions - Six Fan Units	38
Dimensions - Eight Fan Units	39
Dimensions - Ten Fan Units	40
Controller Locations	41
Controller Details	46
Electrical Notes	47
Electrical Data w/o Pumps	48
Wiring Lugs	52
Electrical Data w/ Pumps	54
Wiring Diagram	64
Elementary Wiring	66
Condenser Fan Mapping and Sequencing	68
Compressor Wiring	69
Power Options Connection Diagram	70
Power Panel	71
Wiring	73
MicroPanel Connections	74
Location Data	77
Wide Specifications	78

NOMENCLATURE

The model number denotes the following characteristics of the unit:



Introduction



*Johnson Controls, the leader in equipment controls and HVAC equipment is proud to offer the **YORK** air-cooled scroll chiller. This all-in-one package is a true plug and play system that provides superb efficiency and performance. The chiller is completely self-contained and is designed for outdoor (roof or ground level) installation. An optional hydronic pump kit makes service replacement or new building installations very convenient. Each unit includes zero-ozone-depletion refrigerant (R-410A), hermetic scroll compressors, a liquid evaporator, air cooled condenser, and a weather resistant microprocessor control center, all mounted on a formed steel base.*

ENVIRONMENTAL RESPONSIBILITY ...STANDARD

The YLAA makes you the leader in environmental practices through innovation, not added cost. With the combination of R-410A refrigerant and a 30-50% reduction of refrigerant used vs. similar chillers, the YLAA chiller provides you with the most ecologically friendly equipment. Partnered with its low sound properties (for noise pollution prevention), this chiller is a true earth-friendly offering.

REDUCED TOTAL COST OF OWNERSHIP...

Industry leading energy efficiency, easy maintenance and durability minimize your cost of ownership. Efficiency; environmental responsibility that pays you back...

- Real world energy efficiency is measured in IPLV (part load) performance.
- YLAA's industry leading IPLV's deliver cash to your bottom line.
- Serviceability... Easier maintenance pays twice: sustained chiller efficiency and lower cost maintenance contracts.
- Corrosion resistant condenser coils extend life and improve performance.

MORE BUILDING...LESS CHILLER

The YLAA offers a lighter, smaller and quieter chiller minimizing your installed cost and maximizing usable building space.

More space for you.

Smaller chiller footprint saves valuable space.

YLAA is the lowest weight chiller available, lighter than our previous generation chiller by 20-35%.

Hydronic pump kit option can save both space and cost by integrating the chilled water pumps as a factory mounted chiller option.

- Standard low sound and affordable sound attenuation options allow flexibility in locating chiller and reduce cost for field constructed sound barriers.

MANY APPLICATIONS, ONE YLAA!

Performance, sound and hydronic pump kits are all configurable to suit your many needs... Performance can be configured with standard and high full-load efficiency models (an industry first)

Multiple sound configurations...only spend on what you need.

Pumps can be factory mounted.

Hydronic pump kits can be configured for a wide range of flow and head pressure with single or dual (standby) pump.

Standard corrosion resistance for coastal applications.

Small weight and footprint allow you maximum choice in locating the chiller.

Specifications

GENERAL

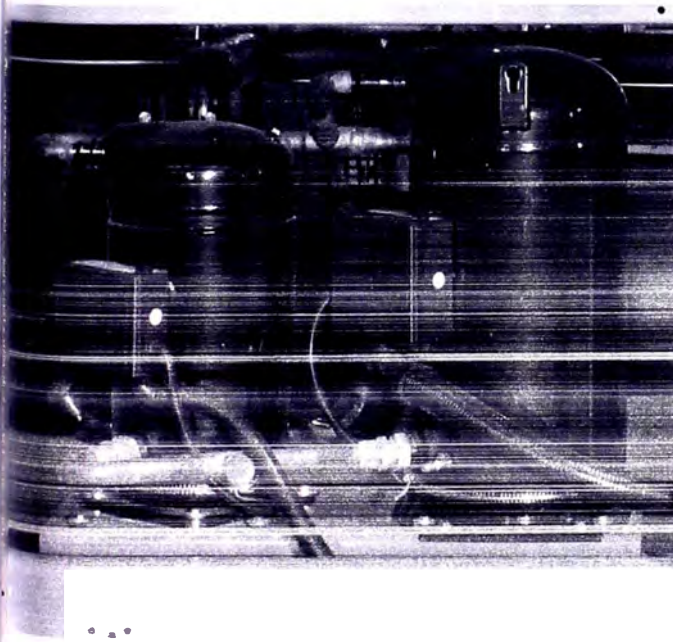
The 70 - 175 Ton (246 - 613) **YLAA** models are shipped complete from the factory ready for installation and use.

The unit is pressure-tested, evacuated, and fully charged with a zero Ozone Depletion Potential Refrigerant R-407A and includes an initial oil charge. After assembly, a complete operational test is performed with water flowing through the evaporator to assure that the refrigeration circuit operates correctly.

The unit structure is heavy-gauge, galvanized steel. This galvanized steel is coated with baked-on powder paint, which, when subjected to ASTM B117 1000 hour, salt spray testing, yields a minimum ASTM 1654 rating of 5. Units are designed in accordance with NFPA 70 (National Electric Code), ASHRAE/ANSI 15 Safety code for mechanical refrigeration, ASME and rated in accordance with ARI Standard 550/590.

COMPRESSORS

The chiller has suction-gas cooled, hermetic scroll compressors. The YLAA compressors incorporate a compliant scroll design in both the axial and radial direction. All rotating parts are statically and dynamically balanced. A large internal volume and oil reservoir provides greater liquid tolerance. Compressor-crankcase heaters are also included for extra protection against liquid migration.



EVAPORATOR

The evaporator is equipped with a heater controlled by a separate thermostat. The heater provides freeze protection for the evaporator down to -20°F (-29°C) ambient. The evaporator is covered with 3/4" flexible, closed-cell, foam insulation (K=0.25).

The water baffles are constructed of galvanized steel to

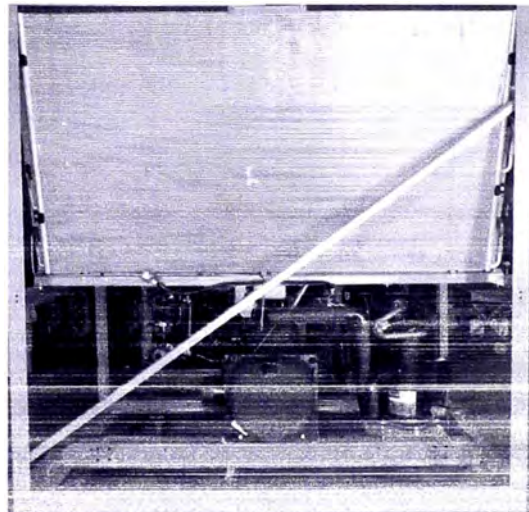
resist corrosion. The removable heads allow access to the internally enhanced, seamless, copper tubes. Vent and drain connections are included.



Water inlet and outlet connections are grooved for compatibility with field supplied ANSI/AWWA C-606 couplings.

CONDENSER

Coils - Condenser coils are made of a single material to avoid galvanic corrosion due to dissimilar metals. Coils and headers are brazed as one piece. Integral sub-cooling is included. The design working pressure of the coil is 650 PSIG (45 bar). Condenser coil shall be pressure washable up to 1500 psi (103 bar) washer.



Fans - The condenser fans are composed of corrosion resistant aluminum hub and glass-fiber-reinforced polypropylene composite blades molded into a low-noise airfoil section. They are designed for maximum efficiency and are statically and dynamically balanced for vibration-free operation. They are directly driven by independent motors, and positioned for vertical air discharge. The fan guards are constructed of heavy-gauge, rust-resistant, coated steel. All blades are statically and dynamically balanced for vibration-free operation.

Motors - The fans are driven by Totally Enclosed Air-Over, squirrel-cage type, current protected motors. They feature ball bearings that are double-sealed and permanently lubricated.

High Ambient Control - Allows units are to operate when the ambient temperature is above 115°F (46°C). Includes discharge pressure transducers.

Microcomputer Control Center

All controls are contained in a NEMA 3R/12 cabinet with hinged outer door and includes:

Liquid Crystal Display with Light Emitting Diode backlighting for outdoor viewing:

- Two display lines
- Twenty characters per line

Color coded 12-button non-tactile keypad with sections for **DISPLAY/PRINT** of typical information:

- Chilled liquid temperatures
- Ambient temperature
- System pressures (each circuit)
- Operating hours and starts (each compressor)

PRINT calls up to the liquid crystal display:

- Operating data for the systems
- History of fault shutdown data for up to the last six fault shutdown conditions

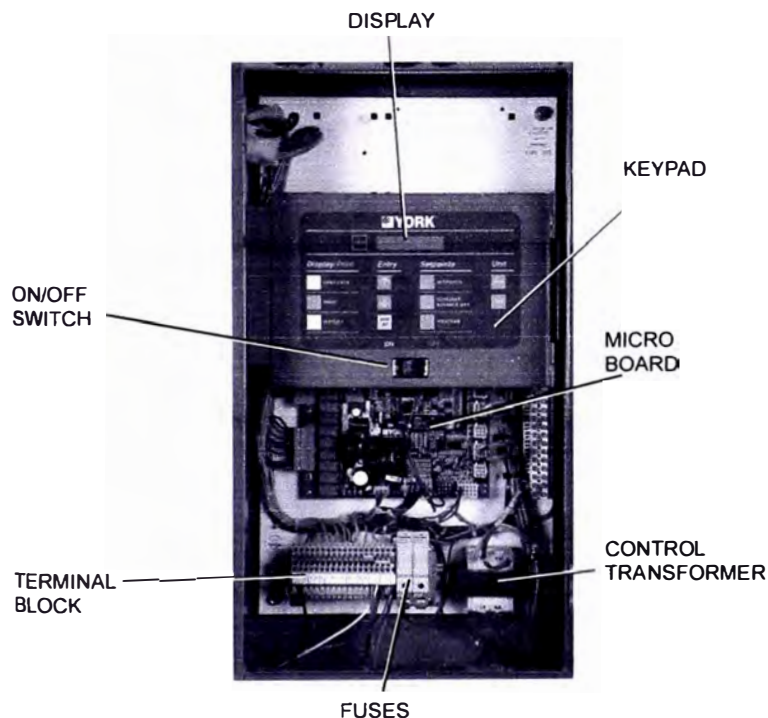


FIG.1 – CONTROL PANEL COMPONENTS

An RS-232 port, in conjunction with this press-to-print button, is provided to permit the capability of hard copy print-outs via a separate printer (by others).

ENTRY section to:

- ENTER setpoints or modify system values

SETPOINTS updating can be performed to:

- Chilled liquid temperature setpoint and range
- Remote reset temperature range
- Set daily schedule/holiday for start/stop
- Manual override for servicing
- Low and high ambient cutouts
- Number of compressors
- Low liquid temperature cutout
- Low suction pressure cutout
- High discharge pressure cutout
- Anti-recycle timer (compressor start cycle time)
- Anti-coincident timer (delay compressor starts)

UNIT section to:

- Set time
- Set unit options

UNIT ON/OFF switch

The microprocessor control center is capable of displaying the following:

- Return and leaving liquid temperature
- Low leaving liquid temperature cutout setting
- Low ambient temperature cutout setting
- Outdoor air temperature
- English or Metric data
- Suction pressure cutout setting
- Each system suction pressure
- Discharge pressure (optional)
- Liquid Temperature Reset via a Johnson Controls ISN DDC or Building Automation System (by others) via:
 - a 4-20 milliamp or 0 -10 VDC input
- Anti-recycle timer status for each system
- Anti-coincident system start timer condition
- Compressor run status
- No cooling load condition
- Day, date and time
- Daily start/stop times
- Holiday status
- Automatic or manual system lead/lag control

Microcomputer Control Center

Lead system definition

- Compressor starts & operating hours
(each compressor)
- Status of hot gas valves, evaporator heater
and fan operation
- Run permissive status
- Number of compressors running
- Liquid solenoid valve status
- Load & unload timer status
- Water pump status

Provisions are included for: pumpdown at shutdown; optional remote chilled water temperature reset and two steps of demand load limiting from an external building automation system. Unit alarm contacts are standard. The operating program is stored in non-volatile memory (PROM) to eliminate chiller failure due to AC powered failure/battery discharge. Programmed setpoints are retained in lithium battery-backed RTC memory for 5 years minimum.

COMMUNICATIONS

- Native communication capability for BACnet (MS/TP) and Modbus
- Optional communication available for N2 and LON via eLink option

HIGH AMBIENT KIT

Allows units to operate when the ambient temperature is above 115°F (46°C). Includes sun shield panels and discharge pressure transducers.

BUILDING AUTOMATION SYSTEM INTERFACE

The addition of a Printed Circuit Board to accept a 4-20 milliamp or 0-10VDC input allows the resetting of the leaving chiller liquid temperature via a Building Automation System. The standard unit capabilities include remote start-stop, remote water temperature reset via up to two steps of demand (load) limiting depending on model. The standard control panel can be directly connected to a Johnson Controls Building Automated System via the standard on-board RS232 communication port. (**Factory-installed**)

POWER PANEL

Each panel contains:

- Compressor power terminals
- Compressor motor starting contactors per I.E.C.
- Control power terminals to accept incoming for 115-1-60 control power
- Fan contactors & overload current protection

The power wiring is routed through liquid-tight conduit to the compressors and fans.

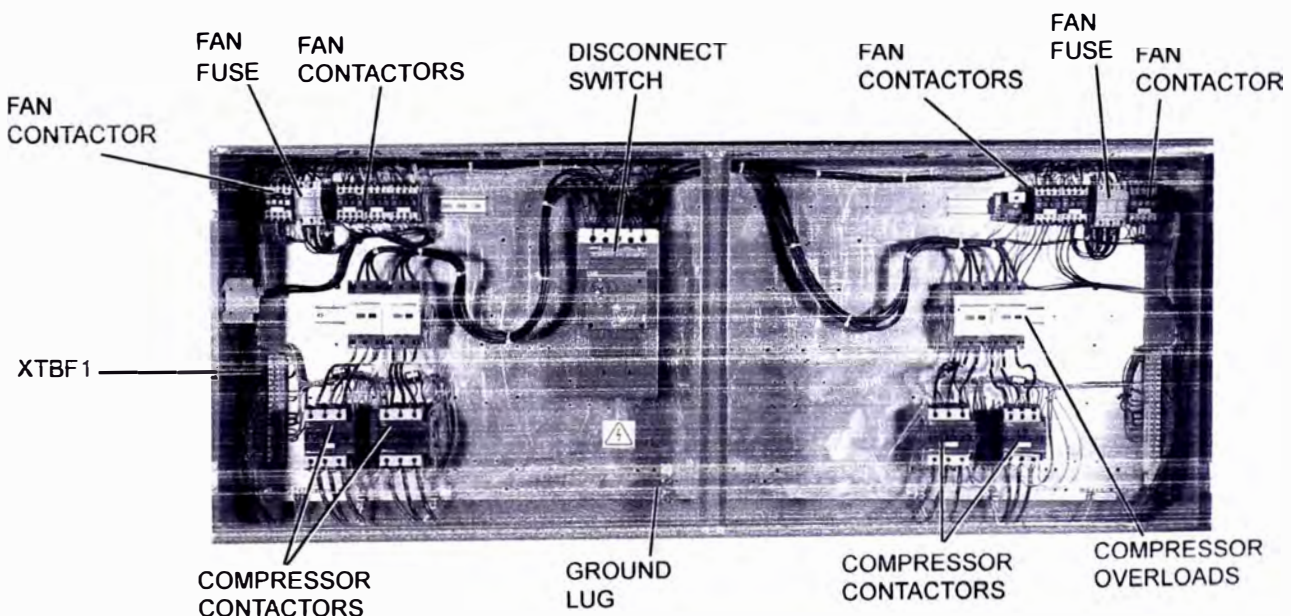


FIG. 2 – POWER PANEL COMPONENTS

Accessories and Options

POWER OPTIONS:

COMPRESSOR POWER CONNECTIONS – Single-point terminal block connection(s) are provided as standard. The following power connections are available as options. (See electrical data for specific voltage and options availability.) **(Factory installed)**

SINGLE-POINT SUPPLY TERMINAL BLOCK – Includes enclosure, terminal-block and interconnecting wiring to the compressors. Separate external protection must be supplied, by others, in the incoming compressor-power wiring. (Do not include this option if either the Single-Point Non-Fused Disconnect Switch or Single-Point Circuit Breaker options have been included.)

SINGLE-POINT NON-FUSED DISCONNECT SWITCH – Unit-mounted disconnect switch(es) with external, lockable handle (in compliance with Article 440-14 of N.E.C.), can be supplied to isolate the unit power voltage for servicing. Separate external fusing must be supplied, by others in the power wiring, which must comply with the National Electrical Code and/or local codes.

SINGLE-POINT NON-FUSED DISCONNECT SWITCH WITH INDIVIDUAL SYSTEM BREAKERS – Includes unit-mounted disconnect switch with external, lockable handles (in compliance with Article 440-14 of N.E.C.) to isolate unit power voltage for servicing. Factory interconnecting wiring is provided from the disconnect switch to factory supplied system circuit breakers.

SINGLE-POINT CIRCUIT BREAKER – A unit mounted circuit breaker with external, lockable handle (in compliance with N.E.C. Article 440-14), can be supplied to isolate the power voltage for servicing. (This option includes the Single-Point Power connection.)

MULTIPLE POINT SUPPLY WITH INDIVIDUAL SYSTEM CIRCUIT BREAKERS – Two unit-mounted circuit breakers, with external lockable handles (in compliance with NEC Article 440-14), can be supplied to isolate the power voltage for servicing.

CONTROL TRANSFORMER – Converts unit power voltage to 115-1-60 (0.5 or 1.0 KVA capacity). Factory mounting includes primary and secondary wiring between the transformer and the control panel. **(Factory installed)**

POWER FACTOR CORRECTION CAPACITORS – Will correct unit compressor power factors to a 0.90-0.95. **(Factory installed)**

CONTROL OPTIONS:

AMBIENT KIT (LOW) – Units will operate to 30°F (-1°C). This accessory includes all necessary components to permit chiller operation to 0°F (-18°C). (This option includes the Discharge Pressure Transducer / Readout Capability option.) For proper head pressure control in applications below 30°F (-1°C) where wind gusts may exceed 5 mph, it is recommended that Optional Condenser Louvered Enclosure Panels also be included. **(Factory installed)**

LANGUAGE LCD AND KEYPAD DISPLAY – Spanish, French, German, and Italian unit LCD controls and keypad display available. Standard language is English.

COMPRESSOR, PIPING, EVAPORATOR OPTIONS:

FLANGES (ANSI/AWWA C-606 COUPLINGS TYPE) – Consists of (2) Flange adapter for grooved end pipe (standard 150 psi [10.5 bar] evaporator). *(Not available on optional DX evaporator 300 PSIG DWP waterside.)* **(Field installed)**

LOW TEMPERATURE BRINE – Required for brine chilling below 30°F (-1°C) leaving brine temperature. Option includes resized thermal expansion valve. **(Factory installed)**

CHICAGO CODE RELIEF VALVES – Unit will be provided with relief valves to meet Chicago code requirements. **(Factory installed)**

SERVICE SUCTION ISOLATION VALVE – Service suction discharge (ball-type) isolation valves are added to unit per system (discharge service ball-type isolation valve is standard on each circuit). **(Factory installed)**

HOT GAS BY-PASS – Permits continuous, stable operation at capacities below the minimum step of compressor unloading to as low as 5% capacity (depending on both the unit and operating conditions) by introducing an artificial load on the evaporator. Hot gas by-pass is installed on only refrigerant system #1 on two-circuited units. **(Factory installed)**

FLOW SWITCH – The flow switch or its equivalent must be furnished with each unit.

150 psig (10.5 bar) DWP – For standard units. Johnson Controls model F61MG-1C Vapor-proof SPDT, NEMA 3R switch (150 PSIG [10.5 bar] DWP), -20°F to 250°F (-29°C to 121°C), with 1" NPT connection for upright mounting in horizontal pipe. **(Field installed)**

Accessories and Options

DIFFERENTIAL PRESSURE SWITCH – Alternative to an above mentioned flow switch. Pretempco model DPS300A-40PF-82582-5 (300 psi max. working pressure), SPDT 5 amp 125/250VAC switch, Range 3 - 40 PSID, deadband .5 - 0.8 psi, with 1/4" NPTE Pressure Connections.

HYDRO-KIT – Factory installed Hydro-Kit suitable for water glycol systems with up to 35% glycol at leaving temperatures down to 20°F. The hydro-kit option is available in a single or dual configuration (dual as standby duty only), with totally enclosed permanently lubricated pump motors.

The hydro-kit option comes standard with a balancing valve, flow switch, pressure ports, suction guide, strainer, bleed and drain valves and frost protection.

Expansion tanks are optional within the hydro-kit option.

CONDENSER AND CABINET OPTIONS:

Condenser coil protection against corrosive environments is available by choosing any of the following options. For additional application recommendations, refer to FORM 150.12-ES1. **(Factory installed)**

POST-COATED CONDENSER COILS – The unit is built with electrostatic post-coated condenser coils. This is the choice for corrosive applications (with the exception of strong alkalis, oxidizers and wet bromine, chlorine and fluorine in concentrations greater than 100 ppm).

ENCLOSURE PANELS (UNIT) – Tamperproof Enclosure Panels prevent unauthorized access to units. Enclosure Panels can provide an aesthetically pleasing alternative to expensive fencing. Additionally, for proper head pressure control, Johnson Controls recommends the use of Condenser Louvered Panels for winter applications where wind gusts may exceed five miles per hour. The following types of enclosure panels are available:

WIRE PANELS (FULL UNIT) – Consists of welded wire-mesh guards mounted on the exterior of the unit. Prevents unauthorized access, yet provides free air flow. **(Factory installed)**

WIRE/LOUVERED PANELS – Consists of welded wire-mesh panels on the bottom part of unit and louvered

panels on the condenser section of the unit. **(Factory-mounted)**.

LOUVERED PANELS (CONDENSER COIL ONLY) – Louvered panels are mounted on the sides and ends of the condenser coils for protection. **(Factory installed)**

LOUVERED PANELS (FULL UNIT) – Louvered panels surround the front, back, and sides of the unit. They prevent unauthorized access and visually screen unit components. Unrestricted air flow is permitted through generously sized louvered openings. This option is applicable for any outdoor design ambient temperature up to 115°F (46°). **(Factory installed)**

COIL END HAIL GUARD – Louvered panel attached to exposed coil end. **(Factory installed)**

SOUND ATTENUATION:

One or both of the following sound attenuation options are recommended for residential or other similar sound sensitive locations.

COMPRESSOR ACOUSTIC SOUND BLANKET – Each compressor is individually enclosed by an acoustic sound blanket. The sound blankets are made with one layer of acoustical absorbent textile fiber of 5/8" (15mm) thickness; one layer of heavy duty anti-vibration material thickness of 1/8" (3mm). Both are closed by two sheets of welded PVC, reinforced for temperature and UV resistance. **(Factory installed)**



ULTRA QUIET FANS – Lower RPM, 8-pole fan motors are used with steeper-pitch fans. **(Factory installed)**

VIBRATION ISOLATORS – Level adjusting, spring type 1" (25.4mm) or seismic deflection or neoprene pad isolators for mounting under unit base rails. **(Field installed)**

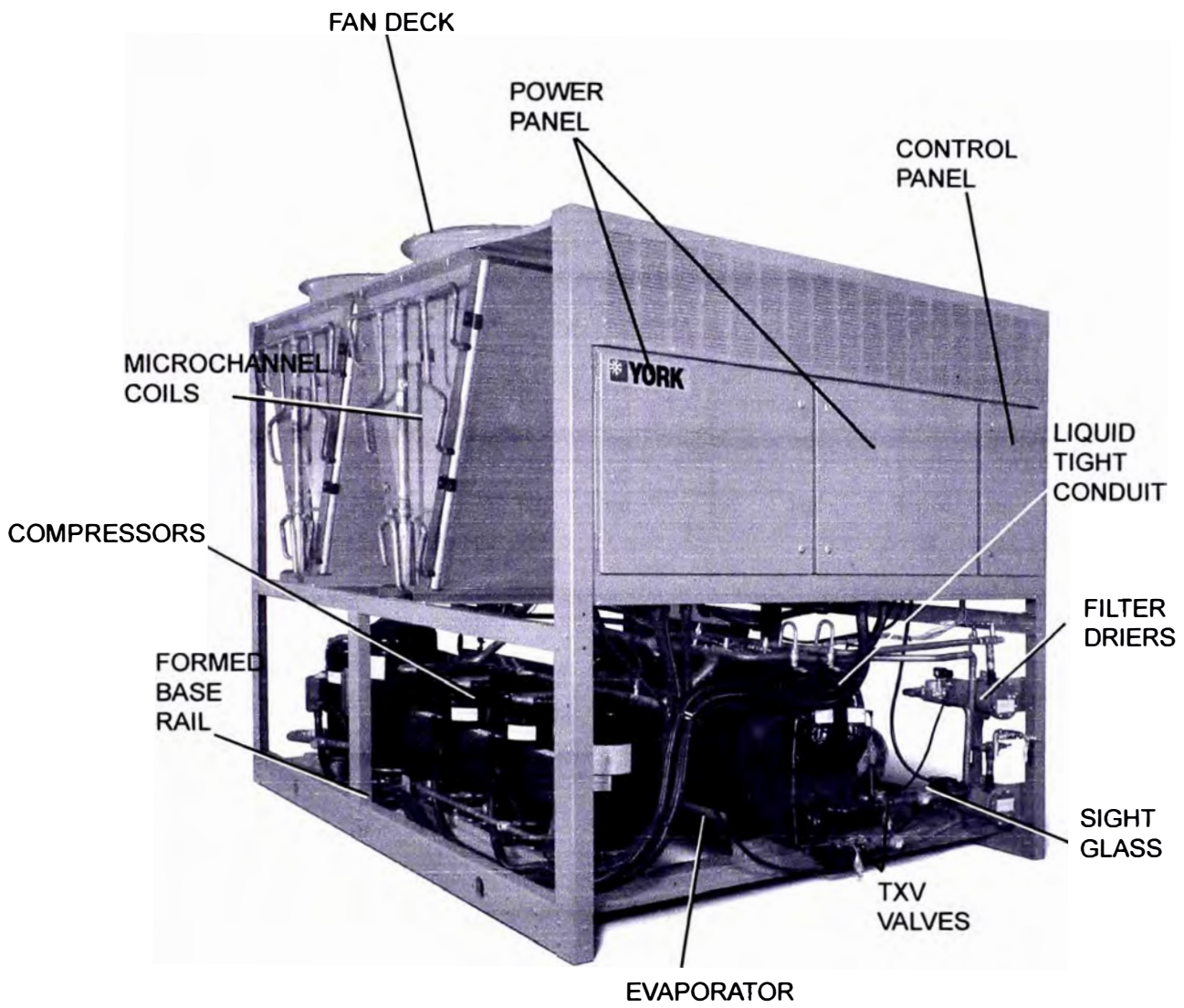


FIG.3 – GENERAL UNIT COMPONENTS

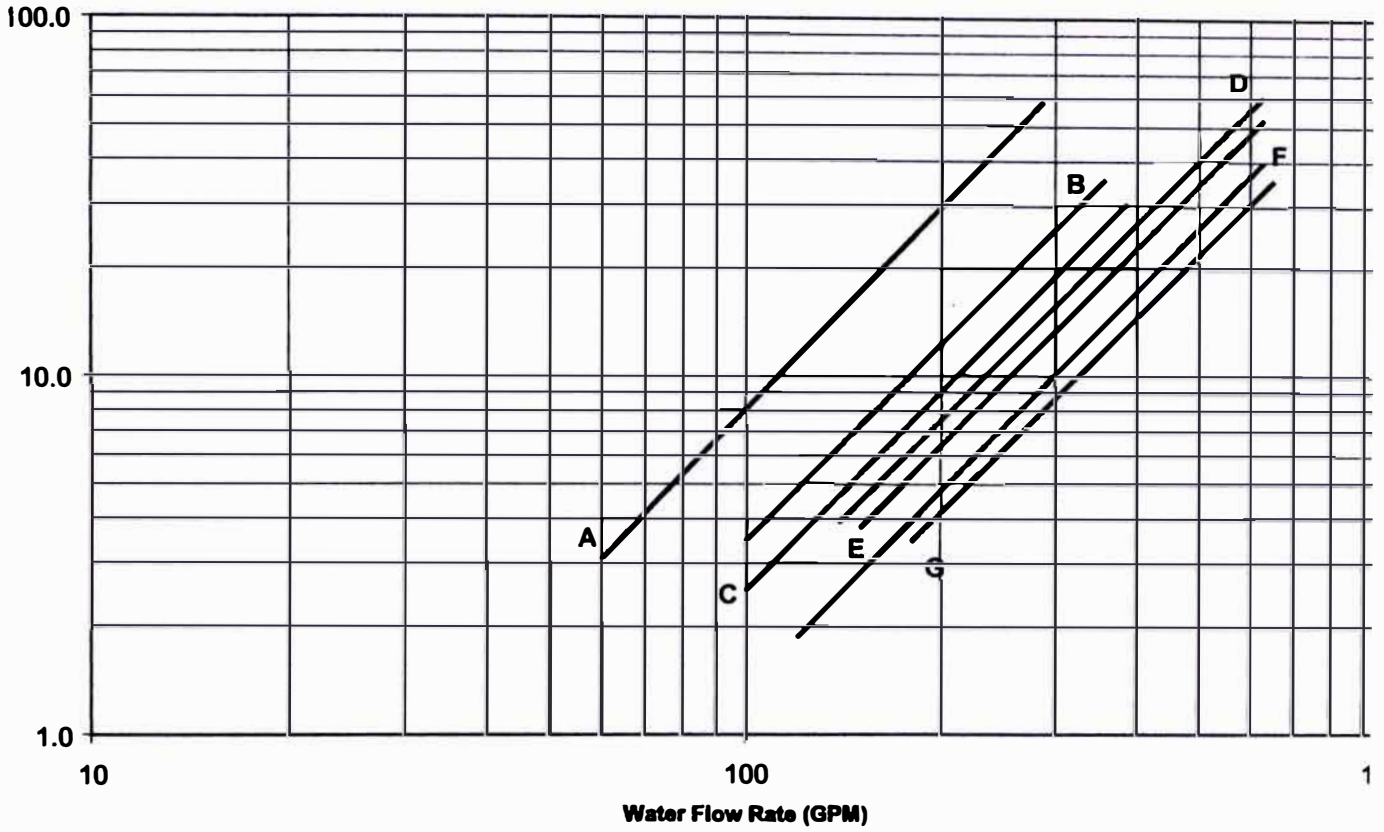
Design Parameters

NOMINAL EVAPORATOR WATER FLOW						
UNIT DESIGNATION	TEMPERATURE (°F)		WATER FLOW (GPM)		AIR ON CONDENSER (°F)	
	MIN ¹	MAX ²	MIN	MAX	MIN ³	MAX ⁴
YLAA0070SE	40	55	60	285	0	125
YLAA0080SE	40	55	100	355	0	125
YLAA0090SE	40	55	140	625	0	125
YLAA0100SE	40	55	100	385	0	125
YLAA0115SE	40	55	100	385	0	125
YLAA0120SE	40	55	150	625	0	125
YLAA0135SE	40	55	120	625	0	125
YLAA0150SE	40	55	120	625	0	125
YLAA0155SE	40	55	150	625	0	125
YLAA0170SE	40	55	120	625	0	125
High Efficiency						
YLAA0091HE	40	55	100	385	0	125
YLAA0101HE	40	55	100	385	0	125
YLAA0125HE	40	55	100	385	0	125
YLAA0141HE	40	55	150	625	0	125
YLAA0156HE	40	55	120	625	0	125
YLAA0175HE	40	55	180	650	0	125

NOTES:

- For leaving brine temperature below 40°F (4°C), contact your nearest Johnson Controls Office for application requirements.
- For leaving water temperature higher than 55°F (13°C), contact the nearest Johnson Controls Office for application guidelines. 3. The evaporator is protected against freezing to -20°F (-29°C) with an electric heater as standard.
- For operation at temperatures below 30°F (-1°C), the optional Low Ambient Kit will need to be installed on the system (for YLAA00140080 models only).
- For operation at temperatures above 115°F (46°C), the optional High Ambient Kit will need to be installed on the system.

YLAA Evaporator Pressure Drop (IP Units)



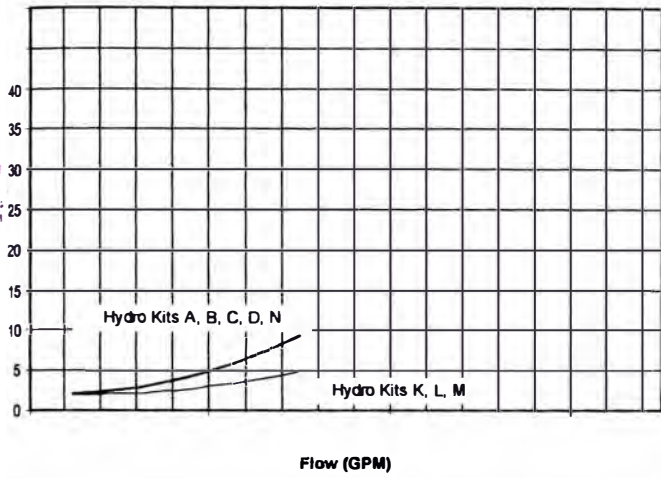
EVAPORATOR	YLAA MODELS
A	70SE
B	80SE
C	91HE, 100SE, 101HE, 115SE, 125HE
D	120SE, 141HE, 155SE
E	90SE
F	135SE, 150SE, 156HE, 170HE
G	175HE

TABLE1 – HYDRO KIT OPTIONS

KIT	SERIES	KIT TYPE	PUMP SIZE	PUMP HP	MOTOR RPM	IMPELLER DIA (IN)	MODELS WHERE USED
A	4380	SINGLE	3X3X8	5.0	1800	7.5	70,80,90,91
B	4380	SINGLE	3X3X10	7.5	1800	9.0	70,80,90,91,101
C	4380	SINGLE	3X3X10	10.0	1800	10.0	70,80,115,120,135
D	4380	SINGLE	3X3X6	15.0	3600	5.9	70,80,90,91,101,115,120,135
E	4380	SINGLE	3X3X8	20.0	3600	6.3	90,91,101,115,120,135
F	4380	SINGLE	3X3X8	7.5	1800	8.0	101,115,120,135
G	4380	SINGLE	4X4X8	10.0	1800	7.6	150,155
H	4380	SINGLE	4X4X6	10.0	3600	4.9	150,155
I	4380	SINGLE	4X4X6	15.0	3600	5.5	150,155
J	4380	SINGLE	4X4X6	20.0	3600	6.0	150,155
K	4382	DUAL	4X4X8	7.5	1800	7.9	70,80,90,91,101,115,120,135
L	4382	DUAL	4X4X6	10.0	3600	5.3	70,80,90,91,101,115,150,155
M	4382	DUAL	4X4X6	15.0	3600	5.6	70,80,90,91,120,135,150,155
N	4382	DUAL	3X3X8	15.0	3600	6.6	70,80,90,91,
O	4382	DUAL	4X4X6	15.0	3600	5.9	101,115,120,165
P	4382	DUAL	3X3X8	20.0	3600	7.2	101,115,120
R	4382	DUAL	4X4X8	20.0	3600	6.3	135,150,155

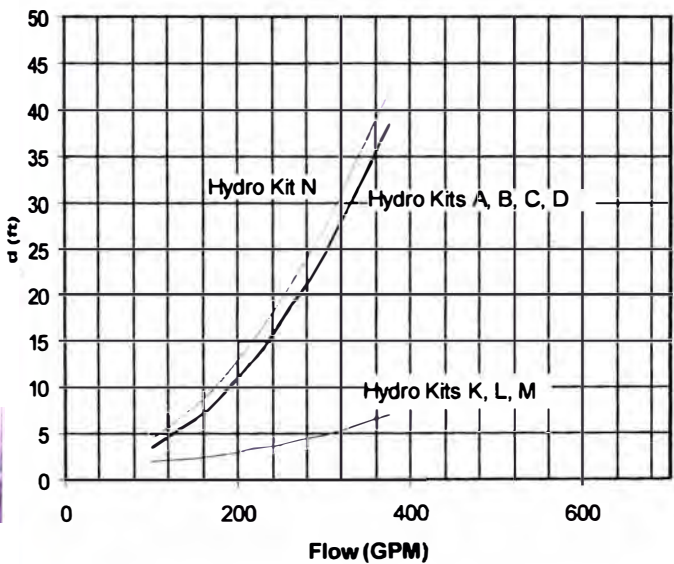
Pump Pressure Drop Curves

YLAA0070



Flow (GPM)

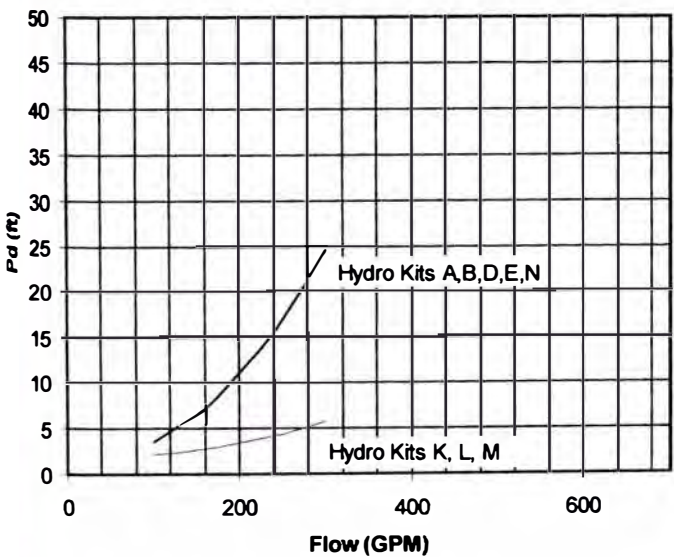
YLAA0080



Pd (ft)

Flow (GPM)

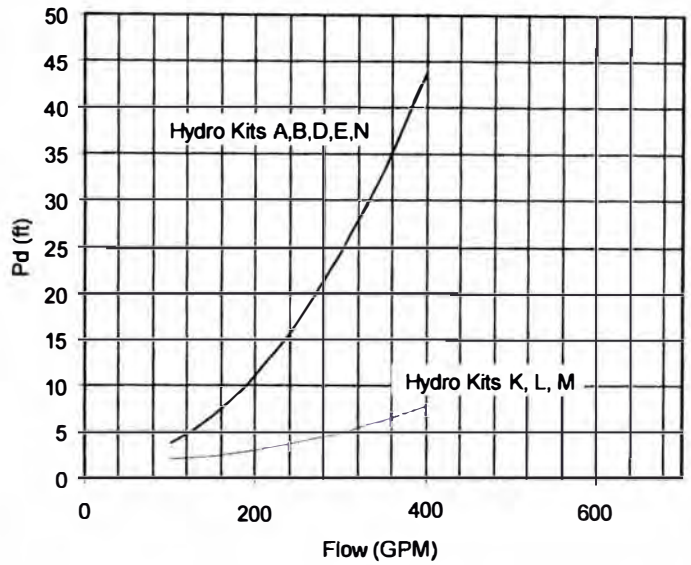
YLAA0090



Pd (ft)

Flow (GPM)

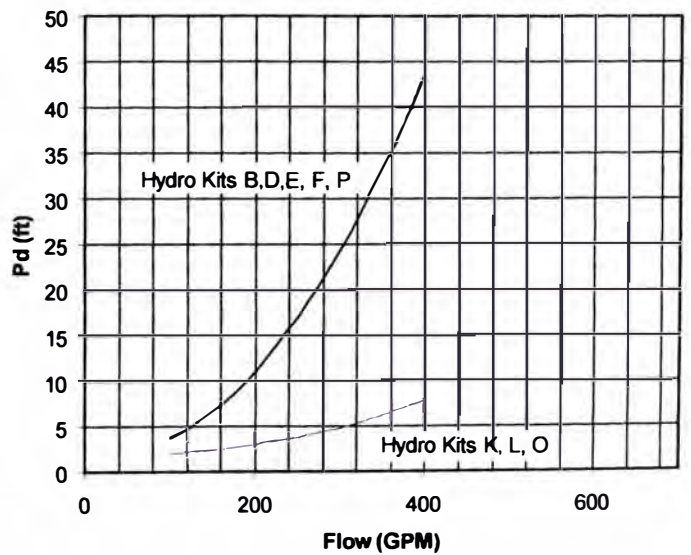
YLAA0091



Pd (ft)

Flow (GPM)

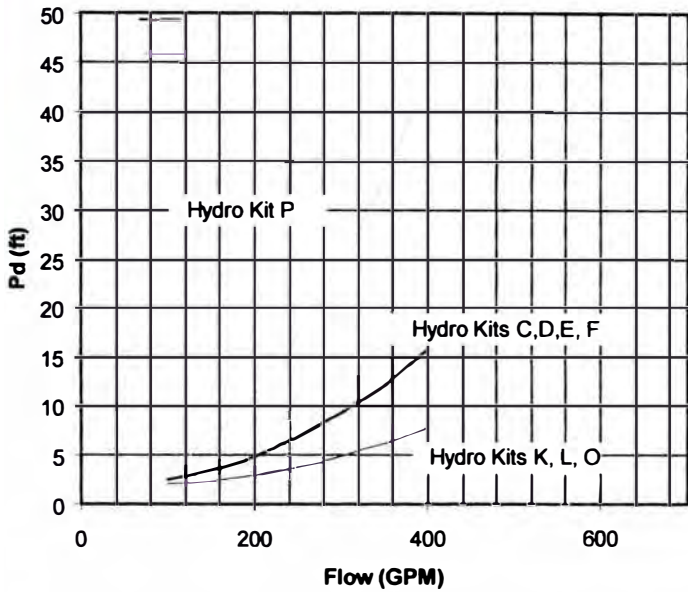
YLAA0101



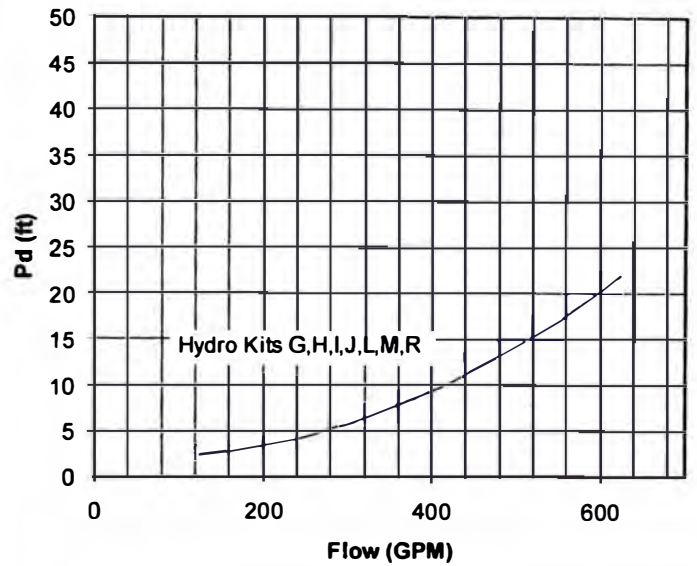
Pd (ft)

Flow (GPM)

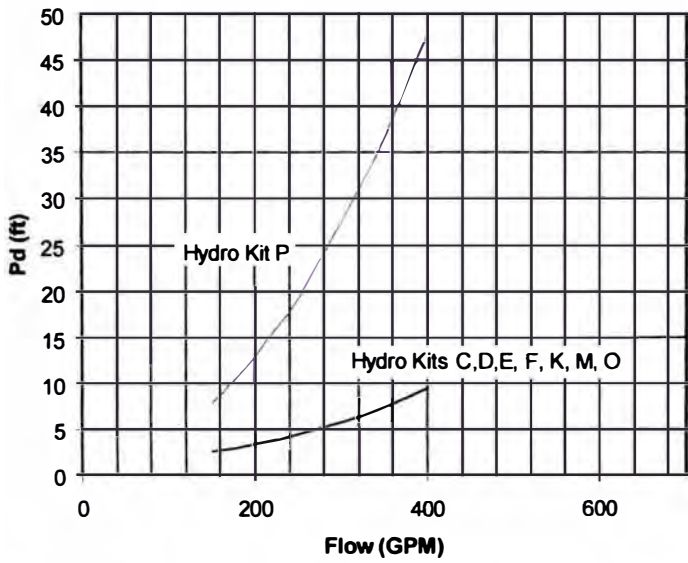
YLAA0115



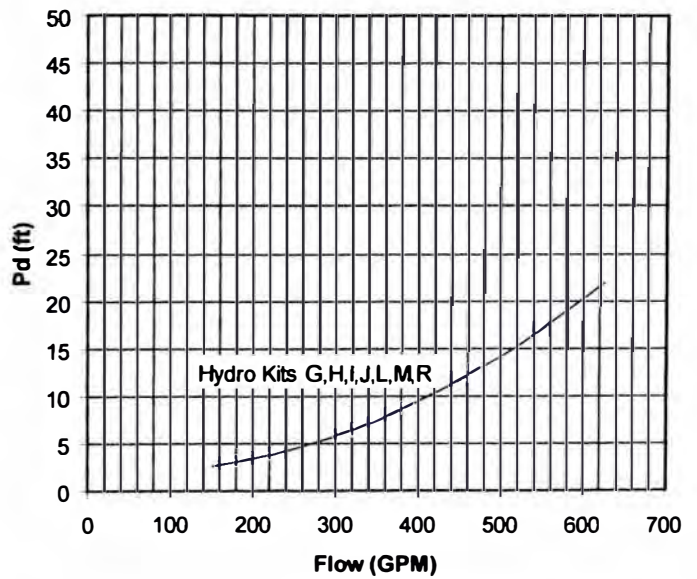
YLAA0150



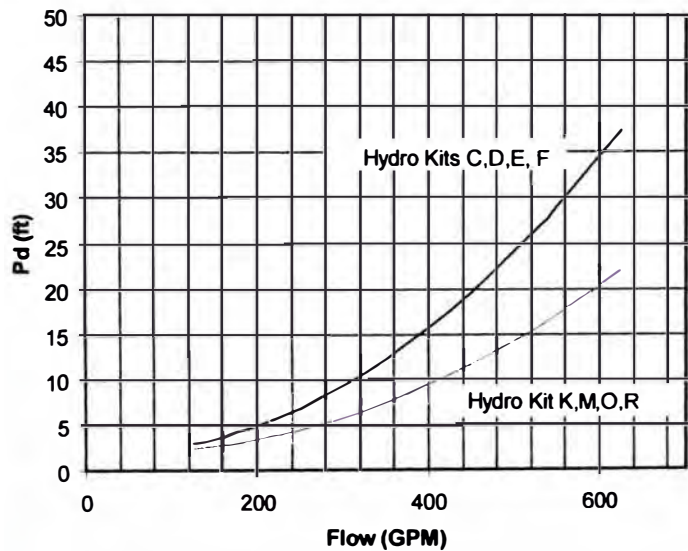
YLAA0120



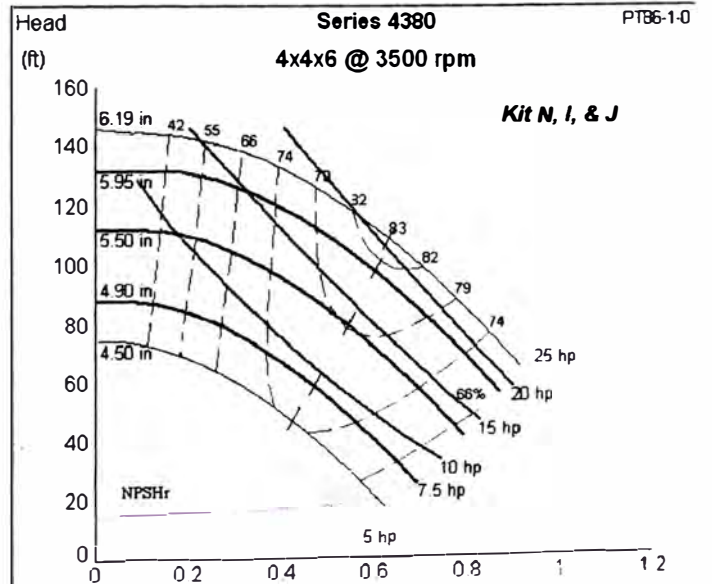
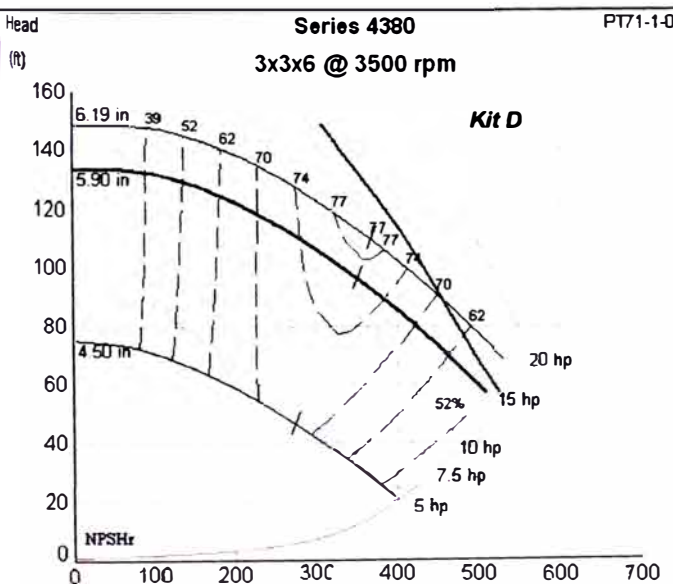
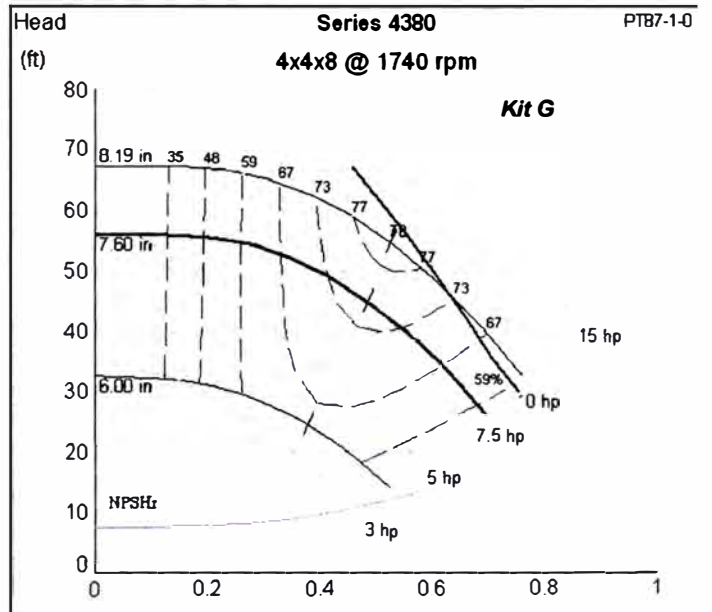
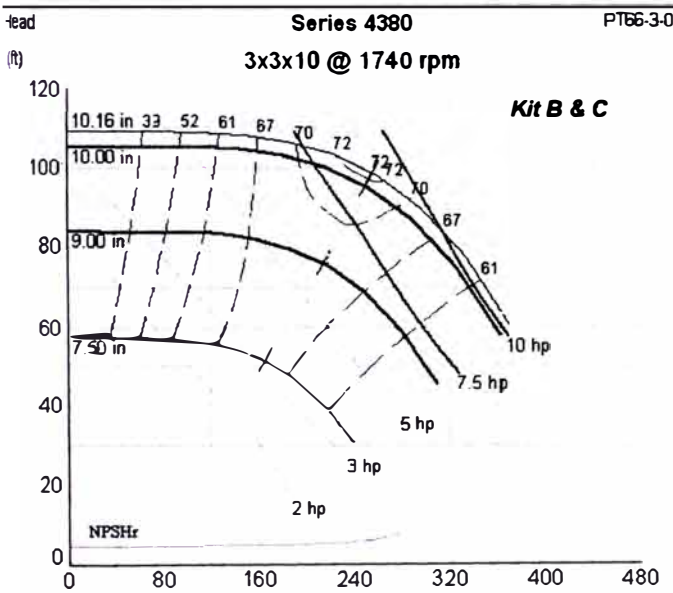
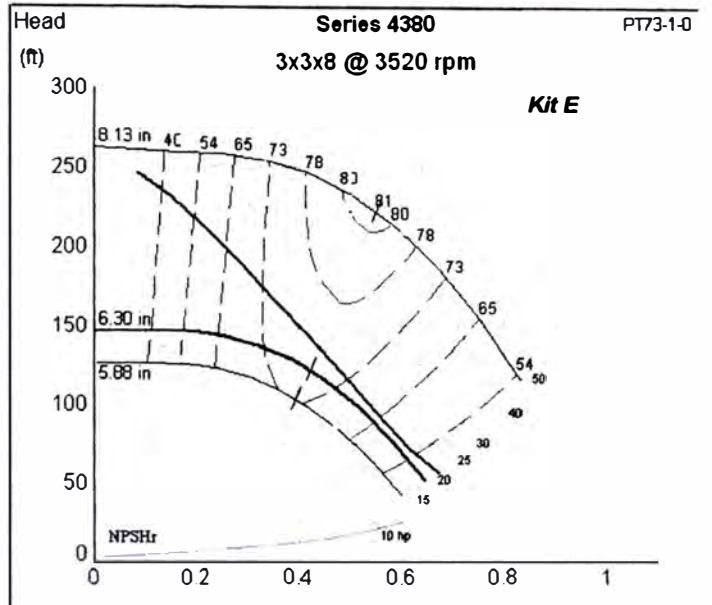
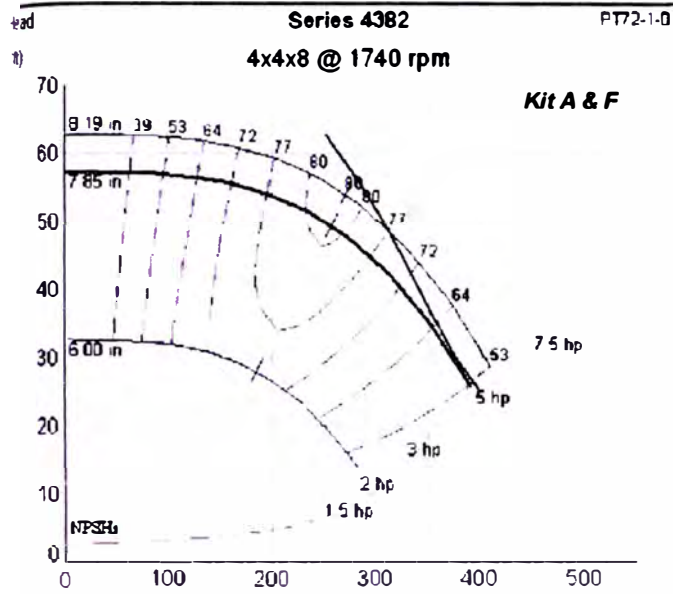
YLAA0155



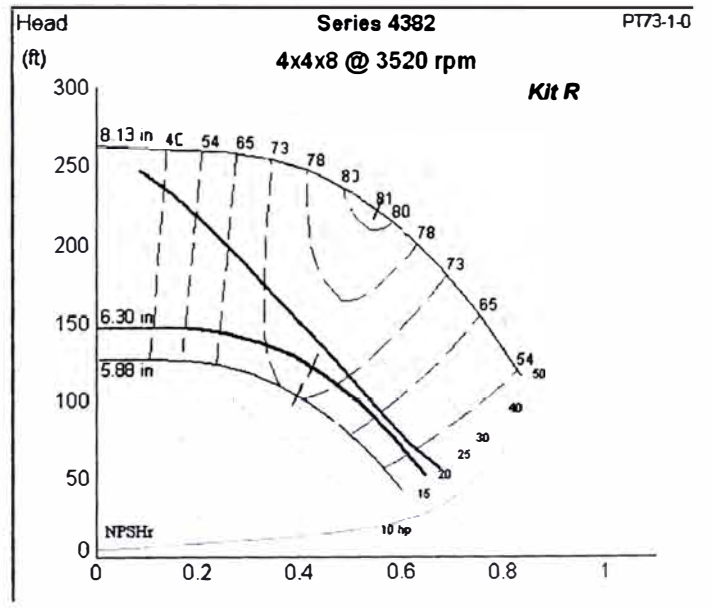
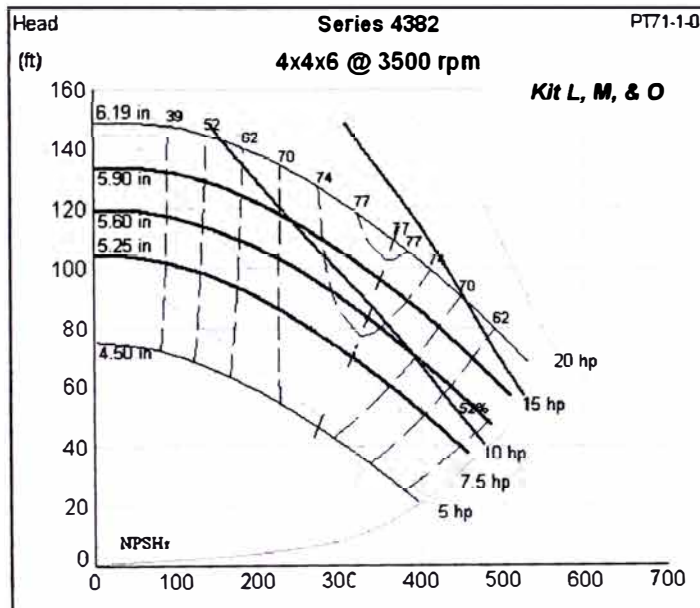
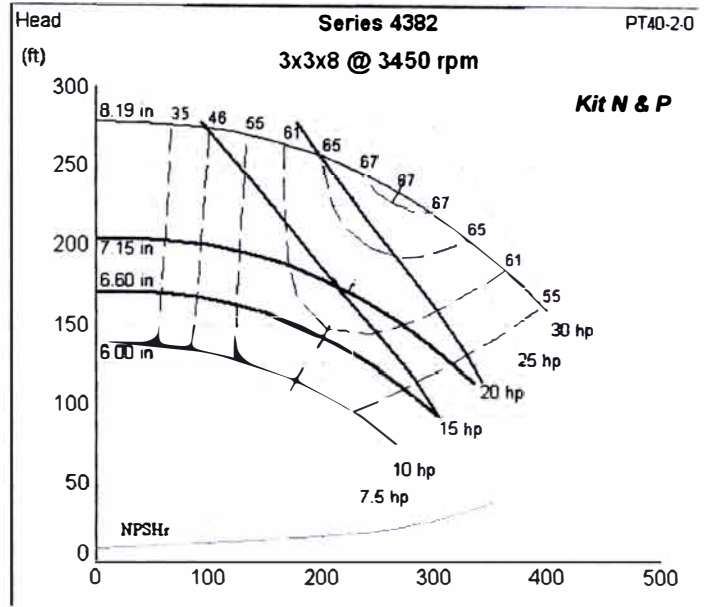
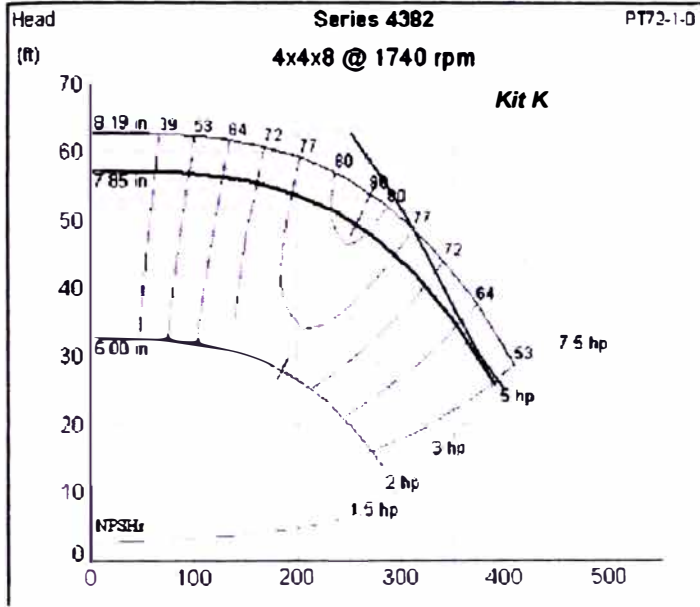
YLAA0135



Single Pump Curves



Dual Pump Curves



Ratings - 60 Hz**MODEL: YLAA0070SE****IPLV= 15.9****AIR TEMPERATURE ON - CONDENSER (°F)**

LCWT (°F)	75.0			80.0			85.0			90.0			95.0		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	75.4	61.9	13.2	73.5	65.2	12.3	71.6	68.8	11.4	69.5	72.7	10.5	67.4	76.8	9.7
42.0	77.8	62.5	13.5	75.9	65.9	12.5	73.9	69.5	11.6	71.8	73.3	10.8	69.6	77.4	9.9
44.0	80.3	63.2	13.8	78.3	66.5	12.8	76.2	70.1	11.9	74.0	74.0	11.0	71.8	78.1	10.2
45.0	81.5	63.5	13.9	79.5	66.8	13.0	77.4	70.5	12.0	75.2	74.4	11.1	72.9	78.5	10.3
46.0	82.8	63.8	14.1	80.7	67.2	13.1	78.5	70.8	12.2	76.3	74.7	11.2	74.0	78.8	10.4
48.0	85.4	64.5	14.4	83.2	67.9	13.4	81.0	71.5	12.4	78.7	75.4	11.5	76.3	79.5	10.6
50.0	88.0	65.2	14.7	85.7	68.6	13.6	83.4	72.2	12.7	81.0	76.1	11.7	78.6	80.2	10.8

MODEL: YLAA0080SE**IPLV= 15.3****AIR TEMPERATURE ON - CONDENSER (°F)**

LCWT (°F)	75.0			80.0			85.0			90.0			95.0		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	81.9	69.1	13.0	79.7	72.9	12.0	77.5	77.0	11.1	75.2	81.4	10.2	72.9	86.1	9.4
42.0	84.5	69.8	13.3	82.3	73.6	12.3	80.0	77.7	11.4	77.7	82.2	10.5	75.3	86.9	9.6
44.0	87.2	70.6	13.5	84.9	74.4	12.6	82.6	78.5	11.6	80.1	83.0	10.7	77.7	87.7	9.9
45.0	88.6	71.0	13.7	86.2	74.8	12.7	83.9	78.9	11.8	81.4	83.4	10.8	78.9	88.1	10.0
46.0	90.0	71.4	13.8	87.6	75.2	12.8	85.2	79.3	11.9	82.7	83.8	11.0	80.1	88.5	10.1
48.0	92.7	72.2	14.1	90.3	76.0	13.1	87.8	80.2	12.1	85.2	84.6	11.2	82.6	89.3	10.3
50.0	95.5	73.0	14.4	93.0	76.9	13.4	90.4	81.0	12.4	87.8	85.4	11.4	85.1	90.1	10.5

MODEL: YLAA0090SE**IPLV= 15.5****AIR TEMPERATURE ON - CONDENSER (°F)**

LCWT (°F)	75.0			80.0			85.0			90.0			95.0		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	91.0	76.9	13.1	88.5	81.0	12.1	85.9	85.5	11.2	83.2	90.3	10.3	80.4	95.4	9.4
42.0	94.0	77.8	13.3	91.4	82.0	12.4	88.7	86.5	11.4	85.9	91.3	10.5	83.1	96.4	9.7
44.0	96.9	78.7	13.6	94.3	82.9	12.6	91.5	87.4	11.7	88.7	92.2	10.8	85.8	97.3	9.9
45.0	98.4	79.2	13.7	95.7	83.4	12.7	92.9	88.0	11.8	90.1	92.7	10.9	87.2	97.8	10.0
46.0	100.0	79.7	13.9	97.2	83.9	12.9	94.4	88.5	11.9	91.5	93.2	11.0	88.6	98.3	10.1
48.0	103.0	80.7	14.1	100.2	84.9	13.1	97.2	89.5	12.1	94.3	94.3	11.2	91.4	99.4	10.3
50.0	106.1	81.8	14.4	103.2	86.0	13.4	100.2	90.6	12.4	97.2	95.4	11.4	94.2	100.4	10.5

NOTES:

1. kW = Compressor Input Power.
2. EER = Chiller EER (includes power from compressors, fans, and the control panels 0.8 kW).
3. LCWT = Leaving Chilled Water Temperature.
4. Ratings are based upon 2.4 GPM evaporator water per ton and 0.0001 fouling factor.
5. Rated in accordance with ARI Standard 550/590.
6. The shaded points are certified in accordance with ARI Standard 550/590-98.

MODEL: YLAA0070SE										IPLV= 15.9		
AIR TEMPERATURE ON - CONDENSER (°F)												
LCWT (°F)	100.0			105.0			110.0			115.0		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	64.9	80.8	8.9	62.3	85.0	8.2	59.6	89.5	7.4	56.8	94.1	6.8
42.0	67.0	81.5	9.1	64.3	85.7	8.4	61.5	90.1	7.6	58.7	94.8	6.9
44.0	69.1	82.1	9.3	66.4	86.4	8.6	63.5	90.8	7.8	60.6	95.5	7.1
45.0	70.2	82.5	9.4	67.4	86.7	8.7	64.5	91.2	7.9	61.5	95.9	7.2
46.0	71.3	82.8	9.5	68.4	87.1	8.8	65.5	91.6	8.0	62.5	96.2	7.3
48.0	73.4	83.5	9.8	70.5	87.8	9.0	67.5	92.3	8.2	64.4	97.0	7.5
50.0	75.7	84.3	10.0	72.7	88.5	9.2	69.6	93.0	8.4	66.4	97.7	7.6

MODEL: YLAA0080SE										IPLV= 15.3		
AIR TEMPERATURE ON - CONDENSER (°F)												
LCWT (°F)	100.0			105.0			110.0			115.0		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	64.9	80.8	8.9	62.3	85.0	8.2	59.6	89.5	7.4	56.8	94.1	6.8
42.0	67.0	81.5	9.1	64.3	85.7	8.4	61.5	90.1	7.6	58.7	94.8	6.9
44.0	69.1	82.1	9.3	66.4	86.4	8.6	63.5	90.8	7.8	60.6	95.5	7.1
45.0	70.2	82.5	9.4	67.4	86.7	8.7	64.5	91.2	7.9	61.5	95.9	7.2
46.0	71.3	82.8	9.5	68.4	87.1	8.8	65.5	91.6	8.0	62.5	96.2	7.3
48.0	73.4	83.5	9.8	70.5	87.8	9.0	67.5	92.3	8.2	64.4	97.0	7.5
50.0	75.7	84.3	10.0	72.7	88.5	9.2	69.6	93.0	8.4	66.4	97.7	7.6

MODEL: YLAA0090SE										IPLV= 15.5		
AIR TEMPERATURE ON - CONDENSER (°F)												
LCWT (°F)	100.0			105.0			110.0			115.0		
	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER	TONS	KW	EER
40.0	77.1	100.4	8.6	73.8	105.7	7.9	70.4	111.2	7.2	48.8	72.0	7.4
42.0	79.7	101.4	8.8	76.3	106.7	8.1	72.8	112.2	7.3	50.6	72.5	7.7
44.0	82.4	102.4	9.1	78.8	107.7	8.3	75.3	113.2	7.5	52.4	73.0	7.9
45.0	83.7	102.9	9.2	80.1	108.2	8.4	76.5	113.7	7.6	53.3	73.3	8.0
46.0	85.1	103.4	9.3	81.4	108.7	8.5	77.7	114.3	7.7	54.2	73.5	8.1
48.0	87.8	104.4	9.5	84.1	109.8	8.7	80.3	115.3	7.9	56.0	74.1	8.3
50.0	90.5	105.5	9.7	86.7	110.9	8.8	71.9	93.6	8.6	57.9	74.7	8.5

NOTES:

1. kW = Compressor Input Power.
2. EER = Chiller EER (includes power from compressors, fans, and the control panels 0.8 kW).
3. LCWT = Leaving Chilled Water Temperature.
4. Ratings are based upon 2.4 GPM evaporator water per ton and 0.0001 fouling factor.
5. Rated in accordance with ARI Standard 550/590.
6. The shaded points are certified in accordance with ARI Standard 550/590-98.

Part Load Ratings - Standard Efficiency

YLAA0070SE

% DISPL	AMBIENT °F	TONS	COMP KW	EER
100.0	95.0	71.8	78.1	10.2
83.3	88.4	63.8	59.9	11.5
66.7	81.1	55.2	42.2	13.5
50.0	71.1	43.1	28.2	15.6
33.3	60.3	30.2	16.5	18.3
16.7	55.0	15.1	7.7	19.3

IPLV: 15.9 EER

YLAA0080SE

% DISPL	AMBIENT °F	TONS	COMP KW	EER
100.0	95.0	77.7	87.7	9.9
83.6	88.5	69.2	68.4	11.0
66.7	80.5	59.2	46.4	13.4
50.3	71.1	46.7	31.9	15.2
33.3	59.5	31.7	18.3	17.5
16.9	55.0	16.7	9.7	17.7

IPLV: 15.3 EER

YLAA0090SE

% DISPL	AMBIENT °F	TONS	COMP KW	EER
100.0	95.0	85.8	97.3	9.9
83.6	88.1	76.0	72.5	11.5
49.3	69.3	49.1	31.7	16.0
32.8	59.8	35.5	19.8	18.4
16.4	55.0	16.7	9.3	18.3

IPLV: 15.6 EER

YLAA0100SE

% DISPL	AMBIENT °F	TONS	COMP KW	EER
100.0	98.0	95.8	110.7	9.6
86.1	89.1	86.4	86.9	10.9
57.0	75.6	64.8	45.6	14.4
43.0	65.1	48.0	34.6	14.5
13.9	55.0	16.0	9.1	17.8

IPLV: 14.3 EER

YLAA0115SE

% DISPL	AMBIENT °F	TONS	COMP KW	EER
100.0	95.0	113.9	131.1	9.7
75.0	84.3	93.6	83.9	12.0
50.0	72.0	70.2	45.2	15.3
25.0	55.0	33.3	22.8	16.3

IPLV: 14.6 EER

YLAA0120SE

% DISPL	AMBIENT °F	TONS	COMP KW	EER
100.0	95.0	119.7	133.2	10.0
75.0	83.9	97.6	84.7	12.4
50.0	70.8	71.5	44.8	15.6
25.0	55.0	33.4	22.9	16.3

IPLV: 14.8 EER

YLAA0135SE

% DISPL	AMBIENT °F	TONS	COMP KW	EER
100.0	95.0	127.3	141.1	9.9
75.0	81.3	98.2	75.7	32.2
50.0	67.8	69.5	44.4	16.3
25.0	55.0	35.0	19.5	18.4

IPLV: 15.5 EER

YLAA0150SE

% DISPL	AMBIENT °F	TONS	COMP KW	EER
100.0	95.0	140.4	161.3	9.6
80.0	87.7	123.2	112.7	11.7
60.0	77.1	98.6	73.0	13.7
40.0	64.5	69.0	43.3	16.6
20.0	55.0	34.7	19.7	18.1

IPLV: 15.2 EER

YLAA0155SE

% DISPL	AMBIENT °F	TONS	COMP KW	EER
100.0	95.0	143.3	162.5	9.8
80.0	87.5	125.3	113.2	11.9
60.0	76.6	99.3	72.9	13.8
40.0	63.7	68.6	42.9	16.6
20.0	55.0	36.1	20.0	18.5

IPLV: 15.2 EER

YLAA0170SE

% DISPL	AMBIENT °F	TONS	COMP KW	EER
100.0	95.0	167.8	187.7	9.8
83.3	88.4	149.3	141.2	11.3
66.7	81.2	129.1	100.0	13.3
50.0	71.3	101.4	66.9	15.2
33.3	60.8	72.1	38.8	16.6
16.7	55.0	35.6	18.6	18.0

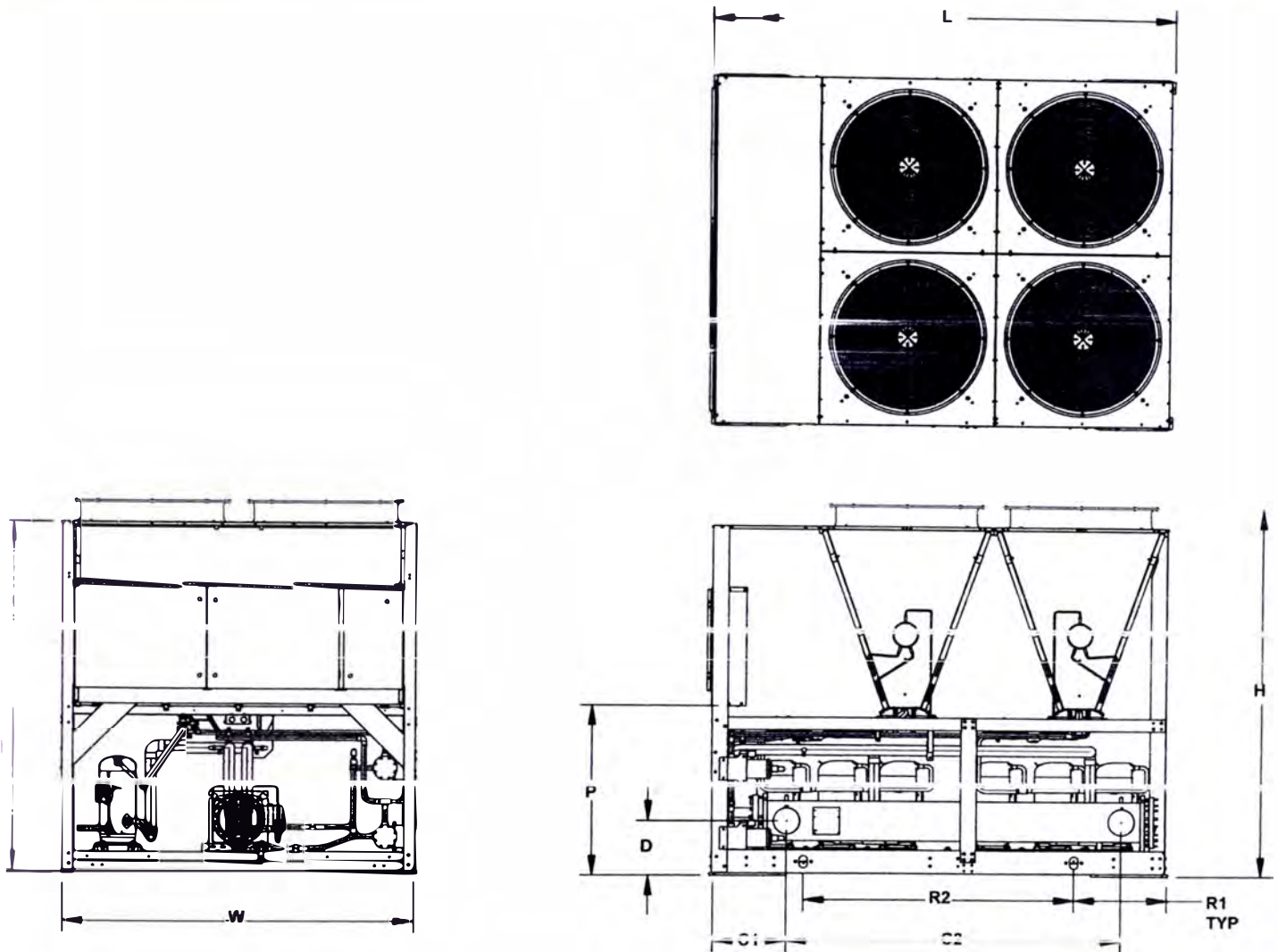
IPLV: 15.1 EER

Physical Data - English

REFRIGERANT R-410A	MODEL NUMBER YLAA									
	STANDARD EFFICIENCY UNITS									
	0070SE	0080SE	0090SE	0100SE	0115SE	0120SE	0135SE	0150SE	0155SE	0170SE
GENERAL UNIT DATA										
NOMINAL TONS, R-410A	71.8	77.7	85.8	95.8	113.9	119.7	127.3	140.4	143.1	167.9
LENGTH	116.1	116.1	116.1	142.7	142.7	142.7	187.7	187.7	187.7	232.7
WIDTH	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
HEIGHT	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2	94	94.2	94.2	94.2	94.2
NUMBER OF REFRIGERANT CIRCUITS	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
REFRIGERANT CHARGE, OPERATING										
R-410A, CKT1 / CKT2, LBS	51 / 50	54 / 52	57 / 57	55 / 58	62 / 58	65 / 62	81 / 71	81 / 73	83 / 76	90 / 87
OIL CHARGE, CKT1 / CKT2, GALLONS	2.58 / 2.58	3.28 / 2.58	3.28 / 2.76	3.28 / 3.33	3.33/3.33	3.33/3.33	4.99 / 2.76	4.99 / 3.33	4.99 / 3.33	4.99 / 4.99
SHIPPING WEIGHT	4112	4541	4949	5407	5644	5921	6803	6958	7152	7972
OPERATING WEIGHT	4450	4948	5435	5835	6072	6473	7260	7415	7705	8429
COMPRESSORS, SCROLL TYPE										
COMPRESSORS PER CIRCUIT	3/3	3/3	3/2	3/2	2/2	3/2	3/2	3/2	3/2	3/3
COMPRESSORS PER UNIT	6	6	5	5	4	4	5	5	5	6
NOMINAL TONS PER COMPRESSOR										
CIRCUIT 1	13	15	15	15	32	32	32	32	32	32
CIRCUIT 2	13	13	15/32	32	32	32	15/32	32	32	32
CONDENSER										
TOTAL FACE AREA FT ²	106.9	106.9	106.9	133.6	160.3	160.3	213.8	213.8	213.8	267.2
NUMBER OF ROWS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FINS PER INCH	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
CONDENSER FANS, LOW SOUND										
NUMBER OF FANS, CKT1./CKT2.	2/2	2/2	2/2	3/2	3/3	3/3	4/4	4/4	4/4	5/5
FAN HP	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
FAN RPM	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160
TOTAL CHILLER CFM	62400	62400	62400	78000	93600	93600	124800	124800	124800	156000
EVAPORATOR										
WATER VOLUME, GALLONS	40	49	58	51	51	66	55	55	66	55
MAXIMUM WATER SIDE PRESSURE, PSIG	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
MAXIMUM REFRIGERANT SIDE PRESSURE, PSIG	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450
MINIMUM CHILLER WATER FLOW RATE, GPM	60	100	140	100	100	150	120	120	150	120
MAXIMUM CHILLER WATER FLOW RATE, GPM	285	355	625	385	385	625	625	625	625	625
WATER CONNECTIONS SIZE, INCHES	6	6	8	6	6	8	8	8	8	8

Dimensions - Four Fan Units

FORM 150.72-EG1 (212)



YLA MODEL	L	W	H	F	P	D	C1	C2	R1	R3	R2	R4
0070SE	116	88.3	94.2	88.5	42.8	13.4	19	84.5	NA	NA	68.3	23
0080SE	116	88.3	94.2	88.5	42.8	15	18.6	85	NA	NA	68.3	23
0090SE	116	88.3	94.2	88.5	42.8	16.3	19.6	83	NA	NA	68.3	23

NOTE:

Placement on a level surface free of obstructions (including snow, for winter operation) or air circulation ensures rated performance, reliable operation, and ease of maintenance. Site restrictions may compromise minimum clearances indicated below, resulting in unpredictable airflow patterns and possible diminished performance. Johnson Controls's unit controls will optimize operation without nuisance high-pressure safety cutouts; however, the system designer must consider potential performance degradation. Access to the unit control center assumes the unit is no higher than on spring isolators. Recommended minimum clearances: Side to wall - 6'; rear to wall - 6'; control panel to end wall - 4'0"; top - no obstructions allowed; distance between adjacent units - 10'. No more than one adjacent wall may be higher than the unit.

Application Data

UNIT LOCATION

The YLAA chillers are designed for outdoor installation. When selecting a site for installation, be guided by the following conditions:

1. For outdoor locations of the unit, select a place having an adequate supply of fresh air for the condenser.
2. Avoid locations beneath windows or between structures where normal operating sounds may be objectionable.
3. Installation sites may be either on a roof, or at ground level. (See FOUNDATION.)
4. The condenser fans are the propeller-type, and are not recommended for use with duct work in the condenser air stream.
5. When it is desirable to surround the unit(s), it is recommended that the screening be able to pass the required chiller CFM without exceeding 0.1" of water external static pressure.
6. Protection against corrosive environments is available by supplying the units with either copper fin, cured phenolic, or epoxy coating on the condenser coils. The phenolic or epoxy coils should be offered with any units being installed at the seashore or where salt spray may hit the unit.

In installations where winter operation is intended and snow accumulations are expected, additional height must be provided to ensure normal condenser air flow.

Recommended clearances for units are given in DIMENSIONS. When the available space is less, the unit(s) must be equipped with the discharge pressure transducer option to permit high pressure unloading in the event that air recirculation were to occur.

FOUNDATION

The unit should be mounted on a flat and level foundation, ground or roof, capable of supporting the entire operating weight of the equipment. Operating weights are given in the PHYSICAL DATA tables.

ROOF LOCATIONS – Choose a spot with adequate structural strength to safely support the entire weight of the unit and service personnel. Care must be taken not to damage the roof during installation. If the roof is "bonded", consult

the building contractor or architect for special installation requirements. Roof installations should incorporate the use of spring-type isolators to minimize the transmission of vibration into the building structure.

GROUND LEVEL INSTALLATIONS – It is important that the units be installed on a substantial base that will not settle, causing strain on the liquid lines and resulting in possible leaks. A one-piece concrete slab with footers extending below the frost line is highly recommended. Additionally, the slab should not be tied to the main building foundation as noises will telegraph.

Mounting holes (5/8" diameter) are provided in the steel channel for bolting the unit to its foundation. See DIMENSIONS.

For ground level installations, precautions should be taken to protect the unit from tampering by or injury to unauthorized persons. Screws on access panels will prevent casual tampering; however, further safety precautions, such as unit enclosure options, a fenced-in enclosure, or locking devices on the panels may be advisable. Check local authorities for safety regulations.

CHILLED LIQUID PIPING

The chilled liquid piping system should be laid out so that the circulating pump discharges into the evaporator. The inlet and outlet evaporator liquid connections are given in DIMENSIONS.

Hand stop valves are recommended for use in all lines to facilitate servicing. Drain connections should be provided at all low points to permit complete drainage of the evaporator and system piping. Additionally, a strainer (40 mesh) is recommended for use on the INLET line to the evaporator.

Pressure gauge connections are recommended for installation in the inlet and outlet water lines. Gauges are not furnished with the unit and are to be furnished by other suppliers.

The chilled liquid lines that are exposed to outdoor ambients should be wrapped with a supplemental heater cable and covered with insulation. As an alternative, ethylene glycol should be added to protect against freeze-up during low ambient periods.

A flow switch is available as an accessory on all units. The flow switch (or its equivalent) must be installed in the leaving water piping of the evaporator and must not be used to start and stop the unit.

Guide Specifications

PART 1 – GENERAL

1.01 SCOPE

The requirements of the General Conditions, Supplementary Conditions, Division 1, and Drawings apply to all Work herein.

Provide Microprocessor controlled, multiple-scroll compressor, air-cooled, liquid chillers of the scheduled capacities as shown and indicated on the Drawings, including but not limited to:

1. Chiller package with ZERO Ozone Depletion Potential Refrigerant R-410A
2. Electrical power and control connections
3. Chilled water connections
4. Factory Start-Up
5. Charge of refrigerant and oil.

1.02 QUALITY ASSURANCE

A. Products shall be Designed, Tested, Rated and Certified in accordance with, and installed in compliance with applicable sections of the following Standards and Codes:

1. ANSI/ASHRAE Standard 15 – *Safety Code for Mechanical Refrigeration*
2. ASHRAE 90.1– *Energy Efficiency compliance.*
3. ANSI/NFPA Standard 70 – *National Electrical Code (N.E.C.).*
4. *ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1.*
5. ARI Standard 550/590 – *Positive Displacement Compressors and Air Cooled Rotary Screw Water-Chilling Packages.*
6. Conform to Intertek Testing Services, formerly ETL, for construction of chillers and provide ETL/cETL Listing label.
7. Manufactured in facility registered to ISO 9002.
8. OSHA – Occupational Safety and Health Act

B. Factory Test: Chiller shall be pressure-tested, evacuated and fully charged with refrigerant and oil, and shall be factory operational run tested with water flowing through the vessel.

C. Chiller manufacturer shall have a factory trained and supported service organization that is within a 50 mile radius of the site.

D. Warranty: Manufacturer shall warrant all equipment and material of its manufacture against defects in workmanship and material for a period of one year from date of initial start-up or eighteen (18) months from date of shipment, whichever occurs first.

1.03 DELIVERY AND HANDLING

- A. Unit shall be delivered to job site fully assembled and charged with refrigerant and oil by the Manufacturer.
- B. Unit shall be stored and handled per Manufacturer's instructions.
- C. Protect the chiller and its accessories from the weather and dirt exposure during shipment.
- D. During shipment, provide protective covering over vulnerable components. Fit nozzles and open ends with plastic enclosures.

PART 2 - PRODUCTS

2.01 CHILLER MATERIALS AND COMPONENTS

A. General: Install and commission, as shown on the schedules and plans, factory assembled, charged, and tested air cooled scroll compressor chiller(s) as specified herein. Chiller shall be designed, selected, and constructed using a refrigerant with Flammability rating of "1", as defined by ANSI/ASHRAE STANDARD - 34 *Number Designation and Safety Classification of Refrigerants*. Chiller shall include not less than two refrigerant circuits above 35 tons (123kW), scroll compressors, direct-expansion-type evaporator, air-cooled condenser, refrigerant, lubrication system, interconnecting wiring, safety and operating controls including capacity controller, control center, motor starting components, and special features as specified herein or required for safe, automatic operation.

B. Cabinet: External structural members shall be constructed of heavy gauge, galvanized steel coated with baked on powder paint which, when subject to ASTM B117, 1000 hour, 5% salt spray test, yields minimum ASTM 1654 rating of "6".

C. Service Isolation valves: Service discharge (ball type) isolation valves are added to unit per system. This includes a system high-pressure relief valve in compliance with ASHRAE15.

D. Pressure Transducers and Readout Capability

1. Discharge Pressure Transducers: Permits unit to sense and display discharge pressure.
2. Suction Pressure Transducers: Permits unit to sense and display suction pressure.
3. High Ambient Control: Allows units to operate when the ambient temperature is above 115°F (46°C). Includes discharge pressure transducers.

2.02 COMPRESSORS

Compressors: Shall be hermetic, scroll-type, including:

1. Compliant design for axial and radial sealing
2. Refrigerant flow through the compressor with 100% suction cooled motor.
3. Large suction side free volume and oil sump to provide liquid handling capability.
4. Compressor crankcase heaters to provide extra liquid migration protection.
5. Annular discharge check valve and reverse vent assembly to provide low-pressure drop, silent shutdown and reverse rotation protection.
6. Initial oil charge.
7. Oil level sightglass.
8. Vibration isolator mounts for compressors.
9. Brazed-type connections for fully hermetic refrigerant circuits.
10. Compressor Motor overloads capable of monitoring compressor motor current. Provides extra protection against compressor reverse rotation, phase-loss and phase-imbalance

2.03 REFRIGERANT CIRCUIT COMPONENTS

Each refrigerant circuit shall include: a discharge service ball type isolation valve, high side pressure relief, liquid line shutoff valve with charging port, low side pressure relief device, filter-drier, solenoid valve, sight glass with moisture indicator, thermostatic expansion valves, and flexible, closed-cell foam insulated suction line and suction pressure transducer.

2.04 HEAT EXCHANGERS

A. Evaporator: **YLAA**

1. Direct expansion type with refrigerant inside high efficiency copper tubes, chilled liquid forced over the tubes by brass baffles.
2. Constructed, tested, and stamped in accordance with applicable sections of ASME pressure vessel code for minimum 450 psig (3103 kPa) refrigerant side design working pressure and 150 PSIG (1034 kPa) water side design working pressure.
3. Shell covered with 3.4" (19mm), flexible, closed cell insulation, thermal conductivity of 0.26k (BTU/HR-Ft² -°F)/in.) maximum. Water nozzles with grooves for mechanical couplings, and insulated by Contractor after pipe installation.
4. Provide vent and drain fittings, and thermostatically controlled heaters to protect to -20°F (-29°C) ambient in off-cycle.

B. Air Cooled Condenser:

1. Coils: Condenser coils are made of a single material to avoid galvanic corrosion due to dissimilar metals. Coils and headers are brazed as one piece. Integral sub cooling is included. The design working pressure of the coil is 650 PSIG (45 bar). Condenser coil shall be pressure washable up to 1500 psi washer.
2. Low Sound Fans: Shall be dynamically and statically balanced, direct drive, corrosion resistant glass fiber reinforced composite blades molded into a low noise, full-airfoil cross section, providing vertical air discharge and low sound. Each fan in its own compartment to prevent crossflow during fan cycling. Guards of heavy gauge, PVC (polyvinylchloride) coated or galvanized steel.
3. Fan Motors: High efficiency, direct drive, 6 pole, 3 phase, insulation class "F", current protected, Totally Enclosed Air-Over (TEAO), rigid mounted, with double sealed, permanently lubricated, ball bearings.

2.05 CONTROLS

A. General: Automatic start, stop, operating, and protection sequences across the range of scheduled conditions and transients.

B. Microprocessor Enclosure: Rain and dust tight NEMA 3R/12 powder painted steel cabinet with hinged, latched, and gasket sealed door.

C. Microprocessor Control Center:

1. Automatic control of compressor start/stop, anti-coincidence and anti-recycle timers, automatic pumpdown shutdown, condenser fans, evaporator pump, evaporator heater, unit alarm contacts, and chiller operation from 0°F to 125°F (-18°C to 52°C) ambient. Automatic reset to normal chiller operation after power failure.
2. Remote water temperature reset via 0-10 VDC or 4-20 mA input signal or up to two steps of demand (load) limiting.
3. Software stored in non-volatile memory, with programmed setpoints retained in lithium battery backed real-time-clock (RTC) memory for minimum 5 years.
4. Forty character liquid crystal display, descriptions in English (or Spanish, French, Italian, or German), numeric data in English (or Metric) units. Sealed keypad with sections for Setpoints, Display/Print, Entry, Unit Options & clock, and On/Off Switch.
5. Programmable Setpoints (within Manufacturer limits): display language, chilled liquid temperature setpoint and range, remote reset temperature

Guide Specifications

range, set daily schedule/holiday for start/stop, manual override for servicing, low and high ambient cutouts, number of compressors, low liquid temperature cutout, low suction pressure cutout, high discharge pressure cutout, anti-recycle timer (compressor start cycle time), and anti-coincident timer (delay compressor starts).

6. **Display Data:** Return and leaving liquid temperatures, low leaving liquid temperature cutout setting, low ambient temperature cutout setting, outdoor air temperature, English or metric data, suction pressure cutout setting, each system suction pressure, discharge pressure (optional), liquid temperature reset via a Johnson Controls ISN DDC or Building Automation System (by others) via a 4-20milliamp or 0-10 VDC input, anti-recycle timer status for each compressor, anti-coincident system start timer condition, compressor run status, no cooling load condition, day, date and time, daily start/stop times, holiday status, automatic or manual system lead/lag control, lead system definition, compressor starts/operating hours (each), status of hot gas valves, evaporator heater and fan operation, run permissive status, number of compressors running, liquid solenoid valve status, load & unload timer status, water pump status.
 7. **System Safeties:** Shall cause individual compressor systems to perform auto shut down; manual reset required after the third trip in 90 minutes. Includes: high discharge pressure, low suction pressure, high pressure switch, and motor protector. Compressor motor protector shall protect against damage due to high input current or thermal overload of windings.
 8. **Unit Safeties:** Shall be automatic reset and cause compressors to shut down if low ambient, low leaving chilled liquid temperature, under voltage, and flow switch operation. Contractor shall provide flow switch and wiring per chiller manufacturer requirements.
 9. **Alarm Contacts:** Low ambient, low leaving chilled liquid temperature, low voltage, low battery, and (per compressor circuit): high discharge pressure, and low suction pressure.
- D. Manufacturer shall provide any controls not listed above, necessary for automatic chiller operation. Mechanical Contractor shall provide field control wiring necessary to interface sensors to the chiller control system.

2.06 POWER CONNECTION AND DISTRIBUTION

A. Power Panels:

1. NEMA 3R/12 rain/dust tight, powder painted steel

cabinets with hinged, latched, and gasket sealed outer doors. Provide main power connection(s), control power connections, compressor and fan motor start contactors, current overloads, and factory wiring.

2. Power supply shall enter unit at a single location, be 3 phase of scheduled voltage, and connect to individual terminal blocks per compressor. Separate disconnecting means and/or external branch circuit protection (by Contractor) required per applicable local or national codes.

- B. Compressor, control and fan motor power wiring shall be located in an enclosed panel or routed through liquid tight conduit.

2.07 ACCESSORIES AND OPTIONS

Some accessories and options supercede standard product features. Your Johnson Controls representative will be pleased to provide assistance.

- A. Microprocessor controlled, Factory installed Across-the-Line type compressor motor starters as standard.

B. Outdoor Ambient Temperature Control

1. **Low Ambient Control:** Permits unit operation to 0°F ambient. Standard unit controls to 30°F ambient.
2. **High Ambient Control:** Permits unit operation above 115°F ambient.

C. Power Supply Connections:

1. **Single Point Power Supply:** Single point Terminal Block for field connection and interconnecting wiring to the compressors. Separate external protection must be supplied, by others, in the incoming power wiring, which must comply with the National Electric Code and/or local codes.
2. **Single Point or Multiple Point Disconnect:** Single or Dual point Non-Fused Disconnect(s) and lockable external handle (in compliance with Article 440-14 of N.E.C.) can be supplied to isolate the unit power voltage for servicing. Separate external fusing must be supplied, by others, in the incoming power wiring, which must comply with the National Electric Code and/or local codes.
3. **Single Point Circuit Breaker:** Single point Terminal Block with Circuit Breaker and lockable external handle (in compliance with Article 440-14 of N.E.C.) can be supplied to isolate power voltage for servicing. Incoming power wiring must comply with the National Electric Code and/or local codes.

- E. **Control Power Transformer:** Converts unit power volt-

- age to 120-1-60 (500 VA capacity). Factory-mounting includes primary and secondary wiring between the transformer and the control panel.
- F. Power Factor Correction Capacitors: Provided to correct unit compressor factors to a 0.90-0.95.
- G. Condenser Coil Environmental Protection:
1. Post-Coated Dipped: Dipped-cured coating on condenser coils for seashore and other corrosive applications (with the exception of strong alkalis, oxidizers, and wet bromine, chlorine and fluorine in concentrations greater than 100 ppm).
- H. Protective Chiller Panels (Factory or Field Mounted)
1. Louvered Panels (condenser coils only): Painted steel as per remainder of unit cabinet, over external condenser coil faces.
 2. Wire Panels (full unit): Heavy gauge, welded wire-mesh, coated to resist corrosion, to protect condenser coils from incidental damage and restrict unauthorized access to internal components.
 3. Louvered Panels (full unit): Painted steel as per remainder of unit cabinet, to protect condenser coils from incidental damage, visually screen internal components, and prevent unauthorized access to internal components.
 4. Louvered/Wire Panels: Louvered steel panels on external condenser coils painted as per remainder of unit cabinet. Heavy gauge, welded wire-mesh, coated to resist corrosion, around base of machine to restrict unauthorized access.
 5. End Louver (hail huard): Louvered steel panels on external condenser coil faces located at the ends of the chiller.
- I. Flow Switch (Field installed): Vapor proof SPDT, NEMA 4X switch (___ 150 PSIG or ___ 300 PSIG), -20°F to 250°F.
- J. Differential Pressure Switch: Alternative to an above mentioned flow switch. Pretempco model DPS300A-P40PF-82582-5 (300 psi max. working pressure) SPDT 5 amp 125/250VAC switch, Range 3 - 40 PSID, deadband 0.5 - 0.8 psi, with 1/4" NPTE Pressure Connections.
- K. Evaporator options:
1. Provide 1-1/2" evaporator insulation in lieu of standard 3/4".
 2. Provide Raised Face Flanges for field installation on evaporator nozzles and field piping:
 - a. 150 PSIG, welded Flanges.
- L. Hot Gas By-Pass: Permits continuous, stable operation at capacities below the minimum step of unloading to as low as 5% capacity (depending on both the unit & operating conditions) by introducing an artificial load on the evaporator. Hot gas by-pass is installed on only one refrigerant circuit.
- M. Thermal Storage: Leaving chilled liquid setpoint range for charge cycle from 25°F to 20°F minimum, with automatic reset of the leaving brine temperature up to 40°F above the setpoint.
- N. Low Temperature Process Brine: Leaving chilled liquid setpoint range 20°F to 50°F.
- O. Chicago Code Relief Valves to meet Chicago Code requirements.
- P. Sound Reduction (Factory installed):
1. Ultra Quiet - Low speed, reduced noise fans
 2. Compressor Acoustic Sound Blankets
- Q. Vibration Isolation (Field installed):
1. Neoprene Pad Isolators.
 2. 1" Deflection Spring Isolators: Level adjustable, spring and cage type isolators for mounting under the unit base rails.
 3. 2" Deflection Seismic Isolators: Level adjustable, restrained mounts in rugged welded steel housing with vertical and horizontal limit stops. Housings shall be designed to withstand a minimum 1.0g accelerated force in all directions to 2 inches.

Guide Specifications

PART 3 – EXECUTION

3.01 INSTALLATION

- A. General: Rig and Install in full accordance with Manufacturers requirements, Project drawings, and Contract documents.
- B. Location: Locate chiller as indicated on drawings, including cleaning and service maintenance clearance per Manufacturer instructions. Adjust and level chiller on support structure.
- C. Components: Installing Contractor shall provide and install all auxiliary devices and accessories for fully operational chiller.
- D. Electrical: Co-ordinate electrical requirements and connections for all power feeds with Electrical Contractor (Division 16).
- E. Controls: Co-ordinate all control requirements and connections with Controls Contractor.
- F. Finish: Installing Contractor shall paint damaged and abraded factory finish with touch-up paint matching factory finish.

FH Fan-Coil Units Low-Profile, Horizontal



FH Fan-Coil Units: Innovative design simplifies installation and service

Owners

AHRI Standard 440-certification ensures exacting performance. The FH fan-coil unit's 3-speed, direct-drive motor allows optimized cabinet airflow and sound performance. Enhanced sound levels are achieved through an electronic fan-speed controller (SCR) which allows further motor-speed tuning.

FH concealed model fan-coil units are constructed of galvanized steel, surpassing the ASTM 125-hour, salt-spray test for corrosion and rust. Exposed-cabinet model FHX features durable, powder-coated, galvanealed steel that resists fading, scratches and fingerprints.

Concerned about Indoor Air Quality? Sloped drain pans are standard on all FH units, and are easily removed to provide access to the coils for cleaning. Optional stainless-steel drain pans and coil casings are available. IAQ lining options include foil-faced or elastomeric, closed-cell-foam insulation.

Designers

The FH unit's impressive list of standard features provides unparalleled design flexibility. Configuration options include rear-ducted or bottom-ducted return. Ceiling access is achieved through architectural-louvered or solid return-air panels, or a telescoping-duct panel for adjustable unit recessing.

Available with chilled-water or DX cooling coils, and hot-water, steam or electric heating coils, FH fan coils produce the ultimate in comfort and flexibility.

Contractors

FH horizontal fan-coil units provide maximum performance while reducing installed cost to the contractor. Ultra-low-profile design (maximum 10" for concealed models; 12" for exposed cabinets) allows installation virtually anywhere. Bottom access to all components through available hinged-cover access doors makes service easy.

For fast-track jobs, the FH Quick Ship unit is available in 5, 10 or 15 days with an impressive list of unit options and controls.

Factory-Mounted Control Packages

A wide variety of control options and thermostats are offered. Factory-mounting and wiring of DDC controls by others is also available.

FH Fan-Coil Unit Airflow (CFM)

Model and Unit Size	Nominal
FHP/FHF 20	250
FHX 20	250
FHP/FHF 25	400
FHX 25	350
FHP/FHF 30	500
FHX 30	450
FHP/FHF 40	750
FHX 40	650
FHP/FHF 50	1000
FHX 50	850
FHP/FHF 60	1400
FHX 60	1200

Actual performance may vary based on model, options and operating conditions. Ask your Johnson Controls representative for complete performance information.



Silent Relays

Silent, solid-state relays are available for fan and electric-heat control in sound-sensitive environments.

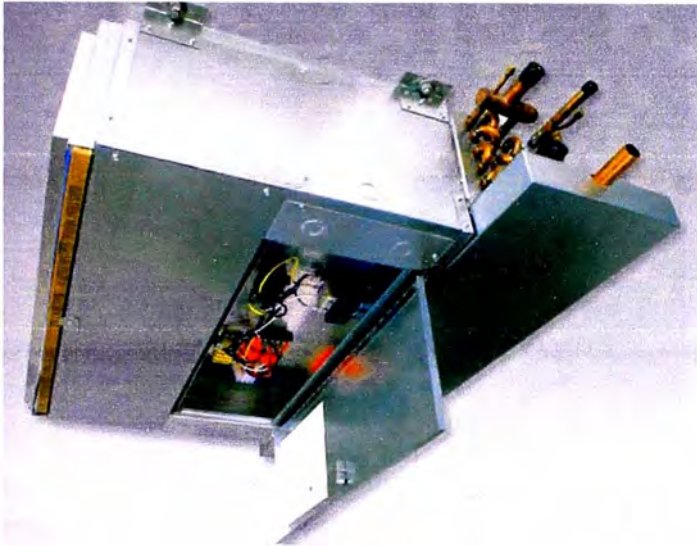
Factory-Furnished Valve Packages

Valve packages provided by the factory ensure proper fit, operation and performance.

Electric Heat

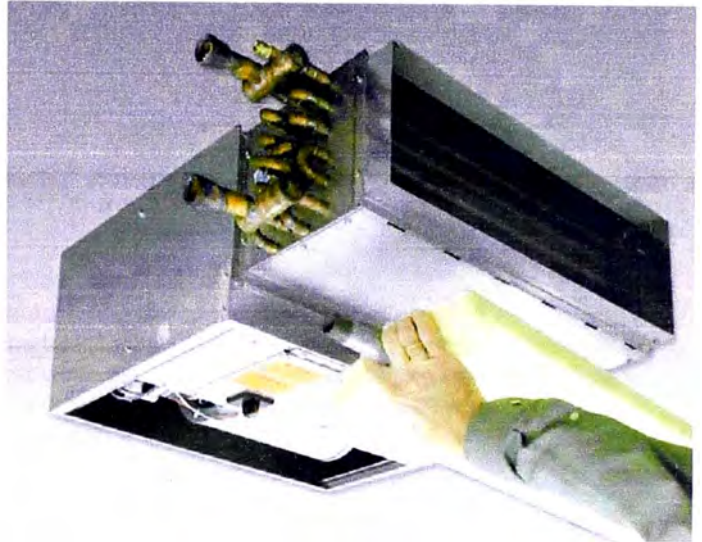
A variety of kW and voltage configurations are available. Options include door-interlock disconnects, low-voltage controls, and silent, solid-state relays. All control and electric-heat configurations include single-point-power connection and are cETL listed as an assembly.





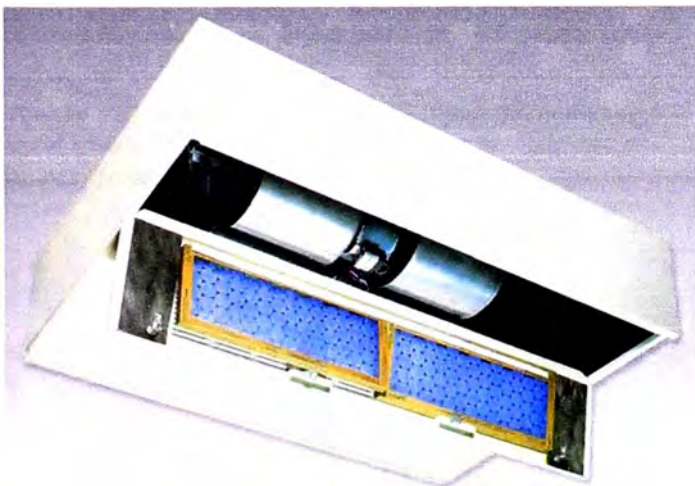
Electrical Enclosure

The bottom-hinged electrical enclosure provides access to a spacious electrical compartment. This compartment houses all electric-heat and control components. Terminal strips are furnished for simple power-wiring and control-wiring connections. Multiple knockouts allow wiring entries from either side of the compartment.



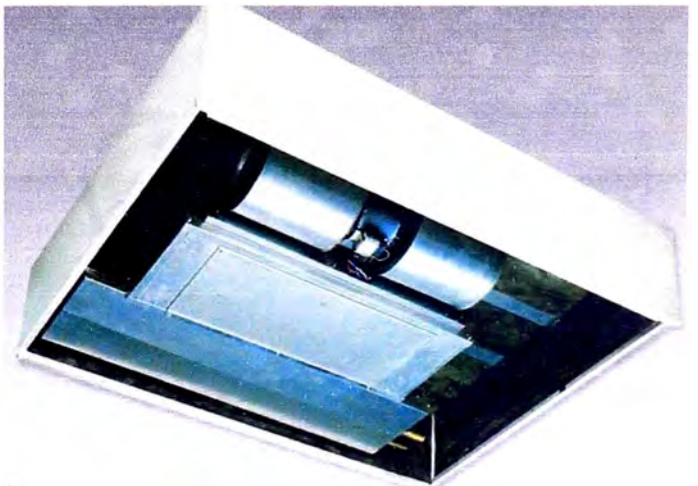
Drain Pan

Standard drain pans are externally insulated, single-wall, galvanized steel with an option for stainless steel. Drain pans are available with secondary drain connection. On concealed models, the FH Series drain pan is easily removable for cleaning or reversing connections.



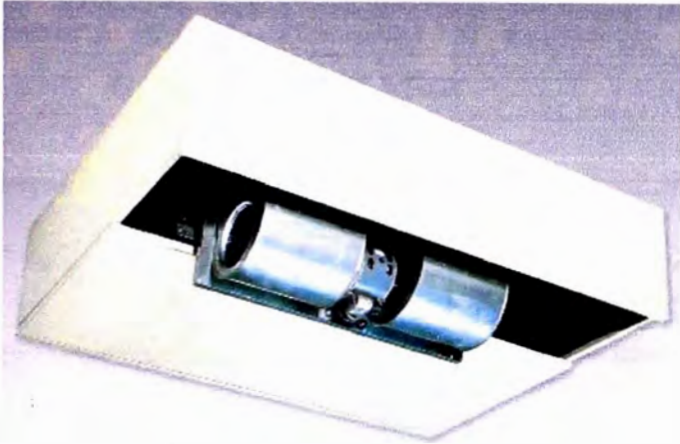
Filters

One-inch throwaway filters are tight-fitting to prevent air bypass. Filters are easily removable from the bottom through the access panel.



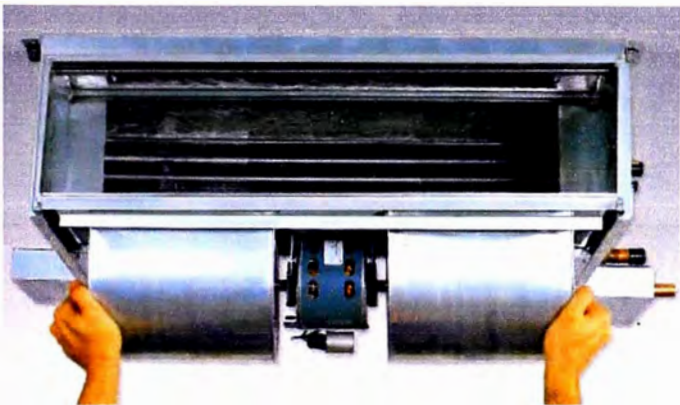
Access Panels

Full access to the unit for installation and service is available with both of the bottom panels removed. All electrical and piping services are accessed from the bottom.



Telescoping Bottom Panel

The telescoping bottom panel allows for fully recessing the unit while permitting service access into the ceiling plenum. The architectural ceiling panel is finished with a durable powder-coat paint.



Fan Deck

The fan assembly is easily removed without disconnecting the ductwork for service access to motors and blowers at, or away from, the unit.

Coils

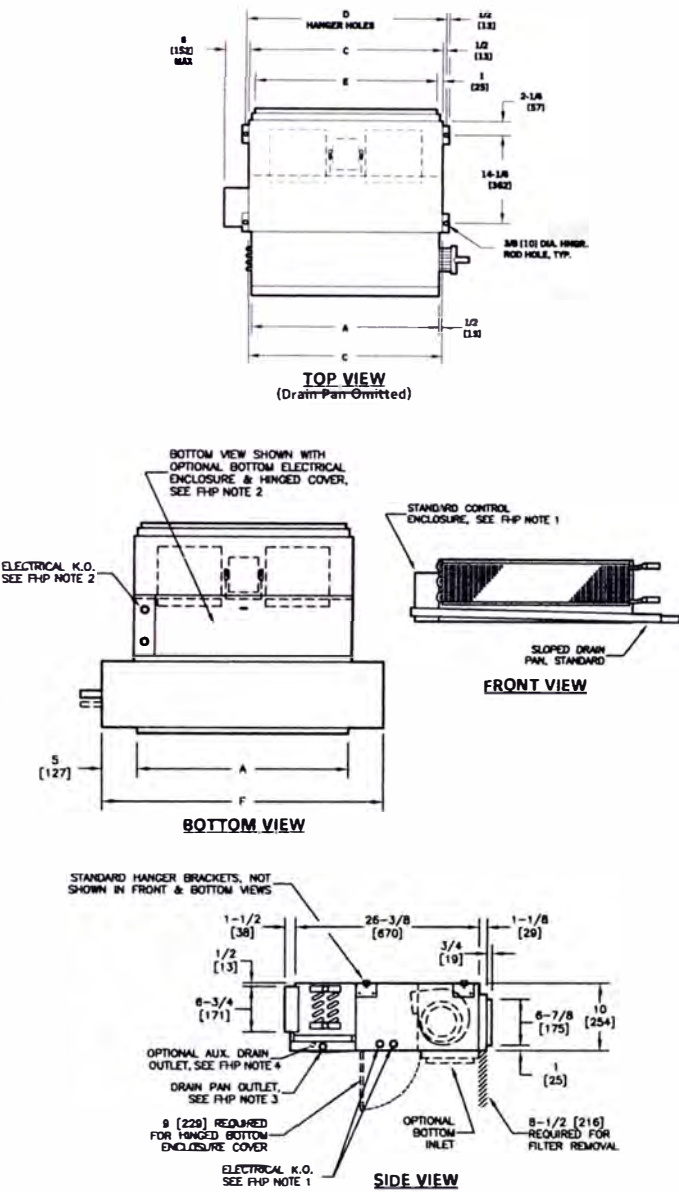
All units are available in 2-pipe or 4-pipe configurations. The heating coil may be placed in the reheat or preheat position. On concealed models, heating and cooling coils are available with right, left or opposite-side connections.

Powder-Coated Painted Surface

Exposed-cabinet model FHX, as well as ceiling-access panels and supply and return-air grilles, feature a powder-coat finish that resists scuffing, scratching, fading, and fingerprints.



Model FHP Plenum Return Dimensional Data



Unit Size	Dimension				
	A	C	D	E	F
20	20" [508]	21" [533]	22" [559]	19" [483]	30" [762]
25	26" [660]	27" [686]	28" [711]	25" [635]	36" [914]
30	30" [762]	31" [787]	32" [813]	29" [737]	40" [1016]
40	40" [1016]	41" [1041]	42" [1067]	39" [991]	50" [1270]
50	50" [1270]	51" [1295]	52" [1321]	49" [1245]	60" [1524]
60	60" [1524]	61" [1549]	62" [1575]	59" [1499]	70" [1778]

GENERAL NOTES:

- All dimensions in inches [mm] and are ± 1/4" [6mm]. Metric values are soft conversion.
- Left-hand unit shown; right-hand unit opposite.

FHP NOTES:

- Standard control enclosure is mounted on unit side opposite cooling-coil connections. Unit casing includes (2) knockouts on each side. Provide sufficient clearance to access electrical controls and comply with applicable codes and ordinances.
- Optional bottom control enclosure with hinged cover replaces standard side-mounted enclosure and includes (2) additional knockouts on bottom of unit, on left side.

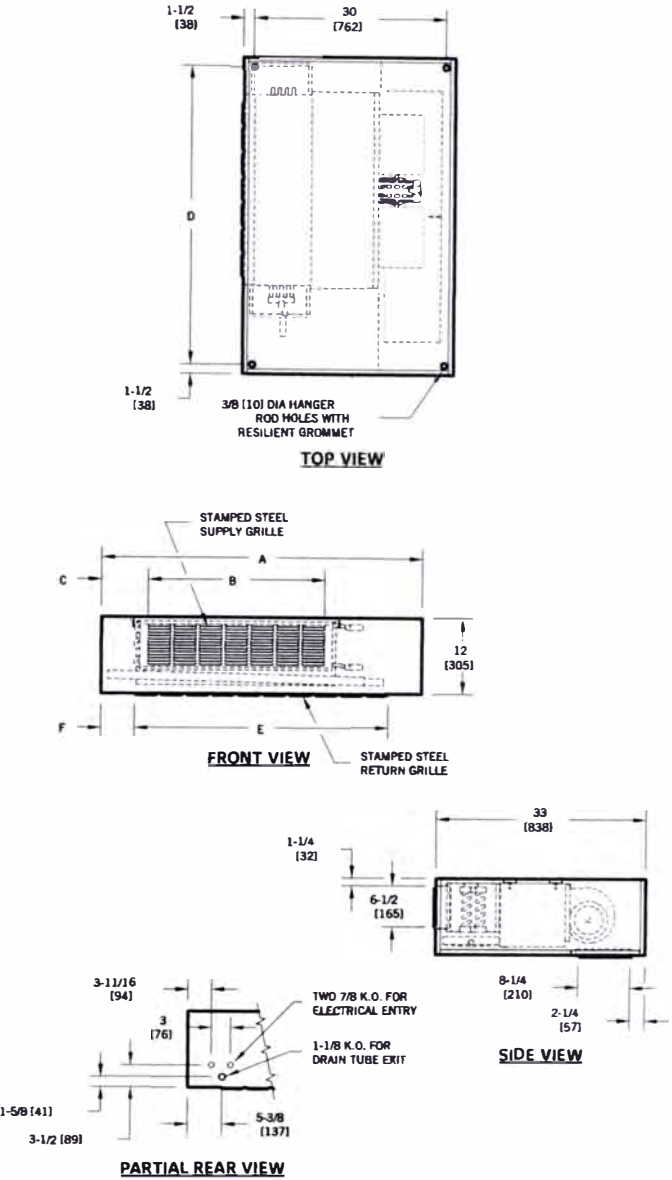
- Standard, externally foam-coated, galvanized-steel drain pan has 7/8" ODM copper outlet. Stainless-steel drain pan has 3/4" MPT galvanized-steel outlet.
- Auxiliary drain outlet is 5/8" ODM copper or 3/8" MPT galvanized steel respectively.

- See coil connection drawings for coil connection sizes and locations.

FHX NOTES:

- Electrical enclosure size and location may vary with optional features. Provide sufficient clearance to access electrical controls and comply with applicable codes and ordinances.
- Drain piping should be routed through casing opening indicated to provide proper drain slope.

Model FHX Exposed Cabinet Dimensional Data



Unit Size	Dimension				
	A	C	D	E	F
20	40" [1016]	19-1/2" [495]	6-1/4" [159]	27-1/2" [699]	6-1/4" [159]
25	46" [1168]	23-1/2" [597]	6-1/4" [159]	35-1/2" [902]	5-1/4" [133]
30	50" [1270]	27-1/2" [699]	7-1/4" [184]	39-1/2" [1003]	5-1/4" [133]
40	60" [1524]	39-1/2" [1003]	6-1/4" [159]	47-1/2" [1207]	6-1/4" [159]
50	70" [1778]	47-1/2" [1207]	7-1/4" [184]	59-1/2" [1511]	5-1/4" [133]
60	80" [2032]	59-1/2" [1511]	6-1/4" [159]	67-1/2" [1715]	6-1/4" [159]

NOTE: All data and dimensions are subject to change without notice. Ask your Johnson Controls representative for current submittal drawings and other unit arrangements.

FH Fan-Coil Unit Features

STANDARD FEATURES:

Construction

All Units

- AHRI Standard 440-certified and labeled
- Galvanized-steel construction
- 1/2" thick fiberglass insulation
- 1 1/2" duct discharge collar
- Four-point hanger mounting holes

Plenum Units

- Integral filter rack with 1" throwaway filter
- Integral rear-ducted return—field-reversible to bottom return

Exposed Units

- Stamped louver supply-air and return-air grille
- Durable powder-coat paint
- 18 gauge bottom-panel construction

Coils

- Cooling: 3 or 4-row chilled water or DX, heat-pump compatible
- Heating: 1 or 2-row hot water or steam—reheat or preheat position
- 6 total rows of cooling and heating coils maximum
- 1/2" O.D. seamless copper tubes
- 0.016" tube-wall thickness
- High-efficiency, aluminum-fin surface for optimizing heat transfer, pressure drop and carryover
- Left-hand or right-hand, same or opposite-side connections
- Access to entering and leaving air sides for cleaning
- Removable for service
- Manual air vents

Drain Pans

- Single-wall, galvanized-steel, externally insulated
- Positively sloped to drain connection
- Removable, field-reversible
- 7/8" O.D. primary-drain connection

Fan Assemblies

- Forward-curved, DWDI, centrifugal-type blowers
- 115-volt, single-phase, three-tap PSC motors
- Quick-disconnect motor connections
- Removable fan/motor deck for service

Electrical

- cETL listed for safety compliance
- Electrical junction box for field-wiring terminations
- Terminal block for field connections

Electric Heat

- ETL-listed as an assembly for safety compliance
- Integral electric-heat assembly with removable elements for easy service
- Automatic-reset primary and back-up secondary thermal limits
- Single-point-power connection
- Bottom-hinged electrical enclosure

OPTIONAL FEATURES:

Construction

All Units

- Foil-faced fiberglass insulation
- Elastomeric, closed-cell-foam insulation

Plenum Units

- Bottom return
- 1" pleated filters (MERV 6)
- Spare 1" throwaway filters
- Telescoping-bottom panels

Exposed Units

- 1" pleated filters (MERV 6)
- Double-deflection discharge grille
- Ducted supply and/or return

Coils

- Automatic air vents
- Stainless-steel coil casings
- 0.025" tube wall (standard on steam)

Drain Pans

- Stainless-steel construction with external insulation
- 5/8" O.D. secondary-drain connection
- Auxiliary drip pans, galvanized or stainless-steel

Fan Assemblies

- 208-230, 220 & 277-volt, single-phase, three-tap PSC motors

Electrical

- Bottom-hinged-cover electrical enclosure
- SCR fan-speed controller (high speed only)
- Fan-relay packages
- Silent, solid-state fan relays
- Toggle-disconnect switch
- Condensate-overflow switch (drain pan)
- Main fusing
- Unit and remote-mounted, three-speed fan switches

Electric Heat

- Manual-reset, secondary thermal limits
- Door-interlocking disconnect switches
- Main fusing
- Field-installable with ETL-listed kit
- Silent relay/contactors

Piping Packages

- Factory-assembled — shipped loose for field installation
- 1/2" and 3/4", 2-way and 3-way, normally closed, two-position, electric, motorized valves
- Isolation ball valves with memory stop
- Fixed-flow and adjustable-flow control devices
- Unions and P/T ports
- Floating-point, modulating control valves
- High-pressure, close-off actuators (1/2" = 50 PSIG; 3/4" = 25 PSIG)

Thermostats

- Remote-mounted analog, digital-display, or programmable
- 2-pipe and 4-pipe control sequences
- Automatic and manual changeover
- Integral, three-speed, fan switches

ENGINEERING GUIDE

FH Fan-Coil Units Low-Profile, Horizontal



TABLE OF CONTENTS

Features and Benefits 3

Construction Features 4

Standard and Optional Features 6

Coils, Physical Data 7

Physical Data 8

Electric Heat 10

Fan Performance Curves 11

Motor, Fan and Sound Data 14

Dimensional Data 15

Guide Specifications 19



NOTES:

- Johnson Controls offers Web-Select®, the industry's first web-based rating and selection program for complete unit, coil and sound selection. See your representative for more information.
- Some drawings are not shown in this catalog.
- All data herein is subject to change without notice.
- Drawings not for installation purposes; refer to IOM manual.
- ETL Report Number 539840.
- City of New York Material and Equipment Acceptance (MEA) File Numbers:
 - FHF and FHP: MEA 53-98-E
 - FHX: MEA 53-98-E Vol. II.

FEATURES AND BENEFITS

HIGH PERFORMANCE

Johnson Controls FH Series horizontal low profile fan coil units are designed to maximize flexibility of selection and installation.

The units are also designed to exceed the stringent quality standards of the institutional market, while remaining cost competitive in the light commercial segment of the market.

Johnson Controls horizontal fan coil units set the new standards for quality, flexibility, and competitive pricing.

DESIGN FLEXIBILITY

The extensive variety of standard options available on the FH Series units are where you find the versatility to fit any HVAC system designer's needs.

Options include: rear or bottom ducted return, foil faced or elastomeric closed cell foam insulation, solid or telescoping bottom panels for unit recessing, single wall stainless steel drain pans, electric heat with single point power connection. All electric heat units are listed with ETL as an assembly and carry the cETL label.

All units comply with the latest edition of ARI Standard 440 for testing and rating fan coil units, are certified, and display the ARI symbol.

High Efficiency motors, fan relays, disconnects and fusing mean easier coordination between mechanical and electrical trades.

Coil options allow for three or four row chilled water or DX cooling coils. One or two row hot water or standard steam coils may be placed in the preheat or reheat position.

Silent solid state relays are available for fan and electric heat control in sound sensitive environments.

CONVENIENT INSTALLATION

All FH Series fan coil units are shipped completely assembled, reducing field installation time and labor.

All units are thoroughly inspected and tested prior to shipment, eliminating potential problems at startup. Motor wiring is brought to a junction box on the outside of the unit casing, reducing electrical hook-up time.

Plenum units are field reversible for either rear or bottom return without special adapters, tools or additional parts.

All FH Series fan coil units have the option of a hinged cover electrical enclosure in the bottom of the unit. The expansive compartment allows for easy access to all electrical components, terminal blocks and wiring.

Factory furnished valve packages assure proper fit, operation and performance.

For fast track jobs, the FH Series fan coil is available on Quick Ship with 5, 10 or 15 day lead times.

QUALITY PRODUCT

Concealed Model FH Series fan coil units are built from galvanized steel. This metal surpasses the ASTM 125 hour salt spray test for corrosion and rust. Exposed Model FHX cabinetry is powder coated galvanized steel.

Standard insulation is 1/2 inch thick fiberglass, complying with UL 181 and NFPA 90A. Optional foil faced or elastomeric closed cell foam insulation may be specified.

All units, with or without electric heat, are cETL listed and labeled. All wiring is in compliance with NEC, assuring safety and quality for the owner.

FH Series fan coil units have a removable fan assembly. The entire fan assembly can be removed from the unit and serviced easily on a workbench.

CONSTRUCTION FEATURES

MODEL FHP

FH Series fan coils have many standard and optional features which are unique to the industry (see page 6 for a complete listing).

1/2" thick fiberglass insulation (standard), or foil faced or elastomeric closed cell foam insulation (optional)

Galvanized steel casing withstanding 125 hour salt spray test per ASTM B-117

1 1/2" duct collar allows quick field connection of duct work

ETL and ARI 440 listed and labeled

Integral filter rack with 1" filter and integral rear ducted (shown) or bottom return on all plenum units

Permanently lubricated, three tap, PSC fan motors designed for quiet and efficient operation

Single point power connection on all units with electric heat

Removable fan board for complete bottom or rear access and servicing

Optional secondary drain connection for added security (not shown)

Optional electric resistance heat is ETL listed as an assembly for safety compliance

Entire electric heat assembly can be removed from the bottom for servicing

Optional hinged cover electrical enclosure allows easy bottom access to all electrical components

Single wall galvanized or stainless steel (optional) drain pans are positively sloped to drain connections

Drain pans can be easily removed for cleaning, and reversed for opposite side drain connections

Chilled water or DX cooling coils up to 4 rows

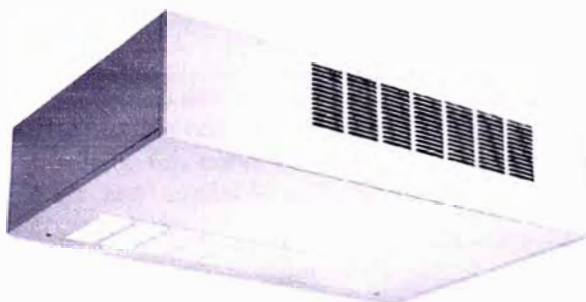
Hot water heating coils or steam coils up to 2 rows can be mounted in the pre-heat or reheat position

Bottom access to both entering and leaving sides of all coils for cleaning

Maximum 6 total rows of coil combined

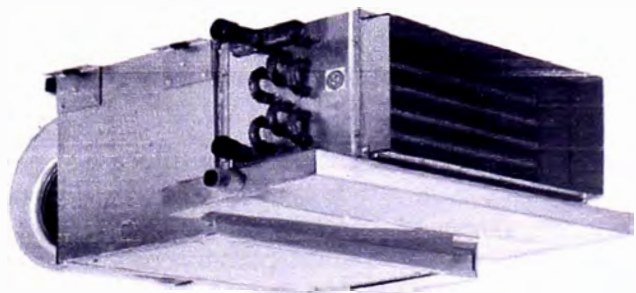
MODEL FHX

Horizontal Exposed Cabinet



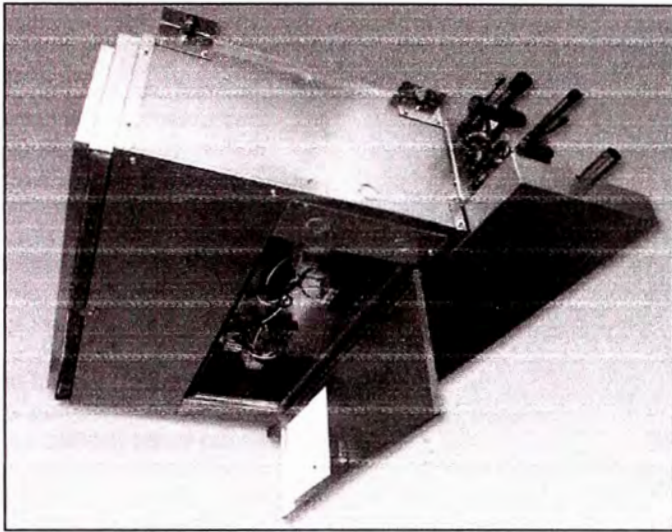
MODEL FHF

Horizontal Free Return



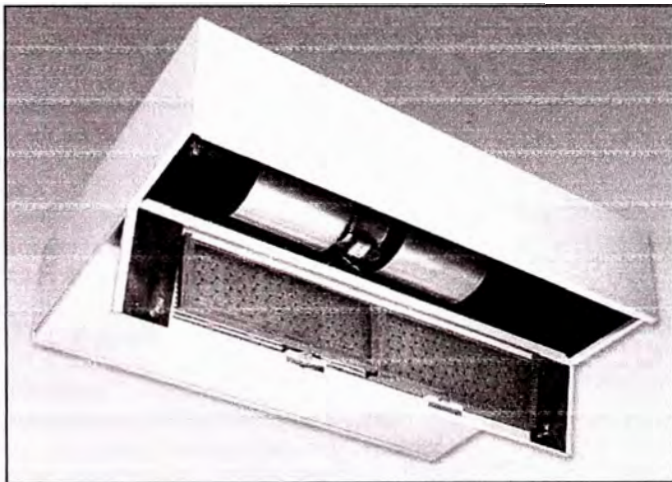
CONSTRUCTION FEATURES

MODELS FHF/FHP/FHX



ELECTRICAL ENCLOSURE

The bottom hinged electrical enclosure provides access to a spacious electrical compartment. This compartment houses all electric heat and control components. Terminal strips are furnished for simple power and control wiring connections. Multiple knockouts allow wiring entries from either side of the compartment.

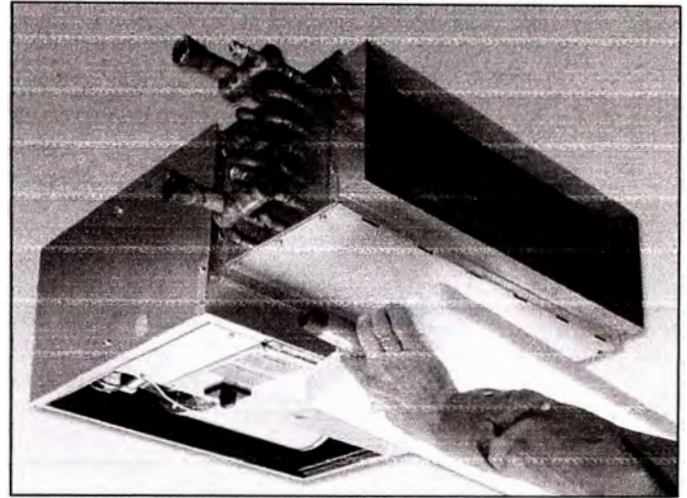


FILTERS

One inch throwaway filters are tight fitting to prevent air bypass. Filters are easily removable from the bottom through the access panel or plenum.

COILS

All fan coils are available in 2 or 4 pipe configurations. The heating coil may be placed in the reheat or preheat position. On concealed models, heating and cooling coils are available with right, left or opposite side connections.



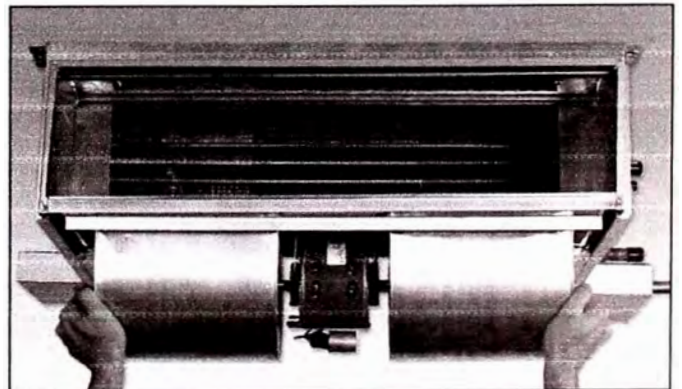
DRAIN PAN

Standard drain pans are externally insulated, single wall galvanized steel with an option for stainless steel. Drain pans are available with secondary drain connection. On concealed models, the FH Series drain pan is easily removable for cleaning or reversing connections.



TELESCOPING BOTTOM PANEL

The telescoping bottom panel allows for fully recessing the unit while permitting service access into the ceiling plenum. The architectural ceiling panel is finished with a durable powder coat paint.



FAN DECK

The fan assembly is easily removed without disconnecting the ductwork for service access to motors and blowers at, or away from the unit.

STANDARD AND OPTIONAL FEATURES

STANDARD FEATURES

Construction

All Units

- ARI 440 certified and labeled
- Galvanized steel construction
- 1/2" thick fiberglass insulation
- 1 1/2" duct discharge collar
- Four point hanger mounting brackets

Plenum units

- Integral filter rack with 1" throwaway filter
- Integral rear ducted return - field reversible to bottom return

Exposed units

- Stamped louver supply and return air grilles
- Durable powder coat paint
- 18 gauge bottom panel construction

Coils

- Cooling - 3 or 4 row chilled water or DX, heat pump compatible
- Heating - 1 or 2 row hot water or steam – reheat or pre-heat position
- 6 total rows of cooling and heating coils maximum
- 1/2" O.D. seamless copper tubes
- 0.016" tube wall thickness
- High efficiency aluminum fin surface for optimizing heat transfer, pressure drop and carryover
- Left or right hand, same or opposite side connections
- Access to entering and leaving air sides for cleaning
- Removable for service
- Manual air vents

Drain Pans

- Single wall, galvanized steel, externally insulated – fire retardant and antimicrobial
- Positively sloped to drain connection
- Removable, field reversible
- 7/8" O.D. primary drain connection

Fan Assemblies

- Forwardly curved, DWDI centrifugal type 115 volt, single phase, three tap PSC motors
- Quick disconnect motor connections
- Removable fan/motor deck for service

Electrical

- cETL listed for safety compliance
- Electrical junction box for field wiring terminations
- Terminal block for field connections

Electric Heat

- ETL listed as an assembly for safety compliance
- Integral electric heat assembly with removable elements for easy service
- Automatic reset primary and back-up secondary thermal limits
- Single point power connection
- Bottom hinged electrical enclosure

OPTIONAL FEATURES

Construction

All units

- Foil faced fiberglass insulation
- Elastomeric closed cell foam insulation

Plenum units

- Bottom return
- 1" pleated filters (MERV 6)
- Spare 1" throwaway filters
- Telescoping Bottom Panels

Exposed units

- 1" pleated filters (MERV 6)
- Double deflection discharge grille
- Ducted supply and/or return

Coils

- Automatic air vents
- Stainless steel coil casings
- 0.025" tube wall (standard on steam)

Drain Pans

- Stainless steel construction with external insulation
- 5/8" O.D. secondary drain connection
- Auxiliary drip pans, galvanized or stainless steel

Fan Assemblies

- 208-230, 220 & 277 volt, single phase, three tap PSC motors

Electrical

- Bottom hinged cover electrical enclosure
- SCR fan speed controller
- Fan relay packages
- Silent solid state fan relays
- Toggle disconnect switch
- Condensate overflow switch (drain pan)
- Main fusing
- Unit and remote mounted three speed fan switches

Electric Heat

- Manual reset secondary thermal limits
- Door interlocking disconnect switches
- Main fusing
- Silent relay/contactors

Piping Packages

- Factory assembled – shipped loose for field installation
- 1/2" and 3/4", 2 way and 3 way normally closed, two position electric motorized valves
- Isolation ball valves with memory stop
- Fixed and adjustable flow control devices
- Unions and P/T ports
- Floating point modulating control valves
- High pressure close-off actuators (1/2" = 50 PSIG; 3/4" = 25 PSIG)

Thermostats

- Remote mounted analog, digital display or programmable
- 2 and 4 pipe control sequences
- Automatic and manual changeover
- Integral three speed fan switches

COILS, PHYSICAL DATA

COILS

Johnson Controls offers hot water, chilled water, direct expansion (DX), and standard steam coils for specific application with all FH Series Fan Coil Units. Strict on-site inspection before, during, and after installation guarantees the highest quality and performance available.

STANDARD FEATURES

- Cooling - 3 or 4 row chilled water or DX
- Heating - 1, 2, 3 or 4 row hot water or, 1 or 2 row steam
- 6 total rows of cooling and heating coils maximum
- 1/2" O.D. seamless copper tubes
- 0.016" tube wall thickness
- High efficiency aluminum fin surface for optimizing heat transfer, pressure drop and carryover
- Left or right hand, same or opposite side connections
- Manual air vents

OPTIONAL FEATURES

- Automatic air vents
- Stainless steel coil casings
- 0.025" tube wall thickness (standard on steam coils)
- DX coils are heat pump compatible

Johnson Controls offers Web-Select™, the industry's first web-based fan coil rating and selection program for complete unit, coil and sound selection. See your representative for more information.

UNIT SIZE	COIL FACE AREA	MODEL FHX				MODEL FHP	
		RETURN AIR GRILLE FREE AREA	SUPPLY AIR GRILLE FREE AREA	FILTER FACE AREA	NOMINAL FILTER SIZES	FILTER FACE AREA	NOMINAL FILTER SIZES
20	1.04 [.09]	0.47 [.04]	0.40 [.04]	1.77 [.16]	30 x 8.5 x 1 [762 x 216 x 25]	1.18 [.11]	20 x 8.5 x 1 [508 x 216 x 25]
25	1.35 [.13]	0.58 [.05]	0.50 [.05]	2.36 [.22]	(2) 20 x 8.5 x 1 [508 x 216 x 25]	1.54 [.14]	26 x 8.5 x 1 [660 x 216 x 25]
30	1.56 [.14]	0.68 [.06]	0.56 [.05]	2.36 [.22]	(2) 20 x 8.5 x 1 [508 x 216 x 25]	1.77 [.16]	30 x 8.5 x 1 [762 x 216 x 25]
40	2.08 [.19]	0.81 [.08]	0.80 [.07]	2.95 [.27]	(1) 20, (1) 30 x 8.5 x 1 [508, 762 x 216 x 25]	2.36 [.22]	(2) 20 x 8.5 x 1 [508 x 216 x 25]
50	2.60 [.24]	1.01 [.09]	0.96 [.09]	3.54 [.33]	(2) 30 x 8.5 x 1 [762 x 216 x 25]	2.95 [.27]	(1) 20, (1) 30 x 8.5 x 1 [508, 762 x 216 x 25]
60	3.13 [.29]	1.15 [.11]	1.20 [.11]	4.13 [.38]	(2) 20, (1) 30 x 8.5 x 1 [508, 762 x 216 x 25]	3.54 [.33]	(2) 30 x 8.5 x 1 [762 x 216 x 25]

NOTES:

1. Face and free areas are in square feet [square meters].
2. Filter sizes are in inches [millimeters].
3. Return Air Grille Free Area applies to FHX and Telescoping Bottom Panel return grilles.
4. Supply Air Grille Free Area applies to FHX supply grille and minimum free area allowable for a supply grille supplied by others.

PHYSICAL DATA**ARI STANDARD RATINGS**

MODEL / SIZE	COIL		AIRFLOW CFM (Dry Flow)	COOLING CAPACITY		WATER		POWER INPUT (WATTS)
	Rows	FPI		QT (BTUH)	QS (BTUH)	Flow Rate (GPM)	WPD ft-wg	
FHF 20	3	10	330	8000	5900	1.8	1.6	81
FHF 25	3	10	450	11500	8500	2.6	3.4	138
FHF 30	3	10	640	13200	9900	3.2	7.6	152
FHF 40	3	10	800	18500	14300	4.2	3.7	263
FHF 50	3	10	1140	24000	19300	5.4	7.4	402
FHF 60	3	10	1590	34000	26500	7.6	14.6	489
FHF 20	4	10	320	8500	6000	1.8	3.1	77
FHF 25	4	10	430	11600	8600	2.6	6.6	135
FHF 30	4	10	610	15900	10400	3.9	10.9	151
FHF 40	4	10	780	22200	16600	4.9	7.2	261
FHF 50	4	10	1040	28500	22500	6.4	12.9	380
FHF 60	4	10	1510	41400	31300	9.2	27.1	466
FHP 20	3	10	270	6900	5300	1.6	1.2	81
FHP 25	3	10	420	10900	8100	2.5	3.1	132
FHP 30	3	10	540	11900	8100	2.8	6.1	152
FHP 40	3	10	770	18100	13900	4.1	3.5	263
FHP 50	3	10	1010	22300	18200	5.0	7.1	372
FHP 60	3	10	1460	32300	25600	7.2	13.3	489
FHP 20	4	10	260	8800	6000	1.6	2.5	77
FHP 25	4	10	410	10900	8100	2.5	6.0	130
FHP 30	4	10	520	15100	10300	3.5	10.0	151
FHP 40	4	10	740	21300	15900	4.8	6.9	261
FHP 50	4	10	970	27200	21400	6.1	11.9	361
FHP 60	4	10	1370	38600	28400	8.6	23.8	466
FHX 20	3	10	240	6300	4800	1.5	1.1	75
FHX 25	3	10	310	8900	6500	2.0	2.2	127
FHX 30	3	10	450	10400	7100	2.5	4.9	135
FHX 40	3	10	650	16300	12400	3.7	2.9	245
FHX 50	3	10	820	19500	15700	4.4	5.6	337
FHX 60	3	10	1130	27500	21500	6.1	10.0	402
FHX 20	4	10	240	6300	4700	1.5	2.1	65
FHX 25	4	10	300	8700	6300	2.0	4.0	125
FHX 30	4	10	440	12800	8300	3.1	7.9	130
FHX 40	4	10	630	18900	14000	4.2	5.5	235
FHX 50	4	10	780	23400	18300	5.3	9.1	321
FHX 60	4	10	1040	31900	24200	7.1	16.8	383

NOTE: Based on 80°F DB and 67°F WB EAT, 45°F EWT, 10°F temperature rise, high fan speed. Motor type is PSC and motor voltage is 115/1/60. Airflow under dry coil conditions. Models FHX tested at 0.0" external static pressure. Models FHF and FHP tested at 0.05" external static pressure.

PHYSICAL DATA

HEATING CAPACITY

UNIT TYPE	UNIT SIZE	NOMINAL CFM	1 ROW			2 ROW		
			QS (MBH)	GPM	WPD	QS (MBH)	GPM	WPD
FHP FHF	20	250	8.6	0.4	0.2	15.7	0.8	0.9
	25	400	15.0	0.6	0.6	21.0	1.1	3.1
	30	500	16.1	0.8	0.6	29.2	1.5	3.2
	40	750	23.6	1.2	1.5	40.5	2.1	1.6
	50	1000	28.7	1.5	0.7	53.7	2.7	2.9
	60	1400	36.1	1.9	1.1	66.9	3.4	4.7
FHX	20	250	7.9	0.4	0.3	14.0	0.8	1.5
	25	350	10.8	0.6	0.5	19.3	1.0	2.6
	30	450	13.5	0.7	0.9	24.0	1.3	4.8
	40	650	20.4	1.1	2.0	34.0	1.8	1.7
	50	850	22.5	1.2	0.7	40.7	2.1	3.1
	60	1200	30.9	1.6	1.2	55.4	2.9	5.5

NOTE: Based on 70°F DB EAT, 180°F EWT, 40°F temperature drop, high fan speed.

UNIT WEIGHT DATA

COMPONENT	UNIT SIZE						
	20	25	30	40	50	60	
FHF BASE UNIT	40 [18]	51 [23]	59 [27]	69 [31]	91 [41]	111 [50]	
FHP BASE UNIT	45 [20]	56 [25]	65 [30]	80 [36]	103 [47]	123 [56]	
FHX BASE UNIT	119 [54]	138 [63]	155 [70]	181 [82]	220 [100]	257 [117]	
COIL ROWS	1 ROW - DRY	8 [4]	10 [5]	11 [5]	13 [6]	15 [7]	18 [8]
	1 ROW - WET	10 [5]	12 [5]	13 [6]	15 [7]	18 [8]	21 [10]
	2 ROW - DRY	11 [5]	13 [6]	15 [7]	18 [8]	22 [10]	26 [12]
	2 ROW - WET	14 [6]	16 [7]	18 [8]	22 [10]	27 [12]	32 [15]
	3 ROW - DRY	14 [6]	17 [8]	19 [9]	24 [11]	29 [13]	34 [15]
	3 ROW - WET	17 [8]	21 [10]	24 [11]	30 [14]	36 [16]	42 [19]
	4 ROW - DRY	17 [8]	20 [9]	23 [10]	29 [13]	36 [16]	42 [19]
	4 ROW - WET	21 [10]	25 [11]	29 [13]	36 [16]	45 [20]	53 [24]

NOTE: Unit weight data is in pounds [kilograms].

GUIDE SPECIFICATIONS

GENERAL

Furnish and install Johnson Controls Model FH Horizontal Concealed Direct Drive Fan Coil Units where indicated on the plans and in the specifications. Units shall be completely factory assembled, tested and shipped as one piece. All units shall be capable of meeting or exceeding the scheduled capacities for cooling, heating and air delivery. All unit dimensions for each model and size shall be considered maximums. Units shall be ETL listed in compliance with UL/ANSI Standard 1995, and be certified as complying with the latest edition of ARI Standard 440.

CONSTRUCTION

All unit chassis shall be fabricated of heavy gauge galvanized steel panels able to meet 125 hour salt spray test per ASTM B-117. All exterior panels shall be insulated with 1/2" thick insulation with a maximum k value of .24 (BTU • in) / (hr • ft² • °F) and rated for a maximum air velocity of 5000 f.p.m. Insulation must meet all requirements of ASTM C1071 (including C665), UL 181 for erosion, and carry a 25/50 rating for flame spread/smoke developed per ASTM E-84, UL 723 and NFPA 90A.

All concealed units shall have a minimum 1-1/2" duct collar on the discharge. Plenum and exposed units shall have a minimum 3/4" duct collar on the return.

All exposed units shall have exterior panels fabricated of galvanized steel. The fan and filter bottom access panel shall be attached with quarter turn quick open fasteners to allow for easy removal and access for service.

Option: Provide foil faced insulation in lieu of standard. Foil insulation shall meet or exceed the requirements stated above, and in addition meet ASTM Standards C-665 and C-1136 for biological growth in insulation. Insulation shall be lined with aluminum foil, fiberglass scrim reinforcement, and 30 pound kraft paper laminated together with a flame resistant adhesive. All exposed edges shall be sealed to prevent any fibers from reaching the air stream.

Option: Provide Elastomeric Closed Cell Foam Insulation

for erosion and NFPA 90A for fire, smoke and melting, and comply with a 25/50 Flame Spread and Smoke Developed Index per ASTM E-84 or UL 723. Additionally, insulation shall comply with Antimicrobial Performance for biological growth per ASTM C-1136. Polyethylene insulation is not acceptable.

Unit mounting shall be by hanger brackets provided at four locations. Hanger brackets shall include rubber grommet isolators with brass eyelets for threaded rod.

PAINTED FINISH

All painted cabinet exterior panels shall be finished with a heat cured anodic acrylic powder paint of the standard factory color.

SOUND

Units shall have published sound power level data tested in accordance with ARI Standard 350-2000 (non-ducted equipment) and ARI Standard 260-2001 (ducted equipment).

FAN ASSEMBLY

Unit fan shall be a dynamically balanced, forwardly curved, DWDI centrifugal type constructed of 18 gauge zinc coated galvanized steel for corrosion resistance. Motors shall be high efficiency, permanently lubricated sleeve bearing, permanent split-capacitor type with UL and CSA listed automatic reset thermal overload protection and three separate horsepower taps. Single speed motors are not acceptable.

The fan assembly shall be easily removable for servicing the motor and blower at, or away from the unit. The entire fan assembly shall be able to come out of the unit by removing two screws and unplugging the motor. Plenum unit fan assemblies shall be easily serviced through an access panel provided.

Option: Provide an electronic (SCR) fan speed controller as an aid in balancing the fan capacity. The speed controller shall have a turn down stop to prevent the possibility of harming the motor bearings, and incorporate electrical noise suppression to minimize noise on the incoming power lines.

Option: Devices used to energize and de-energize (switch) fan speeds must be totally silent. Magnetic, mercury, and/or quiet relays and/or contactors are not acceptable.

COILS

All cooling and heating coils shall optimize rows and fins per inch to meet the specified capacity. Coils shall have seamless copper tubes and shall be mechanically expanded to provide an efficient, permanent bond between the tube and fin. The coil shall have a high efficiency aluminum surface optimized for heat transfer, air pressure drop and carryover.

GUIDE SPECIFICATIONS

All coils shall be hydrostatically tested at 450 PSIG air pressure under water, and rated for a maximum of 300 PSIG working pressure at 200°F.

Direct expansion cooling coils shall include a fixed orifice metering device. All evaporator coils shall be factory sealed and charged with a minimum 5 PSIG nitrogen or refrigerated dry air.

Steam coils shall be standard steam type suitable for temperatures above 35°F and 15 PSIG maximum working pressure.

Option: Coil casing shall be fabricated from Stainless Steel.

All coils shall be provided with a manual air vent fitting to allow for coil venting.

Option: Provide automatic air vents in lieu of manual air vents.

Heating coils shall be furnished in the reheat or preheat position on units with chilled water coils, or in the reheat position for DX coils.

DRAIN PANS

Primary condensate drain pans shall be single wall, heavy gauge galvanized steel for corrosion resistance, and extend under the entire cooling coil. Drain pans shall be of one-piece construction and be positively sloped for condensate removal. Drain pans on concealed models shall be field reversible for right or left hand connections.

The drain pan shall be externally insulated with a fire retardant, closed cell foam insulation. The insulation shall carry no more than a 25/50 Flame Spread and Smoke Developed Rating per ASTM E-84 and UL 723 and an Antimicrobial Performance Rating of 0, no observed growth, per ASTM G-21.

Option: Provide a single wall primary drain pan constructed entirely of heavy gauge stainless steel for superior corrosion resistance. Stainless steel drain pans shall be externally insulated and meet or exceed the requirements stated above.

Option: Provide a secondary drain connection on the primary drain pan for condensate overflow.

FILTERS

All plenum and exposed units shall be furnished with a minimum 1" nominal glass fiber throwaway filter. Filters shall be tight fitting to prevent air bypass. Plenum unit filters shall be easily removable from the bottom of the unit without the need for tools.

Option: Provide unit with 1" pleated filter (MERV 6).

ELECTRICAL

Units shall be furnished with single point power connection. Provide an electrical junction box with terminal strip for motor and other electrical terminations. The factory mounted terminal wiring strip consists of a multiple position screw terminal block to facilitate wiring terminations for the electric control valves and thermostats.

Option: Provide a hinged electrical enclosure in the bottom of the unit for easy access to all electrical components, terminal blocks and wiring.

ELECTRIC HEAT

Furnish an electric resistance heating assembly as an integral part of the fan coil unit, with the heating capacity, voltage and kilowatts scheduled. The heater assembly shall be designed and rated for installation on the fan coil unit without the use of duct extensions or transitions, and be located in the unit as to not expose the fan assembly to excessive leaving air temperatures that could affect motor performance.

The heater and unit assembly shall be listed for zero clearance and meet all NEC requirements, and be ETL listed with the unit as an assembly in compliance with UL/ANSI Standard 1995.

All heating elements shall be open coil type nichrome wire mounted in ceramic insulators and located in an insulated heavy gauge galvanized steel housing. All elements shall terminate in a machine staked stainless steel terminal secured with stainless steel hardware for corrosion resistance. The element support brackets shall be spaced no greater than 3-1/2" on center. All internal wiring shall be rated for 105°C minimum.

GUIDE SPECIFICATIONS

All heaters shall include overtemperature protection consisting of an automatic reset primary thermal limit and back up secondary thermal limit. All heaters shall be single stage.

Option: Provide a manual reset secondary thermal limit.

All units with electric heat shall have a bottom hinged electrical enclosure for easy access and service to the electrical components and wiring. An incoming line power distribution block shall be provided and designated to accept single point power wiring capable of carrying 125% of the calculated load current.

Option: Devices used to energize and de-energize (switch) electric heat must be totally silent. Magnetic, mercury, and/or quiet relays and/or contactors are not acceptable.

PIPING PACKAGES

Provide a standard factory assembled valve piping package to consist of a 2 or 3 way, on/off, motorized electric control valve and two ball isolation valves.

Control valves are piped normally closed to the coil. Maximum entering water temperature on the control valve is 200°F, and maximum close-off pressure is 40 PSIG (1/2") or 20 PSIG (3/4"). Maximum operating pressure shall be 300 PSIG.

Option: Provide 3-wire floating point modulating control valve (fail-in-place) in lieu of standard 2-position control valve with factory assembled valve piping package.

Option: Provide high pressure close-off actuators for 2-way on/off control valves. Maximum close-off pressure is 50 PSIG (1/2") or 25 PSIG (3/4)".

Option: Provide either a fixed or adjustable flow control device for each piping package.

Option: Provide pressure-temperature ports for each piping package.

Piping package shall be completely factory assembled, including interconnecting pipe, and shipped separate from the unit for field installation on the coil, so as to minimize the risk of freight damage.

MOTOR, FAN AND SOUND DATA**MOTOR AND FAN DATA**

UNIT SIZE	FAN SPEED	MOTOR H.P. (QTY.)	# OF FANS	115 VOLTS		208-230 VOLTS		277 VOLTS	
				AMPS	WATTS	AMPS	WATTS	AMPS	WATTS
20	High	(1) 1/30	1	0.8	57	0.6	77	0.3	71
	Medium	(1) 1/50		0.4	39	0.3	49	0.3	48
	Low	(1) 1/60		0.3	33	0.3	43	0.3	41
25	High	(1) 1/15	1	1.1	125	0.5	120	0.5	120
	Medium	(1) 1/30		0.9	90	0.3	80	0.3	80
	Low	(1) 1/60		0.5	60	0.2	60	0.2	60
30	High	(1) 1/10	2	1.9	165	0.8	158	0.8	162
	Medium	(1) 1/30		0.8	76	0.3	75	0.5	65
	Low	(1) 1/60		0.5	47	0.2	54	0.4	41
40	High	(1) 1/6	2	2.5	261	1.4	284	1.0	254
	Medium	(1) 1/12		1.5	162	0.5	171	0.5	152
	Low	(1) 1/40		0.6	75	0.4	79	0.3	74
50	High	(1) 1/8	3	1.6	215	0.9	216	0.8	214
		(1) 1/6		2.5	257	1.4	233	1.0	255
	Medium	(1) 1/15		1.3	145	0.6	109	0.5	132
		(1) 1/12		1.5	156	0.5	106	0.5	151
	Low	(1) 1/40		0.8	69	0.3	63	0.3	86
		(1) 1/40		0.6	75	0.4	62	0.3	84
60	High	(2) 1/6	4	5.0	522	2.8	568	2.0	508
	Medium	(2) 1/12		3.0	324	1.0	342	1.0	304
	Low	(2) 1/40		1.2	150	0.6	158	0.6	148

NOTES:

1. Motor electrical data is nameplated data. Actual data will vary with application.
2. 230 volt motor is nameplated for 208-230/1/60. Use 230 volt motor data for 208 volt applications.
3. Unit size 30, 208-230 and 277 volt motors are 1/12 HP at high tap.

SOUND DATA

UNIT SIZE	FAN SPEED	SCFM	TOTAL SOUND POWER LEVEL						
			OCTAVE BAND / CENTER FREQUENCY (HZ)						
			2/125	3/250	4/500	5/1000	6/2000	7/4000	8/8000
20	High	282	55	59	53	50	46	38	36
	Medium	216	50	52	47	44	38	31	32
	Low	175	47	48	43	39	32	27	31
25	High	420	58	62	57	54	51	44	39
	Medium	286	53	53	49	45	41	34	29
	Low	180	48	42	38	36	33	27	27
30	High	522	60	60	57	56	50	44	40
	Medium	458	57	55	54	52	46	40	36
	Low	269	48	44	43	39	32	27	31
40	High	810	65	68	64	60	55	51	47
	Medium	565	59	59	57	51	46	40	35
	Low	300	51	46	41	36	28	27	30
50	High	1050	61	66	68	62	56	52	49
	Medium	840	56	61	63	55	49	44	40
	Low	490	48	53	59	46	39	33	32
60	High	1400	67	72	70	68	59	54	51
	Medium	1050	61	65	67	57	52	47	42
	Low	500	50	56	48	40	33	28	31

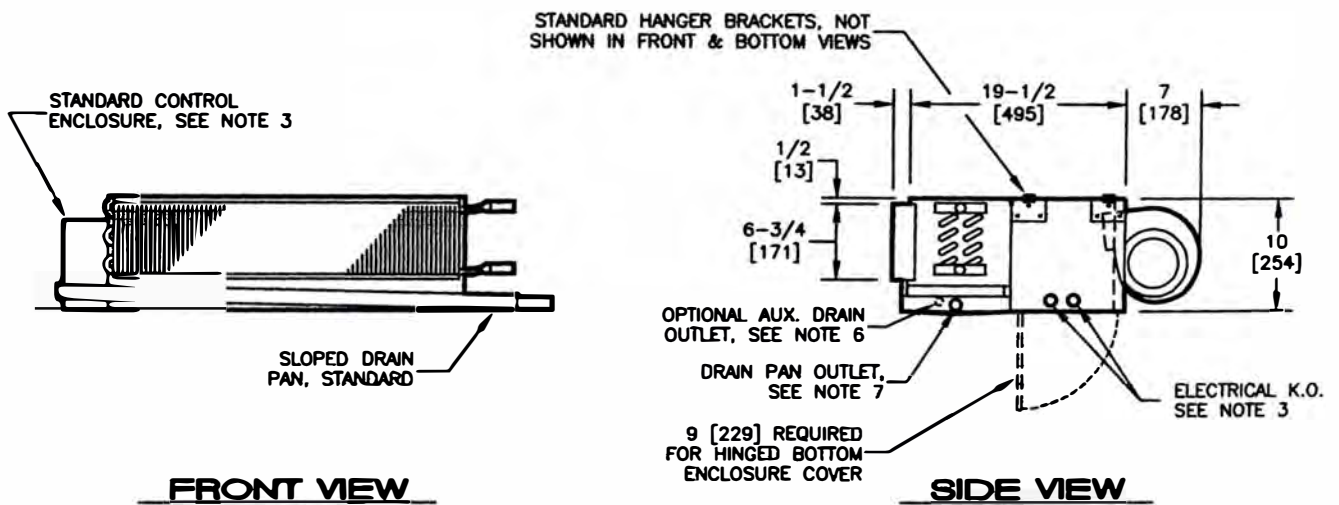
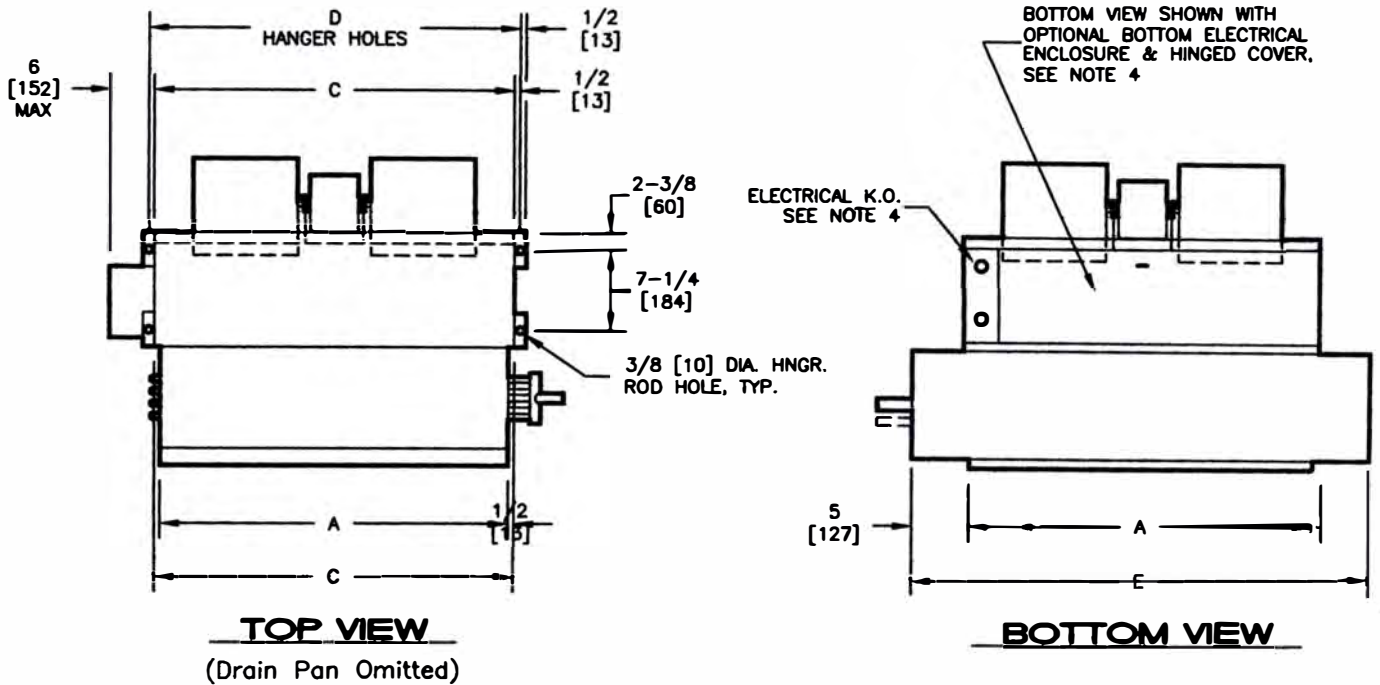
NOTES:

1. Sound data tested in accordance with ARI 350-2000.
2. Sound levels are expressed in decibels, dB RE: 1×10^{-12} watts.
3. Total sound power level data based on Model FHP with fan CFM at corresponding motor tap with 115/1/60 volt motor, 3 or 4 row coil, 1" throwaway filter, 0.0" external static pressure and standard rated internal pressure losses.

DIMENSIONAL DATA

MODEL FHF FREE RETURN UNITS

Drawings are not to scale and not for submittal or installation purposes.



DIMENSIONS - In [mm]

UNIT SIZE	A	C	D	E
20	20 [508]	21 [533]	22 [559]	30 [762]
25	26 [660]	27 [686]	28 [711]	36 [914]
30	30 [762]	31 [787]	32 [813]	40 [1016]
40	40 [1016]	41 [1041]	42 [1067]	50 [1270]
50	50 [1270]	51 [1295]	52 [1321]	60 [1524]
60	60 [1524]	61 [1549]	62 [1575]	70 [1778]

NOTES:

- All dimensions in Inches [millimeters]. All dimensions $\pm 1/4"$ [6mm]. Metric values are soft conversion.
- Left hand unit shown, right hand unit opposite.
- Standard control enclosure is mounted on unit side opposite cooling coil connections. Unit casing includes (2) knockouts on each side. Provide sufficient clearance to access electrical controls and comply with applicable codes and ordinances.
- Optional bottom control enclosure with hinged cover replaces standard side mounted enclosure and includes (2) additional knockouts on bottom of unit, on left side.
- Standard externally foam coated galvanized steel drain pan has 7/8" ODM copper outlet. Stainless steel drain pan has 3/4" MPT galvanized steel outlet.
- Aux. drain outlet is 5/8" ODM copper or 3/8" MPT galvanized steel respectively.
- See coil connection drawings for coil connection sizes and locations.