

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



Trabajo de suficiencia profesional

Implementación de un chiller para mejorar la eficiencia y carga térmica en condiciones de baja demanda de un sistema de aire acondicionado en un edificio corporativo

Para obtener el título profesional de ingeniero mecánico

Elaborado por

Andrés Armando Rospigliosi Guerreros

 [0009-0003-8250-0534](https://orcid.org/0009-0003-8250-0534)

Asesor

Mg. Ing. Fausto Israel Godofredo Valdivia

 [0000-0003-1494-9690](https://orcid.org/0000-0003-1494-9690)

LIMA-PERU

2025

Citar/How to cite	Rospigliosi Guerreros[1]
Referencia/Reference	[1] A. Rospigliosi Guerreros, " <i>Implementación de un chiller para mejorar la eficiencia y carga térmica en condiciones de baja demanda de un sistema de aire acondicionado en un edificio corporativo</i> " [Trabajo de Suficiencia Profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Rospigliosi , 2025)
Referencia/Reference	Rospigliosi, A. (2025). <i>Implementación de un chiller para mejorar la eficiencia y carga térmica en condiciones de baja demanda de un sistema de aire acondicionado en un edificio corporativo</i> . [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

INDICE

Lista de Tablas	vi
Lista de figuras.....	vii
Resumen	ix
Abstrac.....	x
Introducción	xi
CAPÍTULO I: Planteamiento del problema.....	1
1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.2. Descripción de la realidad problemática.....	6
Problema general	7
Problemas específicos	7
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. Objetivo General	7
1.3.2. Objetivos Específicos.....	7
1.3.3. Justificación e importancia de la investigación	8
CAPÍTULO II: Marco teórico.....	9
2.1. Bases teóricas	9
2.1.1 Acondicionamiento de Aire en Edificios de oficinas.	9
2.1.2 Cálculo de carga térmica	10
2.1.3 Descripción del Sistema de Aire Acondicionado	13

2.1.3.1	Chiller	13
2.1.3.2	Bombas de agua.....	17
2.1.3.3	Torres de enfriamiento.....	22
2.1.3.4	Umas y fan coils	32
2.1.3.5	Confort.....	36
2.1.4	Descripción de un Chiller Tornillo.....	37
2.1.5	Partes de un Chiller tornillo.....	40
2.1.5.1	Funcionamiento de evaporador del Chiller :	40
2.1.5.2	Funcionamiento de compresor del sistema Chiller :	41
2.1.5.3	Funcionamiento del condensador del sistema Chiller	43
CAPÍTULO III: Desarrollo del trabajo.....		46
3.1	Unidad de estudio	46
3.2	Técnicas e instrumentos de medición para elaboración del perfil de carga del edificio	48
3.3	Resultados de la medición y elaboración del perfil de carga del edificio.	51
3.4	Selección de la capacidad del chiller para el perfil de carga elaborado.....	52
3.4.1	Tipo de chiller a seleccionar.....	52
3.4.2	Modelo de Chiller a seleccionar	52
3.4.3	Selección de Bombas de agua primaria y de condensado.....	55
3.4.4	Montaje de chiller y Bombas de agua.	57

3.5	Manual de operación básico del chiller	58
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos de la nueva instalación.....	60
CAPÍTULO IV: Resultados		61
4.1	Análisis de resultados	61
4.2	Discusión de resultados.....	62
Conclusiones		64
Recomendaciones		66
Referencias		67
Anexos		69

Lista de Tablas

Tabla 1	Perfil de carga promedio de chiller centrifugo de 400 TR por mes y día (año 2019)....	49
Tabla 2	Resumen de perfil de carga en alta temperatura exterior (noviembre a abril 2019).....	50
Tabla 3	Resumen de perfil de carga en baja temperatura exterior (mayo a octubre 2019).....	50
Tabla 4	Consumo en kW y COP del chiller centrifugo de 400 TR.....	51
Tabla 5	Instrumentos calibrados utilizados en toma de datos de chillers.....	60
Tabla 6	Consumo eléctrico y COP del chiller tornillo de 200 TR	61
Tabla 7	Consumo en eléctrico y COP del chiller centrifugo de 400 TR	62
Tabla 8	Porcentaje de ahorro de energía con el uso del chiller tornillo seleccionado.	63

Lista de figuras

Figura 1 Clasificación de chillers	13
Figura 2 Chiller enfriado por aire marca Carrier	14
Figura 3 Chiller enfriado por agua marca Carrier	14
Figura 4 Chiller Tornillo marca Carrier con 2 compresor	15
Figura 5 Chiller centrifugo marca Carrier.....	16
Figura 6 Tipos de chillers de la marca Carrier	17
Figura 7 Bomba de agua centrifuga tipo horizontal marca Taco.....	18
Figura 8 Partes de una bomba de agua centrifuga.....	19
Figura 9 Bomba centrifuga vertical marca Taco	19
Figura 10 Bomba centrifuga horizontal marca Taco	20
Figura 11 Curva característica de bomba de agua centrifuga	21
Figura 12 Torre de enfriamiento de flujo cruzado marca Protec	22
Figura 13 Proceso de evaporación del agua en la torre de enfriamiento	23
Figura 14 Esquema de condensación del agua.....	24
Figura 15 Partes de una torre de enfriamiento	24
Figura 16 Torre de enfriamiento de tiro natural	25
Figura 17 Torre de enfriamiento de tiro forzado de flujo cruzado	26
Figura 18 Torre de enfriamiento de tiro Inducido de Flujo Cruzado	27
Figura 19 Torre de enfriamiento de tiro inducido de flujo cruzado con doble relleno	27
Figura 20 Torre de enfriamiento de tiro forzado en contra flujo - 1	28
Figura 21 Torre de enfriamiento de tiro forzado en contra flujo - 2.....	29
Figura 22 Torre de enfriamiento de tiro inducido en contra flujo.....	30

Figura 23 Torre de enfriamiento evaporativo.....	31
Figura 24 Partes de una unidad manejadora de aire.....	32
Figura 25 Unidad manejadora Horizontal marca Carrier	33
Figura 26 Unidad manejadora vertical marca Carrier	33
Figura 27 Componentes de un fan coil.....	34
Figura 28 Tipos de fan coils	35
Figura 29 Diagrama de confort de ashrae	36
Figura 30 Esquema de operación de chiller tornillo enfriado por agua	38
Figura 31 Diagrama de ciclos de refrigeración y aceite de un compresor tornillo	39
Figura 32 Esquema de funcionamiento de un evaporador de chiller tornillo con variador	40
Figura 33 Esquema y Capacidades de un compresor modelo 06T tornillo Carrier	41
Figura 34 Partes de compresor tornillo Carrier de una etapa	42
Figura 35 Modelos de compresores tornillo Carrier y capacidades marca Carrier	43
Figura 36 Esquema de funcionamiento de un condensador de chiller tornillo con variador	44
Figura 37 Distribución de equipos en sala de máquinas de edificio Alto Caral	46
Figura 38 Tipos de chillers y capacidades de la marca Carrier	53
Figura 39 Características de operación de chiller tornillo 30HXC206	54
Figura 40 Características de operación de chiller tornillo 30XWV200	55
Figura 41 Datos de caudales de agua de chiller seleccionado 30HXC206	56
Figura 42 Plano de Distribución de nuevos equipos en sala de máquinas de edificio.	59
Figura 43 Isométrico de equipos en sala de máquinas de edificio.....	59

Resumen

El presente trabajo lleva como título: “Implementación de un chiller para mejorar la eficiencia y carga térmica en condiciones de baja demanda de un sistema de aire acondicionado en un edificio corporativo”.

El propósito de esta investigación, es determinar el tipo de chiller adecuado para el acondicionamiento del sistema del aire acondicionado del edificio corporativo Alto Caral en temporadas de baja temperatura y/o baja demanda de carga, pero en general puede ser aplicado como metodología para la selección de chillers en otros edificios que tienen la misma problemática ya que se basa en estándares internacionales.

El tipo de investigación es cuantitativo, y el método para desarrollar la investigación es deductivo directo, el cual es la implementación de un chiller y que debe influir en el enfriamiento adecuado del sistema de aire acondicionado del edificio, se podrá contrastar dichos resultados después de la evaluación energética y rendimiento del equipo chiller.

Resultados: una vez realizado el levantamiento de datos, se comprobó que el chiller seleccionado cumple el requerimiento de carga térmica mínima de 40 toneladas de refrigeración de carga sostenida corrigiendo el problema de cortociclaje y migración de aceite, se redujo el consumo eléctrico en temporadas de baja temperatura y/o baja demanda de carga llegando a valores de reducción del 52.4 % en el consumo eléctrico y se obtuvo valores de COP mayores a 6 (de acuerdo a normas ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1) .

Conclusión: se seleccionó adecuadamente un Chiller de agua helada usando una metodología para la selección del Chiller de 200 toneladas de refrigeración y se validó su instalación en campo con las modificaciones respectiva adecuándose al sistema actualmente instalado.

Palabras clave: Chiller, aire acondicionado, eficiencia, carga térmica, consumo eléctrico.

Abstrac

The title of this work is: "Implementation of a chiller to improve efficiency and thermal load in low demand conditions of an air conditioning system in a corporate building".

The purpose of this research is to determine the type of chiller suitable for conditioning the air conditioning system of the Alto Caral corporate building in low temperature and/or low load demand seasons, but in general it can be applied as a methodology for the selection of chillers in other buildings that have the same problem since it is based on international standards.

The type of research is quantitative, and the method to develop the research is direct deductive, which is the implementation of a chiller and which should influence the adequate cooling of the building's air conditioning system. These results can be contrasted after the energy evaluation and performance of the chiller equipment.

Results: Once the data collection was carried out, it was verified that the selected chiller meets the minimum thermal load requirement of 40 tons of sustained load refrigeration, correcting the short-cycle and oil migration problem, the electrical consumption was reduced during low temperature and/or low load demand seasons, reaching reduction values of 52.4% in electrical consumption, and COP values greater than 6 were obtained (according to ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1).

Conclusion: A chilled water chiller was appropriately selected using a methodology for the selection of the 200-ton refrigeration chiller and its installation in the field was validated with the respective modifications, adapting to the currently installed system.

Keywords: Chiller, air conditioning, efficiency, thermal load, electrical consumption.

Introducción

Para mejorar la eficiencia de un sistema de aire acondicionado instalado en un edificio corporativo, siempre se realiza evaluaciones de acuerdo al comportamiento del sistema en el uso de los ambientes por los locatarios y los requerimientos en el uso del chiller en temporadas de alta y baja temperatura. El edificio corporativo ALTO CARAL ubicado en el distrito de San Isidro provincia de Lima, tiene como rubro principal el alquiler de los distintos ambientes del edificio. En temporadas de baja temperatura y/o de baja demanda el sistema de aire acondicionado presenta problemas debido a cortociclaje en los arranques del chiller debido a la poca demanda de carga térmica trayendo como consecuencia apagados intempestivos del chiller ocasionando reclamos en los locatarios de este edificio.

Para poder contrarrestar este problema se plantea aplicar una metodología aplicativa para poder instalar un chiller capaz de eliminar las condiciones de ineficiencia y asegurar el confort en el edificio. Para esto se desarrolló un procedimiento para seleccionar el chiller adecuado que cumpla las normas internacionales en cuanto a eficiencia y fabricación.

Es por ello, en la elaboración de la presente tesis, se desarrolló una metodología para la selección de un equipo de enfriamiento chiller para el sistema de aire acondicionado instalado y así asegurar que el sistema de aire acondicionado cumpla con el confort en cualquier temporada y ante cualquier requerimiento de los locatarios en los distintos ambientes del edificio y no tener el problema de ineficiencia en la operación que genera los reclamos respectivos.

En la presente investigación se puede resumir los capítulos contenidos de la siguiente manera: en el capítulo I se describe el problema existente en la operación del sistema de aire acondicionado en temporadas de baja temperatura y/o de baja demanda y se plantea aplicar una metodología para seleccionar un equipo chiller capaz de contrarrestar estas condiciones de ineficiencia. En el capítulo II se levanta el estado del arte, con un marco teórico para la

compresión del proceso. En el capítulo III se desarrolla la metodología para la selección del equipo enfriador (chiller). En el capítulo IV se expone los resultados y la metodología aplicada para la evaluación energética de los equipos de enfriamiento y resultados finales. Al final del documento se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: Planteamiento del problema

1.1. Antecedentes investigativos

¹ Flores, J (2010) presenta un método para predecir el desempeño energético de un chiller enfriado por aire en función de un perfil de demanda variable. Su objetivo principal es el desarrollo de un modelo matemático capaz de simular de manera precisa el comportamiento de un chiller enfriado por aire en diferentes condiciones de operación, con el fin de optimizar su funcionamiento y reducir el consumo energético, ya que la energía consumida en edificios, hospitales y centros comerciales puede representar aproximadamente un tercio de la energía consumida de un país. Comúnmente los sistemas de aire acondicionado son responsables por una significativa fracción de esa energía, la mayoría de estos sistemas operan en función de enfriadores de líquido por compresión.

Desarrolla un método predictivo del desempeño de un enfriador de líquido por compresión y enfriado por aire. El modelo desarrollado demostró una alta precisión en la predicción del consumo energético del chiller en una amplia gama de condiciones de operación, permitió identificar las condiciones de operación que generan un mayor consumo energético y proponer estrategias para optimizar el funcionamiento del chiller.

El autor concluye que los resultados de la simulación termodinámica proporcionan información importante sobre el coeficiente de desempeño y la secuencia de operación de cada circuito y del sistema global. Se demuestra que el mayor COP se obtiene a menor temperatura de bulbo seco y menor carga del enfriador de líquido (TBS igual a 25°C y carga igual a 17%). Igualmente, el análisis del desempeño del sistema en carga parcial contribuye en el diseño de la estrategia de control del equipo (accionar o apagar compresores). El resultado demuestra que

¹ Flores Arteaga, J. A. (2010). Método de predicción del desempeño de un enfriador de líquido (chiller) en función de un perfil de demanda. [Tesis de Pre Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]

es mejor apagar los compresores scroll de forma secuencial en cada circuito (3.2 de COP promedio para una TBS igual a 25°C).

² Toribio, P (2018) presentó una investigación exhaustiva sobre las oportunidades de mejora en el desempeño energético de los edificios en la ciudad de Lima. Dada la creciente preocupación global por el cambio climático y la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles, esta investigación se centra en identificar y evaluar estrategias tecnológicas que permitan optimizar el consumo energético en las edificaciones típicas de la ciudad. Realiza un análisis detallado de las características constructivas, sistemas de climatización y patrones de consumo energético de los edificios residenciales y comerciales más comunes en la ciudad, se determina los componentes del edificio que mayormente contribuyen al consumo de energía, como la envolvente térmica, los sistemas de iluminación, climatización y ventilación, analiza diversas tecnologías y estrategias para mejorar la eficiencia energética de los edificios incluyendo el mejoramiento del aislamiento de paredes, techos y suelos, el uso de equipos de alta eficiencia, control inteligente y sistemas de ventilación natural, implementación de sistemas de control y automatización para optimizar el consumo energético.

El autor desarrolló un modelo de simulación energética para evaluar el desempeño de diferentes configuraciones de edificios y predecir los ahorros energéticos que se pueden obtener con la implementación de las estrategias tecnológicas mencionadas como el uso de temporizadores en los enfriadores de agua, la configuración de termostatos en el ciclo de calefacción, refrigeración y apagado de los equipos, lo cual se relaciona significativamente con el incremento de la eficiencia energética en edificaciones típicas en la Ciudad de Lima, con la cual se puede lograr hasta un 30% de ahorro energético utilizando las soluciones y tecnologías

² Toribio Pando, P. A. (2018). Estrategias tecnológicas para incrementar la eficiencia energética en edificaciones típicas en la ciudad de Lima-Perú. [Tesis Doctorado, Universidad Nacional del Callao, Perú].

disponibles en la actualidad.

³ Garcia, D (2019) realizó un estudio con diversas estrategias de control en un edificio para predecir su consumo de energía eléctrica anual utilizando un modelamiento energético mediante los programas Design Builder y Energy Plus. Se evaluó el uso de variadores de frecuencia en la bomba secundaria de agua helada, en el motor del ventilador de las torres de enfriamiento y en los ventiladores de aire fresco; la optimización de la secuencia de operaciones de chiller respecto a la demanda instantánea; y controles de iluminación de luz natural y presencia.

Este modelamiento energético permite predecir cuanto es el consumo de energía anual en base a los equipamientos del edificio y su secuencia de operaciones y control para elegir la estrategia de control que contribuye a un mayor ahorro de energía. Esta simulación energética del edificio para seleccionar el tipo de control a utilizar a sido factible para realizar el diseño de un sistema inteligente de oficinas de 14 pisos en Lima, considerando diversas estrategias de control que dan como resultado un edificio automatizado con la principal ventaja de lograr un ahorro de energía de 17.3% en el sistema de iluminación y aire acondicionado. Mediante los resultados de las simulaciones el nivel de temperatura interior ha sido mantenido en 24 °C, así como también no se ha excedido del nivel de concentración de CO2 cumpliendo los lineamientos de confort interior de temperatura del estándar ANSI/ASHRAE 55-2010 y de calidad de ventilación ANSI/ASHRAE 62.1-2010. El autor demostró que un diseño de control en edificios proporciona un ahorro de energía mayor al 17% y que proporciona un adecuado confort térmico interior para los ocupantes del edificio y un retorno de inversión de 2 años.

³ Garcia Meneses, D. A. (2019). Diseño de un sistema de automatización para optimizar el consumo de energía en el sistema de aire acondicionado e iluminación de un edificio corporativo de oficinas en lima. [Tesis de Pre Grado, Universidad Nacional de ingeniería]

⁴ Porfirio, F (2022) proporciona una metodología para seleccionar la opción más eficiente en chillers, menciona que entre menos energía eléctrica se utilice en un chiller para obtener más capacidad de refrigeración, más eficientes serán los chillers, considerando su óptima selección y operación para incrementar su eficiencia energética en edificios de alto rendimiento. El 95 por ciento del impacto total de un chiller en el medioambiente corresponde a su consumo energético, mientras que el porcentaje restante al tipo de refrigerantes usados, por esto, la eficiencia es la parte más importante para reducir la huella de carbono. Los sistemas HVAC consumen alrededor del 60 por ciento del consumo energético del edificio. Del total de energía usada en el sistema HVAC, de un 25 a un 35 por ciento de energía es consumida por las plantas de agua helada que producen agua fría para el servicio de aire acondicionado.

El autor expone que existen diferentes tipos de sistemas y estrategias para aumentar la eficiencia en una planta de agua helada, no obstante, la mejor estrategia energética será siempre comenzar por mejorar la eficiencia del chiller, que es el mayor demandante de energía de toda la edificación. Cada sistema tiene sus ventajas y desventajas. La elección de cuál implementar dependerá de las necesidades particulares de cada proyecto. La decisión principal es usar el sistema más eficiente energéticamente, entonces los chillers enfriados por agua son los que más aportan en este rubro. Indica que los chillers utilizados en los sistemas HVAC para confort rara vez funcionan en condiciones de plena carga, pero la estimación es que un chiller opera sólo a carga plena del 1 al 3 por ciento de un año; el resto del tiempo opera a cargas parciales, es decir, en condiciones del mundo real. Con el apoyo de algunos softwares que ayudan a simular el consumo energético de los chillers podríamos simular un consumo energético muy apegado a la realidad.

⁴ Ing. Porfirio, Franco (2022), Optimizando la eficiencia energética en chillers eléctricos, Business Development Executive en Applied Products en Johnson Controls, Revista Mundo HVAC&R del 15 diciembre 2022.

El autor concluye que para optimizar la selección de chillers para edificios de alto rendimiento, el método más preciso es realizar una simulación térmica de un edificio para determinar el perfil de carga de enfriamiento anual bajo diferentes condiciones ambientales. Para los edificios existentes, el perfil de la carga de refrigeración se puede determinar utilizando datos del sistema de gestión de edificios (BMS) en los que hay suficiente medición y monitoreo de la energía.

1.2. Descripción de la realidad problemática

El edificio Alto Caral tiene instalado un sistema de aire acondicionado conformado por dos chillers centrífugos marca Carrier de 400 toneladas de refrigeración cada uno, dos torres de enfriamiento de 1,120 galones por minutos cada uno y un sistema de bombeo de agua primario, condensado y secundario. En el anexo 1 se detalla la distribución de estos equipos en la generación del agua helada para el acondicionamiento del aire en los 21 pisos del edificio.

Teniendo en consideración la variación de la demanda en función de la temperatura exterior (estacional) y la ocupación del edificio (días laborables y no laborables) esta demanda puede sufrir una drástica disminución ocasionando que el chiller sea forzado a operar en rangos inferiores a los de diseño. Este tipo de chiller centrífugo son diseñados para operar a una capacidad mínima permisible del 40% de su capacidad total, 160 toneladas de refrigeración en forma continua. Operar por debajo de esta capacidad genera que el chiller pueda sufrir daños de consideración y/o quedar fuera de servicio por activación de los elementos de protección, esto es debido principalmente a las características propias de diseño y operación de este tipo de chiller centrífugo.

En las temporadas de baja temperatura exterior y los días de baja demanda (sábados y domingos), estos equipos chillers centrífugos presentan problemas de operación debido a constantes alarmas de protección como:

- Bajo nivel de aceite
- Baja presión de aceite
- Exceso de arranques

Esto genera los siguientes problemas:

- Paralización del chiller y dejar sin aire acondicionado al edificio.

- Excesivo consumo eléctrico por los arranques continuos.
- Generación de correctivos para recargas de aceite y proceso de recuperación de aceite.
- Reducción de vida útil de los componentes, principalmente del compresor.

Todos estos problemas generan sobre costos en la operación de los chiller y del sistema de aire acondicionado, en especial el alto consumo eléctrico que afecta enormemente la eficiencia del sistema.

Problema general

¿Cómo afecta en el enfriamiento del sistema actual, la baja demanda térmica del edificio?

Problemas específicos

- ¿En qué medida el dimensionamiento del chiller afectará en las condiciones de baja demanda en el edificio?
- ¿Como afecta al chiller en baja demanda cuando no trabaja en condiciones óptimas?
- ¿Cómo afecta la eficiencia energética si trabaja en condiciones de baja demanda?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Implementar un chiller para mejorar la eficiencia y carga térmica en condiciones de baja demanda.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Seleccionar adecuadamente un Chiller para las condiciones de baja demanda en el edificio.
- Instalar el chiller, adecuándose al sistema actualmente instalado del edificio y se elimine la migración de aceite y paradas intempestivas del chiller.
- Evaluar la eficiencia energética del chiller instalado en el sistema de aire acondicionado del edificio corporativo.

1.3.3. Justificación e importancia de la investigación

Justificación técnica

Desde el punto de vista técnico, la instalación del chiller enfriado por agua adecuado mejorará el funcionamiento en forma eficiente del sistema de aire acondicionado en condiciones de baja demanda. Esto permitirá al sistema operar sin riesgo de afectar los enfriadores de agua (chillers) por la migración de aceite y lograr la eficiencia en el chiller para la reducción del consumo eléctrico.

Justificación económica

Es la reducción de costos al implementar una máquina chiller enfriado por agua que ayudará a satisfacer el requerimiento en condiciones de baja demanda sin perjudicar la eficiencia del sistema y evitar las fallas de los chillers por activación de las protecciones internas y correctivos que genera estos (gastos de reparaciones por migración de aceite). La selección del chiller adecuado permitirá tener un menor consumo eléctrico en condiciones de baja demanda.

Justificación Social

Mejorar el sistema de acondicionamiento y confort en condiciones de baja demanda y las personas que laboran dentro de las oficinas no sufran el impacto de tener un sistema fuera de servicio el cual perjudica las labores en un edificio cerrado llegando inclusive al desalojo de estos por falta de aire acondicionado.

CAPÍTULO II: Marco teórico

2.1. Bases teóricas

2.1.1 Acondicionamiento de Aire en Edificios de oficinas.

En edificios corporativos, la demanda del aire acondicionado puede variar significativamente a lo largo del día, la semana o incluso las estaciones. Durante períodos de baja demanda, los sistemas de aire acondicionado convencionales suelen operar a menos de su capacidad nominal, lo que puede llevar a una eficiencia energética reducida y mayores costos operativos.

Un chiller, o enfriadora, es un equipo de refrigeración industrial que produce agua fría, esta agua fría se utiliza para enfriar el aire en un sistema de aire acondicionado. Al implementar un chiller, se puede modular la capacidad de enfriamiento del sistema de manera más precisa, adaptándose a las fluctuaciones de la demanda.

Los beneficios de Implementar un Chiller son tener mayor eficiencia energética al modular la capacidad de enfriamiento y se evita que los equipos funcionen a carga parcial durante largos períodos, lo que reduce el consumo de energía, el control preciso de la temperatura , la flexibilidad para integrarse con sistemas de control de edificios (BMS) para optimizar el funcionamiento de todo el sistema de climatización, mayor vida útil de los equipos al reducir el número de arranques y paradas, se prolonga la vida útil de los equipos de refrigeración.

La selección del tipo de chiller depende de factores como la capacidad requerida, el tipo de refrigerante, la eficiencia energética y el costo, para esto existen diversos tipos de chillers como centrífugos, de tornillo, de absorción, etc.

Para mejorar la eficiencia en condiciones de baja demanda los chillers modernos ofrecen la posibilidad de modular la capacidad de enfriamiento en función de la demanda, lo que permite optimizar el consumo de energía, esto es ajustar la temperatura de salida del agua fría del chiller

para reducir el consumo de energía sin afectar la comodidad de los ocupantes.

Un mantenimiento preventivo adecuado del chiller y de los equipos asociados garantizará un funcionamiento óptimo y prolongará su vida útil.

La implementación de un chiller en un edificio corporativo puede ser una solución eficaz para mejorar la eficiencia energética y reducir los costos operativos. Al seleccionar el chiller adecuado y optimizar su funcionamiento, se puede lograr un control preciso de la temperatura y un mayor confort para los ocupantes.

2.1.2 Cálculo de carga térmica

Para el cálculo de carga térmica, mediante el método CLTD, en el desarrollo del procedimiento se utilizan relaciones termodinámicas y expresiones extraídas de los manuales y estándares de ASHRAE.

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.

Primero, es necesario conocer la hora donde se concentra la mayor carga térmica debido a las condiciones exteriores.

Para el cálculo de la carga térmica total y el cálculo psicométrico utilizaremos las siguientes relaciones:

Para determinar el calor sensible aportado por las paredes, ventanas, puertas, techo y piso se tiene la Ecuación 1.

$$\text{Calor sensible (Qs)} = A \times U \times \Delta T1 \text{ (TBS)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

A= Área

U= Coeficiente de conducción

ΔT_1 (TBS)= Variación de la temperatura de bulbo seco (Temperatura equivalente)

Además, para la Ecuación 1 se considera que ΔT_1 (TBS) es la variación entre la temperatura de bulbo seco exterior y la temperatura interior a la que se desea llegar.

A este valor de calor sensible aportado por las paredes, techos y piso se le debe adicionar el calor aportado por las personas (Q_{sp}) e iluminación (Q_i).

La suma de estos valores da como resultado el calor sensible total del ambiente Q_{se} y se realiza según la Ecuación 2 Cabe mencionar que las personas también aportan calor latente así que habrá que tener en cuenta este dato en el cálculo del calor latente.

$$Q_{se} = Q_s + Q_i + Q_{sp} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Una vez obtenido el calor sensible del ambiente se realiza el cálculo del caudal de aire (C) necesario para extraer dicho calor. Para este fin utilizaremos la Ecuación 3.

$$Q_{se} = PR \times 1.1 \times C \times \Delta T_2 \quad (\text{Ecuación 3})$$

De esta ecuación despejamos el caudal (C) en función de las otras variables, se debe tomar en cuenta que la diferencia de temperaturas (ΔT_2) es entre la entrada y la salida del aire del serpentín del evaporador.

El caudal de aire externo aporta tanto calor sensible como calor latente tal como se mostrará más adelante.

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 viene dado por la siguiente Ecuación 4:

$$Q_{se\ exterior} = PR \times 1.1 \times C \times \Delta T3 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

PR: 0.998

C: Caudal

$\Delta T3$: Diferencia entre las temperaturas exterior e interior al ambiente

$$Q_{se\ neto} = Q_{se} + Q_{se\ exterior} \quad (\text{Ecuación 5})$$

De manera similar se obtiene el calor latente del ambiente. Esta ganancia de calor esta compuesta principalmente por la presencia del aire fresco (Q_{la}) y el aporte de las personas (Q_{lp}), las infiltraciones por puertas y ventanas se evitarán manteniendo una presión positiva en el ambiente.

Para el calor latente se utiliza la Ecuación 6:

$$Q_l = Q_{lp} + Q_{la} \quad (\text{Ecuación 6})$$

El calor latente a remover se obtiene utilizando una carta psicométrica, en la cual se ubican las condiciones iniciales y las condiciones a las que se desea llegar finalmente al calor latente proveniente del aire exterior (Q_{la}) se le adiciona el calor latente aportado por las personas (Q_{lp}) y se obtiene el calor latente neto.

$$Q_{la\ neto} = Q_{la} + Q_{lp} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Una vez determinado el calor latente neto se obtiene el calor total que viene a ser la suma del calor sensible neto y el calor latente neto.

$$\text{Calor Total (Qt)} = \text{Qse neto} + \text{Qla neto}$$

(Ecuación 7)

2.1.3 Descripción del Sistema de Aire Acondicionado

2.1.3.1 Chiller

Los chillers son equipos de refrigeración industrial que utilizan un fluido refrigerante para absorber el calor de un proceso y transferirlo a un circuito de agua. La elección del tipo de chiller dependerá de factores como la capacidad de enfriamiento requerida, la eficiencia energética, las condiciones de operación y el presupuesto.

Existen principalmente dos tipos (ver figura 1): los **chillers enfriados por aire** y los **chillers enfriados por agua**. Ambos funcionan con principios similares de intercambio térmico, pero se diferencian en el medio que utilizan para disipar el calor.

Figura 1

Clasificación de chillers



Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

Chillers enfriados por aire: En este tipo de chiller (ver figura 2), el calor absorbido del proceso se disipa en el aire mediante un ventilador. Son ideales para instalaciones donde no hay acceso fácil a grandes cantidades de agua. Su ventaja es que requieren menos mantenimiento, ya que no dependen de una fuente de agua externa. Su desventaja es que necesitan de mucha superficie para disipar el calor del gas de condensación.

Figura 2

Chiller enfriado por aire marca Carrier



Nota: De página web de Carrier InterAmerica Corporation

https://www.carrier.com.pe/category_listing.cfm?parent_id=7

Chillers enfriados por agua: Este tipo de chiller utiliza agua de enfriamiento (condensación) generada por un equipo exterior (torre de enfriamiento) para enfriar el gas de transferencia de calor.

Este tipo de chiller (ver figura 3) es más eficiente en términos de capacidad de enfriamiento, y es más compacto en comparación con un chiller enfriado por aire. Pero requiere una torre de enfriamiento y consume más agua.

Figura 3

Chiller enfriado por agua marca Carrier



Nota: De página web de Carrier InterAmerica Corporation

https://www.carrier.com.pe/category_listing.cfm?parent_id=7

Los chillers se pueden clasificar según el tipo de compresor utilizado:

Chillers de Tornillo: Utilizan dos tornillos engranados para comprimir el refrigerante de manera continua y eficiente. Sus ventajas es la alta eficiencia energética, gran capacidad de refrigeración, bajo nivel de ruido y funcionamiento continuo. Se aplica en la industria, climatización de grandes edificios, procesos industriales que requieren grandes volúmenes de refrigeración.

Figura 4

Chiller Tornillo marca Carrier con 2 compresor



Nota: De página web de Carrier InterAmerica Corporation

https://www.carrier.com.pe/product_detail.cfm?product_id=141&cat_id=48&parent_id=7

Chillers Centrifugos: Utilizan un impulsor rotatorio para aumentar la presión del refrigerante. Su ventaja es la alta capacidad de refrigeración, diseño compacto, bajo nivel de vibraciones. Se aplica en sistemas de climatización de gran tamaño, procesos industriales que requieren un control preciso de la temperatura.

Figura 5

Chiller centrifugo marca Carrier



Nota: De página web de Carrier InterAmerica Corporation

https://www.carrier.com.pe/product_detail.cfm?product_id=141&cat_id=48&parent_id=7

Otros Tipos de Chillers

Además de los mencionados anteriormente, existen otros tipos de chillers menos comunes como los chillers de absorción, de pistón y los chillers de scroll.

En la selección un Chiller (ver figura 6) se debe considerar su capacidad de enfriamiento el cual debe coincidir con la demanda de refrigeración de la aplicación, su eficiencia energética con un alto coeficiente de rendimiento (COP), el tipo de refrigerante compatible con la aplicación y que cumpla con las regulaciones ambientales, sus condiciones de operación, el costo de inversión y operación.

Figura 6

Tipos de chillers de la marca Carrier



Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

2.1.3.2 Bombas de agua

Las bombas centrífugas son es el corazón del sistema, las bombas centrífugas son componentes fundamentales en los sistemas de agua helada, encargadas de impulsar el agua fría a través de las tuberías y hacia las unidades terminales (fan coils y Umas) que enfriarán el aire en los diferentes espacios de un edificio. Su selección y funcionamiento adecuados son cruciales para garantizar la eficiencia y el correcto funcionamiento de todo el sistema.

Las bombas centrífugas aprovechan la fuerza centrífuga para aumentar la energía cinética del fluido, al girar a alta velocidad, un impulsor dentro de la bomba hace que el agua sea expulsada a través de una tubería de descarga a una presión mayor.

Figura 7

Bomba de agua centrífuga tipo horizontal marca Taco



Nota: De página web de Taco Inc.

<https://www.tacomfort.com/product-category/products/pumps/suction/>

Elementos de una bomba centrífuga

En la figura 8 se muestra los elementos de una bomba centrífuga.

La tubería de aspiración, es la entrada de la bomba que extrae el agua fría del chiller.

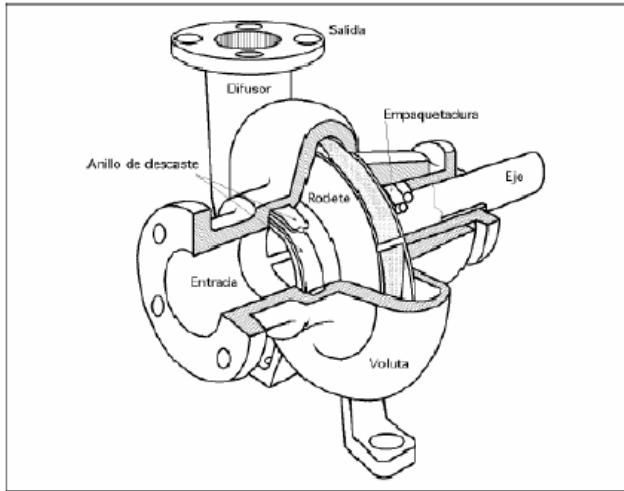
El impulsor o rodete, formado por una serie de álabes de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidariamente al eje y es la parte móvil de la bomba.

El Difusor, El difusor junto con el rodete, están encerrados en una cámara, llamada carcasa o cuerpo de bomba. El difusor está formado por unos álabes fijos divergentes, que al incrementarse la sección de la carcasa, la velocidad del agua irá disminuyendo lo que contribuye a transformar la energía cinética en energía de presión, mejorando el rendimiento de la bomba.

El Eje, es una pieza en forma de barra de sección circular no uniforme que se fija rigidamente sobre el impulsor y le transmite la fuerza del elemento motor.

Figura 8

Partes de una bomba de agua centrífuga



Nota: De página web Thermal Engineering

<https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-parte-principal-de-una-bomba-centrifuga-definicion/>

Las bombas centrífugas para agua se clasifican atendiendo a la posición del eje en bombas de eje horizontal y bombas de eje vertical.

Bombas verticales: Ideales para espacios reducidos y aplicaciones donde se requiere una altura de aspiración elevada (ver figura 9).

Figura 9

Bomba centrífuga vertical marca Taco



Nota: De página web de Taco Inc.

<https://www.tacomfort.com/product-category/products/pumps/suction/>

Bombas horizontales: Más comunes en sistemas de gran capacidad, ofrecen una mayor flexibilidad en la instalación.

Figura 10

Bomba centrífuga horizontal marca Taco



Nota: De página web de Taco Inc.

<https://www.tacomfort.com/product-category/products/pumps/suction/>

Características de las bombas centrífugas para agua helada:

El material de construcción es generalmente fabricado en acero inoxidable o hierro fundido para resistir la corrosión y el desgaste. Tiene un sello mecánico para evitar fugas y asegura un funcionamiento hermético. Su acoplamiento conecta el motor eléctrico al eje de la bomba.

Selección de la bomba centrífuga:

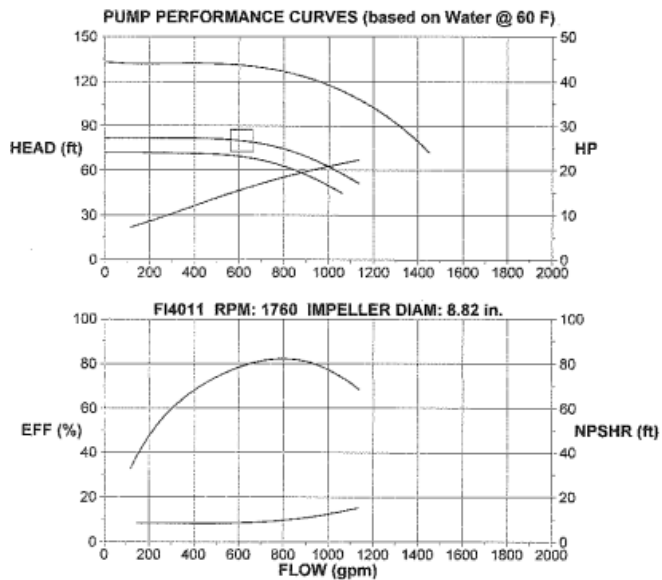
Para una correcta selección de una bomba centrífuga requerimos el caudal (Q =Flujo), es la cantidad de agua que deseamos bombear en lpm (litros por minuto) o gpm (galones por minuto) o lps (litros por segundo) o m³/hrs (metros cúbicos por hora), dependiendo como lo definan o lo requieran. La altura de presión (P =Presión), es la carga que tiene que vencer el equipo de bombeo para poder enviar el agua de un punto a otro y se

expresa en kg/cm² (kilogramos sobre centímetro cuadrado) o PSI (libras sobre pulgada cuadrada) o m.c.a. (metros de columna de agua) o ft (pies), dependiendo como lo definan o lo requieran, en la figura 11 se muestra las curvas características de una bomba centrífuga.

Las bombas centrífugas son componentes clave en los sistemas de agua helada. Su correcta selección, instalación y mantenimiento son fundamentales para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema y el confort de los ocupantes de un edificio. Al elegir una bomba centrífuga, es importante considerar el caudal, la altura manométrica, la eficiencia energética y los materiales de construcción.

Figura 11

Curva característica de bomba de agua centrífuga



Nota: De página web de Taco Inc.

<https://www.tacomfort.com/product-category/products/pumps/suction/>

2.1.3.3 Torres de enfriamiento

Una torre de enfriamiento (ver figura 12) es un equipo industrial diseñado para disminuir la temperatura de un fluido, generalmente agua, a través del proceso de evaporación. Este principio de enfriamiento evaporativo es fundamental en numerosos procesos industriales, pero es particularmente relevante en los sistemas de aire acondicionado de grandes edificios.

Las torres de enfriamiento son componentes esenciales en los sistemas de aire acondicionado, especialmente en aquellos que utilizan agua helada. Su función principal es disipar el calor del agua utilizada en el proceso de refrigeración, permitiendo que el ciclo se repita.

Figura 12

Torre de enfriamiento de flujo cruzado marca Protec



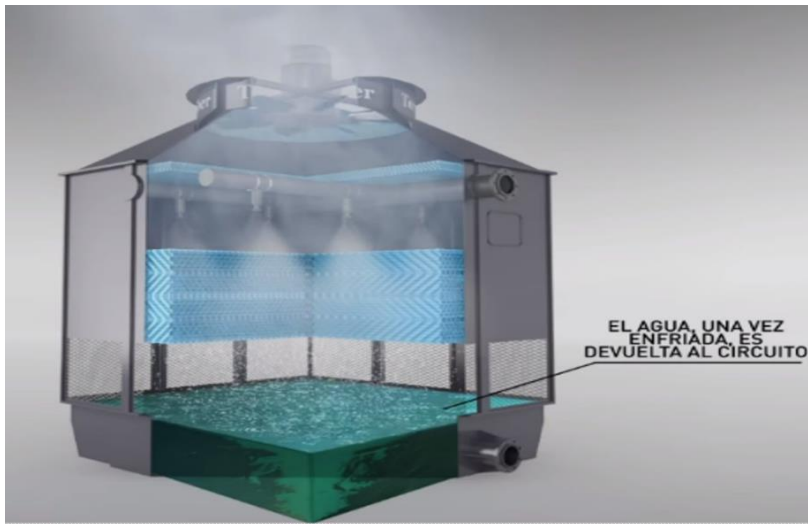
Nota: De página web de Protec Cooling Towers, Inc.

<https://www.protectowers.com/fws>

El funcionamiento básico de una torre de enfriamiento se basa en un principio simple: el agua se evapora al absorber calor del ambiente. Al evaporarse, el agua se lleva consigo parte del calor, lo que provoca que el agua restante se enfríe (ver figura 13).

Figura 13

Proceso de evaporación del agua en la torre de enfriamiento



Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

En la figura 14 se muestra el proceso de condensación del agua en una torre de enfriamiento.

Entrada de agua caliente: El agua caliente, proveniente de un proceso industrial o de un sistema de aire acondicionado, ingresa a la torre.

Distribución: El agua se distribuye sobre un relleno (generalmente de plástico) que aumenta la superficie de contacto con el aire.

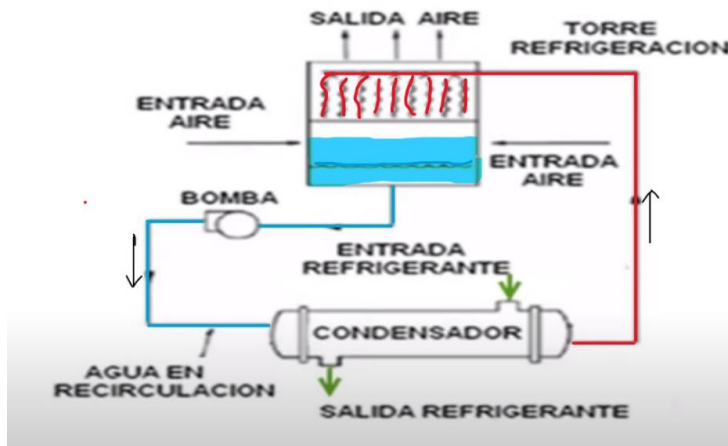
Evaporación: Parte del agua se evapora al entrar en contacto con el aire que circula a través de la torre.

Enfriamiento: Al evaporarse, el agua absorbe calor del resto del agua, disminuyendo su temperatura.

Salida de agua fría: El agua enfriada se recolecta en un depósito y se reutiliza en el proceso.

Figura 14

Esquema de condensación del agua



Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

Figura 15

Partes de una torre de enfriamiento



Nota: De página web "todo sobre torres de enfriamiento" - cooling tower engineer

<https://torredeenfriamientodeagua.com/>

Tipos de Torres de Enfriamiento para Aire Acondicionado

Existen diversos tipos de torres de enfriamiento, cada uno con sus propias características y aplicaciones.

Torre de Enfriamiento de Tiro Natural

Son torres que normalmente no se utilizan en la actualidad. Todos los diseños que se hicieron, en sus inicios, fueron con madera. Eran ubicados de tal forma que se puedan aprovechar las grandes corrientes de aire, esto provocó que tengan muchas limitaciones. Seguramente es familiar a la vista las enormes torres hiperbólicas de hormigón ubicadas en las centrales hidroeléctricas. Esta forma hiperbólica permite aprovechar el efecto chimenea y se reduce la dependencia de la dirección del aire.

Figura 16

Torre de enfriamiento de tiro natural



Nota: De página web "todo sobre torres de enfriamiento" - cooling tower engineer

<https://torredeenfriamientodeagua.com/>

Tiro Forzado de Flujo Cruzado

Se fuerza el ingreso de aire, que fluye a través del relleno y de los eliminadores de gotas en la salida del aire. Generalmente se utilizan ventiladores de flujo axial y la distribución de agua es mediante la caída del agua caliente por gravedad. También se hacen arreglos modulares para aumentar la capacidad de enfriamiento en tiempos calurosos. Con dos o más unidades, uno al

lado de otro, se consigue controlar la demanda de refrigeración con el encendido y apagado de los ventiladores según la temporada de calor o frío.

Figura 17

Torre de enfriamiento de tiro forzado de flujo cruzado



Nota: De página web "todo sobre torres de enfriamiento" - cooling tower engineer
<https://torredeenfriamientodeagua.com/>

Tiro Inducido de Flujo Cruzado

Se utilizan ventiladores axiales que mejoran la distribución del aire por toda la sección transversal del empaque o relleno de la torre en comparación del tiro forzado (ver figura 18).

Por la fuerza de extracción del aire es muy complicado controlar las pérdidas por deriva o gotas. El ventilador tiene una menor potencia comparado con los de tiro forzado y el área para colocar los eliminadores de rocío o gotas en bastante amplia. Los motores de los ventiladores deben protegerse con estándares de protección IP55 porque se ubican en las mismas corrientes del aire cálido y húmedo.

Figura 18

Torre de enfriamiento de tiro Inducido de Flujo Cruzado



Nota: De página web "todo sobre torres de enfriamiento" - cooling tower engineer
<https://torredeenfriamientodeagua.com/>

En las torres fabricadas con doble relleno, figura 19, permite realizar la descarga del aire de salida de forma vertical y no horizontal.

Figura 19

Torre de enfriamiento de tiro inducido de flujo cruzado con doble relleno



Nota: De página web "todo sobre torres de enfriamiento" - cooling tower engineer
<https://torredeenfriamientodeagua.com/>

Tiro Forzado Contra-Flujo o Contracorriente

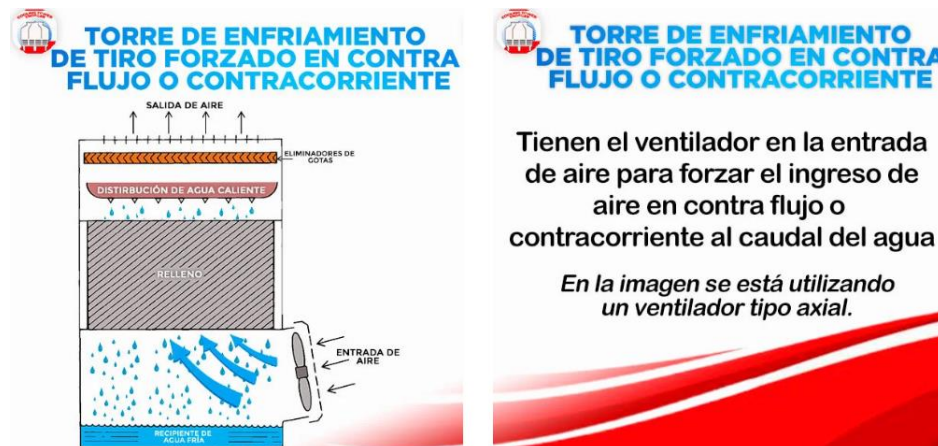
Se fuerza el ingreso de aire hacia arriba, atravesando la sección transversal del relleno, utilizando un ventilador ubicado en el nivel bajo de la torre.

Se utilizan ventiladores axiales o del tipo centrífugos.

Utilizando ventiladores centrífugos se puede reducir el ruido por la vibración porque se puede colocar y sujetar en el piso con una sujeción resistente entre la carcasa del ventilador y la torre.

Figura 20

Torre de enfriamiento de tiro forzado en contra flujo 1



Nota: De página web "todo sobre torres de enfriamiento" - cooling tower engineer
<https://torredeenfriamientodeagua.com/>

También se puede reducir la altura total de la torre porque se requiere una altura más baja para una capacidad más alta de ingreso de aire.

Figura 21

Torre de enfriamiento de tiro forzado en contra flujo - 2



Nota: De página web "todo sobre torres de enfriamiento" - cooling tower engineer
<https://torredeenfriamientodeagua.com/>

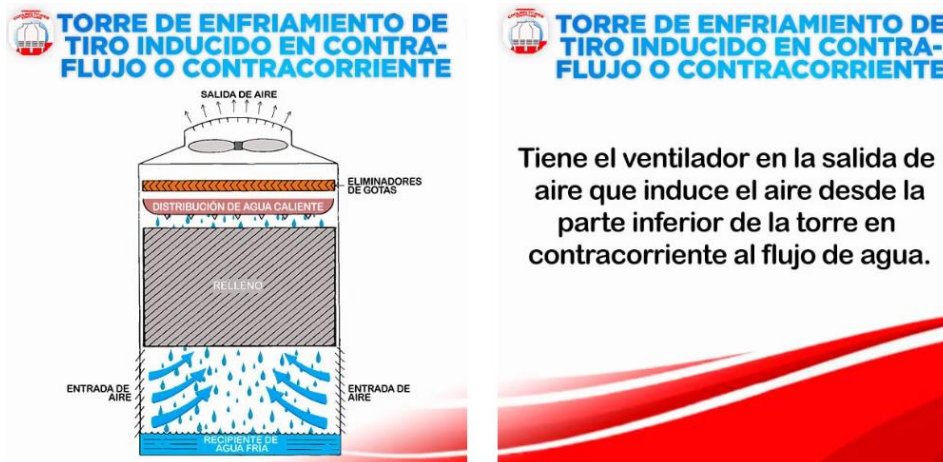
Tiro Inducido Contra-Flujo o Contracorriente

Se utilizan ventiladores del tipo axial. El aire entra a través de las aperturas ubicadas en la parte inferior de la torre. En estas torres de enfriamiento de agua se recomiendan cubrir las aperturas de aire con persianas para prevenir el ensuciamiento, contaminación y pérdidas de agua. Los fuertes aires disminuyen el rendimiento de la torre. Además, los agentes contaminantes del ambiente se introducen en el agua de refrigeración.

También se pueden utilizar varios ventiladores para apagarlos y encenderlos según las necesidades de enfriamiento y es recomendable cubrir los motores para que estén protegidos.

Figura 22

Torre de enfriamiento de tiro inducido en contra flujo



Nota: De página web “todo sobre torres de enfriamiento” - cooling tower engineer
<https://torredeenfriamientodeagua.com/>

Torres de Enfriamiento de Agua por Evaporación Indirecta

Son torres de enfriamiento para aire acondicionado en edificios, su diseño tiene un serpentín en lugar del relleno. El agua caliente que viene del condensador enfriado por el agua de la planta de refrigeración recircula por el serpentín y se enfría en la torre.

La evaporación del agua aún existe, pero en menor proporción que una torre con empaque y su capacidad de enfriamiento es menor.

Por tener un circuito cerrado, estas torres evitan la contaminación del agua, pero necesariamente se deben hacer purgas y tener un control riguroso del tratamiento del agua de la torre.

Figura 23

Torre de enfriamiento evaporativo



Nota: De página web “todo sobre torres de enfriamiento” - cooling tower engineer
<https://torredeenfriamientodeagua.com/>

Otros tipos de torres de enfriamiento

Torres de enfriamiento híbridas: Combinan características de diferentes tipos para optimizar el rendimiento.

Torres de enfriamiento evaporativas adiabáticas: Utilizan un relleno húmedo para aumentar la superficie de contacto entre el agua y el aire, mejorando la eficiencia de la evaporación.

Factores a considerar al seleccionar una torre de enfriamiento

Su capacidad de enfriamiento debe coincidir con la carga térmica del sistema de aire acondicionado, su eficiencia energética para minimizar el consumo de energía y maximizar el ahorro, el nivel de ruido generado debe ser compatible con la ubicación de la torre, los materiales de construcción deben ser resistentes a la corrosión y a los agentes atmosféricos, la disponibilidad de agua y la calidad y cantidad de agua disponible.

La selección de una torre de enfriamiento debe realizarse de manera cuidadosa,

considerando las características específicas de cada proyecto. Un diseño adecuado y una instalación correcta garantizarán un funcionamiento óptimo y una larga vida útil.

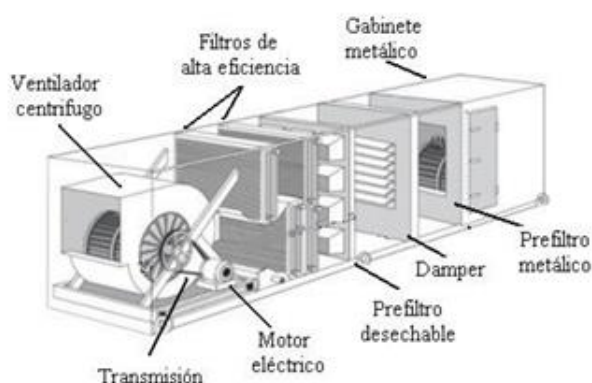
2.1.3.4 Umas y fan coils

Las Unidades Manejadoras de Aire (UMAs) son equipos de gran importancia en los sistemas de climatización, encargados de procesar grandes volúmenes de aire para acondicionarlo y distribuirlo en los espacios interiores de un edificio. Son como el corazón de un sistema de climatización, regulando la temperatura, humedad, limpieza y calidad del aire que respiramos.

Las UMAs realizan diversas funciones para garantizar un ambiente interior confortable y saludable como la filtración de partículas de polvo, polen y otros contaminantes del aire, utilizan serpentines de calefacción para aumentar la temperatura del aire en invierno, emplean serpentines de enfriamiento y agua helada para disminuir la temperatura del aire en verano, añaden humedad al aire seco para evitar problemas respiratorios y de sequedad, eliminan el exceso de humedad del aire para prevenir la condensación y el crecimiento de moho, introducen aire fresco del exterior para renovar el aire interior y mejorar la calidad del aire.

Figura 24

Partes de una unidad manejadora de aire



Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

Tipos de UMAs

Existen diferentes tipos de UMAs, clasificadas según diversos criterios:

Por el tipo de construcción: Modulares, compuestas por secciones prefabricadas que se ensamblan en el lugar de instalación. Personalizadas, diseñadas y fabricadas a medida para satisfacer necesidades específicas.

Por el tipo de flujo de aire: Horizontal, el aire fluye horizontalmente a través de la unidad (ver figura 25). Vertical: El aire fluye verticalmente a través de la unidad (ver figura 26).

Figura 25

Unidad manejadora Horizontal marca Carrier



Nota: De página web de Carrier InterAmerica Corporation

https://www.carrier.com.pe/product_listing.cfm?parent_id=7&cat_id=112

Figura 26

Unidad manejadora vertical marca Carrier



Nota: De página web de Carrier InterAmerica Corporation

https://www.carrier.com.pe/product_listing.cfm?parent_id=7&cat_id=112

Ventajas de utilizar UMAs: Se pueden adaptar a diferentes tipos de edificios y

aplicaciones, existen modelos con alta eficiencia energética, permiten un control preciso de la temperatura, humedad y calidad del aire, están construidas con materiales resistentes para una larga vida útil.

Desventajas de utilizar UMAs: Su instalación y mantenimiento pueden ser costosos, requiere un diseño e instalación cuidadoso, los ventiladores pueden generar ruido.

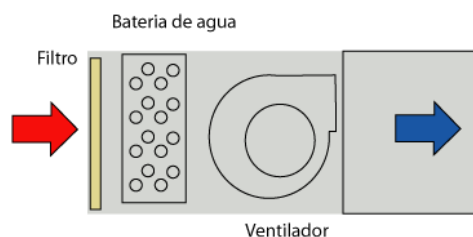
Las UMAs son equipos fundamentales en los sistemas de climatización, encargados de garantizar un ambiente interior confortable y saludable. Su diseño y funcionamiento son complejos, pero sus beneficios en términos de eficiencia energética y control del clima interior las convierten en una elección popular para edificios de gran tamaño.

Los Fan coils son unidades de climatización individuales que se instalan en los espacios interiores de un edificio. Su función principal es distribuir el aire acondicionado o caliente proveniente de un sistema centralizado.

Los componentes de un Fan Coil es el serpentín de enfriamiento o calentamiento, el ventilador que impulsa el aire a través del serpentín, filtro que captura partículas de polvo y otros contaminantes del aire, carcasa que protege los componentes (ver figura 27).

Figura 27

Componentes de un fan coil



Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

Funcionamiento de un Fan Coil

El agua fría o caliente circula a través del serpentín del fan coil, el ventilador aspira el aire del espacio interior y lo hace pasar a través del serpentín, el aire climatizado se distribuye en el espacio a través de rejillas o difusores.

Tipos de Fan Coils

Fan coils de techo: Se instalan en el techo y distribuyen el aire hacia abajo.

Fan coils de pared: Se instalan en la pared y distribuyen el aire hacia el interior de la habitación.

Fan coils de suelo: Se instalan en el suelo y distribuyen el aire hacia arriba.

Fan coils de cassette: Se instalan en el techo y tienen una apariencia discreta.

Figura 28

Tipos de fan coils



Nota: De página web de Carrier InterAmerica Corporation

https://www.carrier.com.pe/product_listing.cfm?parent_id=7&cat_id=113

Los equipos Fan Coils, permiten controlar la temperatura y la humedad en cada espacio, se pueden instalar en diferentes ubicaciones y adaptarse a diferentes necesidades, son eficientes en términos de consumo de energía, son relativamente fáciles de mantener y reparar.

Su aplicación, se utilizan en una amplia variedad de edificios, incluyendo

Oficinas: Para climatizar espacios de trabajo individuales.

Residencias: Para climatizar habitaciones y áreas comunes.

Hoteles: Para climatizar habitaciones y áreas públicas.

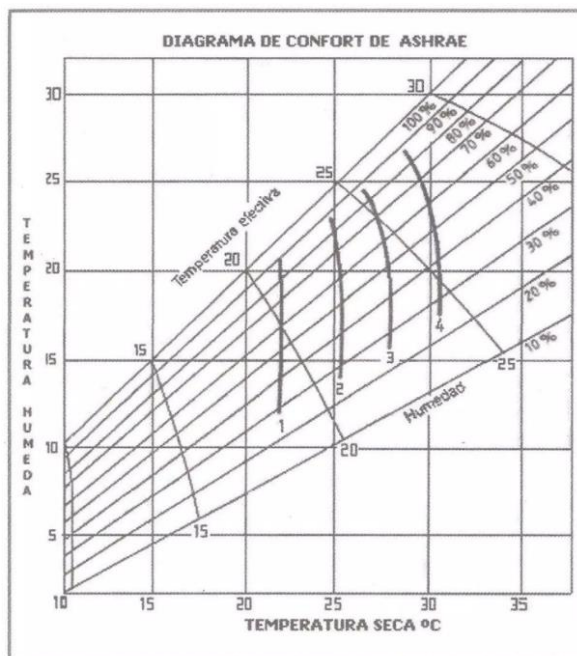
Edificios comerciales: Para climatizar tiendas, restaurantes y otros espacios.

2.1.3.5 Confort

El confort en los edificios corporativos va más allá de una temperatura agradable. Se trata de crear un entorno que no solo sea cómodo, sino que también sea productivo y saludable para los empleados. Un ambiente bien climatizado y de calidad puede aumentar la satisfacción laboral, la productividad y la retención de talento.

Figura 29

Diagrama de confort de ashrae



Nota: De ANSI/ASHRAE 62.1-2007 - Ventilación para una Calidad Aceptable de Aire Interior

<https://es.slideshare.net/slideshow/diagrama-de-confort-ashrae/13530344>

En un entorno laboral, el confort se define como la sensación de bienestar físico y psicológico de los ocupantes. Esto involucra una combinación de factores como:

Temperatura: La temperatura ideal varía según la persona y la actividad, pero generalmente se considera entre 22°C y 26°C para la mayoría de las personas.

Humedad: La humedad relativa ideal suele estar entre 40% y 60%. Una humedad muy baja puede reseca la piel y las mucosas, mientras que una humedad alta puede generar sensación de bochorno.

Calidad del aire: Un aire limpio y libre de contaminantes es esencial para nuestro bienestar. Los filtros de aire acondicionados ayudan a eliminar partículas de polvo, polen y otros alérgenos.

Distribución del aire: El aire acondicionado debe distribuir el aire de manera uniforme en toda la habitación para evitar corrientes de aire y zonas con temperaturas desiguales.

Para lograr el máximo confort con el aire acondicionado se debe Limpiar o reemplazar los filtros del aire acondicionado con frecuencia, es fundamental para mantener una buena calidad del aire. La ubicación de la unidad interior y exterior del aire acondicionado influye en su eficiencia y en la distribución del aire. Un equipo de aire acondicionado demasiado pequeño o demasiado grande puede no proporcionar el confort deseado. Los termostatos inteligentes permiten programar la temperatura y ajustar la configuración de acuerdo con las preferencias individuales y las condiciones climáticas.

2.1.4 Descripción de un Chiller Tornillo

Un chiller de tornillo es un equipo de refrigeración industrial que se utiliza para producir agua fría. Esta agua fría se distribuye a través de un sistema de tuberías para enfriar espacios o procesos industriales. El nombre "tornillo" se debe a la forma del compresor principal, que consta de dos rotores helicoidales que comprimen el refrigerante.

Funcionamiento Básico

Compresor: El corazón del chiller es el compresor de tornillo. Este componente comprime el refrigerante, elevando su presión y temperatura.

Condensador: El refrigerante comprimido y caliente pasa a través del condensador, donde libera calor y se condensa, convirtiéndose en líquido a alta presión.

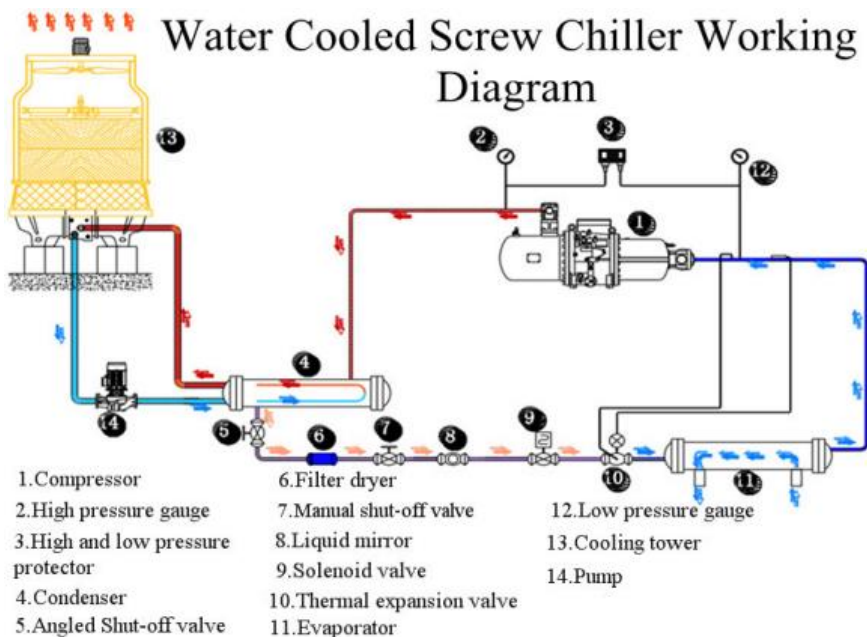
Válvula de Expansión: El líquido a alta presión pasa a través de una válvula de expansión, donde se reduce su presión y se evapora parcialmente.

Evaporador: El refrigerante parcialmente evaporado pasa a través del evaporador, donde absorbe calor del agua que circula a través de una bobina. Esta agua se enfría y es distribuida al sistema.

Retorno del Refrigerante: El refrigerante, ahora en estado gaseoso a baja presión, vuelve al compresor para iniciar nuevamente el ciclo.

Figura 30

Esquema de operación de chiller tornillo enfriado por agua

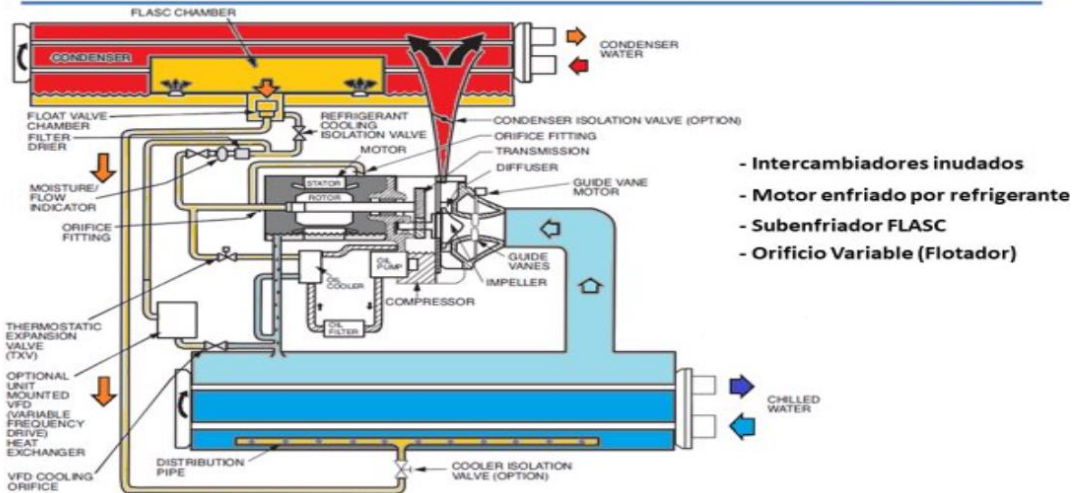


Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

Figura 31

Diagrama de ciclos de refrigeración y aceite de un compresor tornillo

DIAGRAMA DE CICLOS DE REFRIGERACION Y ACEITE



Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

Las Ventajas de los Chillers de Tornillo son conocidos por su alta eficiencia energética, especialmente en cargas parciales. Su diseño robusto y la ausencia de válvulas móviles los hacen equipos muy fiables. Se fabrican en una amplia gama de capacidades, lo que los hace adecuados para una gran variedad de aplicaciones. Comparados con otros tipos de compresores, los compresores de tornillo generan menos ruido.

Los chillers de tornillo se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, climatización de edificios comerciales e industriales (oficinas, centros comerciales, hospitales, etc.), procesos industriales (enfriamiento de equipos, productos y procesos), sistemas de aire acondicionado central (grandes edificios y complejos).

Los chillers de tornillo son equipos de refrigeración altamente eficientes y fiables, utilizados en una amplia variedad de aplicaciones. Su diseño robusto y su capacidad de adaptarse a diferentes condiciones los convierten en una opción popular en la industria de la refrigeración.

2.1.5 Partes de un Chiller tornillo

2.1.5.1 Funcionamiento de evaporador del Chiller :

En el evaporador se produce el enfriamiento del agua que será distribuida al sistema. El refrigerante, en estado líquido a baja presión, ingresa al evaporador, al entrar en contacto con las tuberías del evaporador, que están rodeadas por el agua que se desea enfriar, el refrigerante comienza a absorber calor de esta agua, debido a la absorción de calor, el refrigerante cambia de estado, pasando de líquido a gas. Este cambio de fase requiere una gran cantidad de energía, la cual es tomada del agua circulante, al ceder calor al refrigerante, el agua que circula por las tuberías del evaporador se enfría. El refrigerante, ahora en estado gaseoso, sale del evaporador y se dirige al compresor para iniciar nuevamente el ciclo.

Figura 32

Esquema de funcionamiento de un evaporador de chiller tornillo con variador

30XWV 160 – 460TON Variable Speed Drive

Evaporador



Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

Un evaporador es importante por que es el punto clave en el ciclo de refrigeración donde se produce la transferencia de calor del agua al refrigerante. Permite obtener el agua fría necesaria para los diferentes procesos de enfriamiento. Un evaporador eficiente contribuye a mejorar el rendimiento general del chiller.

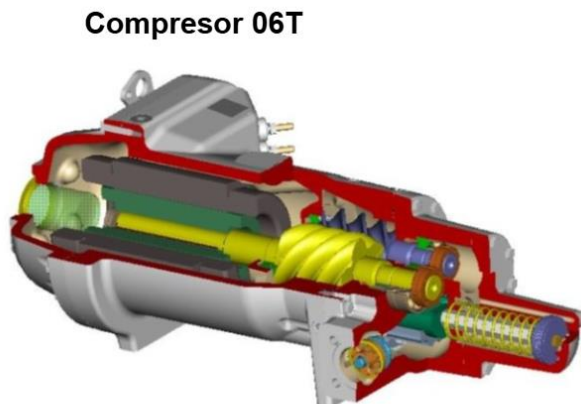
Una velocidad adecuada mejora la transferencia de calor, una mayor diferencia de temperatura entre el refrigerante y el agua aumenta la eficiencia, una mayor superficie permite una mayor transferencia de calor, la acumulación de suciedad puede reducir la eficiencia.

2.1.5.2 Funcionamiento de compresor del sistema Chiller

Un compresor de tornillo es un tipo de compresor que utiliza dos rotores helicoidales (uno macho y otro hembra) para comprimir el refrigerante. Estos rotores giran en direcciones opuestas, atrapando el refrigerante entre sus perfiles y reduciendo su volumen progresivamente. A medida que el refrigerante queda atrapado y se desplaza hacia el centro de los rotores, aumenta su presión.

Figura 33

Esquema y Capacidades de un compresor modelo 06T tornillo Carrier



Compresor 06T

COMPRESOR	CAPACIDAD
06TS1	45-TONS
06TS2	50-TONS
06TS3	60-TONS
06TT1	90-TONS
06TT2	100-TONS
06TT3	120-TONS
06TU1	165-TONS
06TU2	185-TONS

Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

Aspiración: El aire entra por la entrada del compresor y llena los espacios entre los rotores.

Compresión: A medida que los rotores giran, el aire queda atrapado en los espacios cada vez más pequeños entre los perfiles, aumentando su presión.

Descarga: El aire comprimido es expulsado por una salida, generalmente hacia un receptor o un sistema de distribución.

Partes Principales de un Compresor de Tornillo:

Rotores: Los elementos clave de compresión, que pueden ser lubricados o sin lubricar.

Carcasa: Contiene los rotores y proporciona una cámara de compresión.

Motor: Proporciona la energía necesaria para hacer girar los rotores.

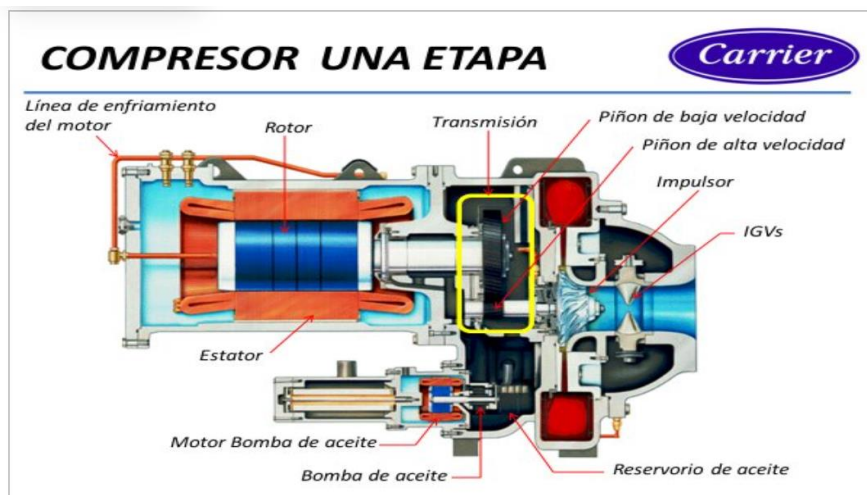
Sistema de lubricación: En los compresores lubricados, suministra aceite para lubricar los rotores y refrigerar el aire comprimido.

Separador de aceite: Separa el aceite del aire comprimido.

Válvulas: Controlan el flujo de aire y regulan la presión.

Figura 34

Partes de compresor tornillo Carrier de una etapa

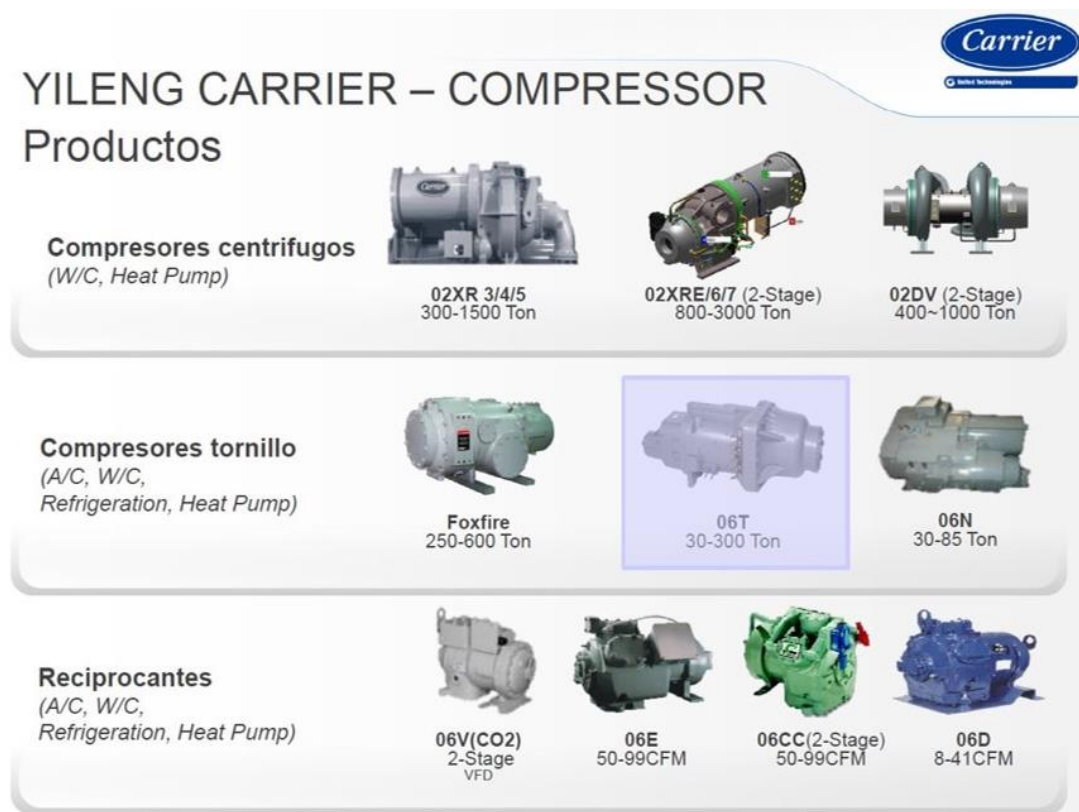


Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

Ventajas de los Compresores de Tornillo: Ofrecen un alto rendimiento volumétrico y una menor pérdida de energía por fricción, la compresión es continua y uniforme, lo que reduce las vibraciones y el ruido, los componentes son robustos y diseñados para un uso prolongado, se encuentran disponibles en una amplia variedad de tamaños para adaptarse a diferentes necesidades (ver figura 35).

Figura 35

Modelos de compresores tornillo Carrier y capacidades marca Carrier



Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

2.1.5.3 Funcionamiento del condensador del sistema Chiller

El condensador es un componente crucial en el ciclo de refrigeración de un chiller de tornillo. Su función principal es convertir el refrigerante de un estado gaseoso a un estado líquido. Esto se logra mediante la eliminación del calor del refrigerante.

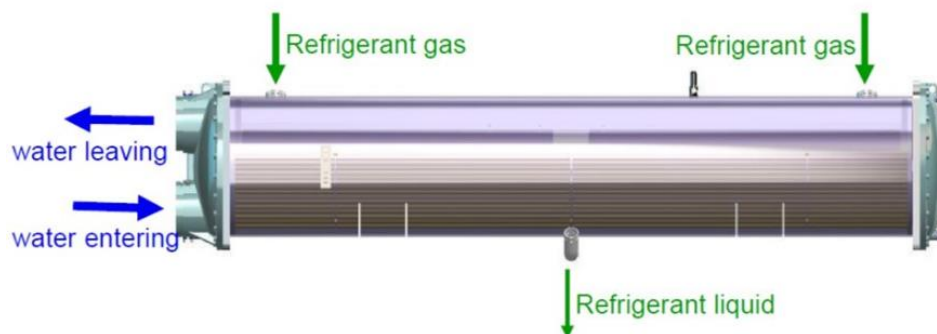
En el funcionamiento del condensador el refrigerante, en estado gaseoso y a alta presión y temperatura, ingresa al condensador desde el compresor. El refrigerante caliente entra en contacto con una superficie fría, ya sea aire o agua, que actúa como medio de enfriamiento. Al perder calor hacia el medio de enfriamiento, el refrigerante se enfría y cambia de estado, pasando de gas a líquido. El refrigerante líquido a alta presión sale del condensador y se dirige a la válvula de expansión.

Figura 36

Esquema de funcionamiento de un condensador de chiller tornillo con variador

30XWV 160 – 460TON Variable Speed Drive

Condensador



Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

Tipos de condensadores

- **Enfriados por aire:** El calor del refrigerante se disipa al aire ambiente a través de aletas y ventiladores.
- **Enfriados por agua:** El calor del refrigerante se transfiere a un circuito de agua, que a su vez puede ser enfriado por una torre de enfriamiento o por un cuerpo de agua.

La importancia del condensador es por el control de la temperatura del refrigerante antes de

que entre a la válvula de expansión. Un condensador eficiente mejora el rendimiento del chiller al garantizar una adecuada condensación del refrigerante. Un condensador sobrecalentado puede dañar el compresor.

Los factores que afectan el rendimiento del condensador es un flujo inadecuado del medio de enfriamiento, la acumulación de suciedad en las superficies del condensador reduce la eficiencia, una temperatura más baja del medio de enfriamiento facilita la condensación.

CAPÍTULO III: Desarrollo del trabajo

3.1 Unidad de estudio

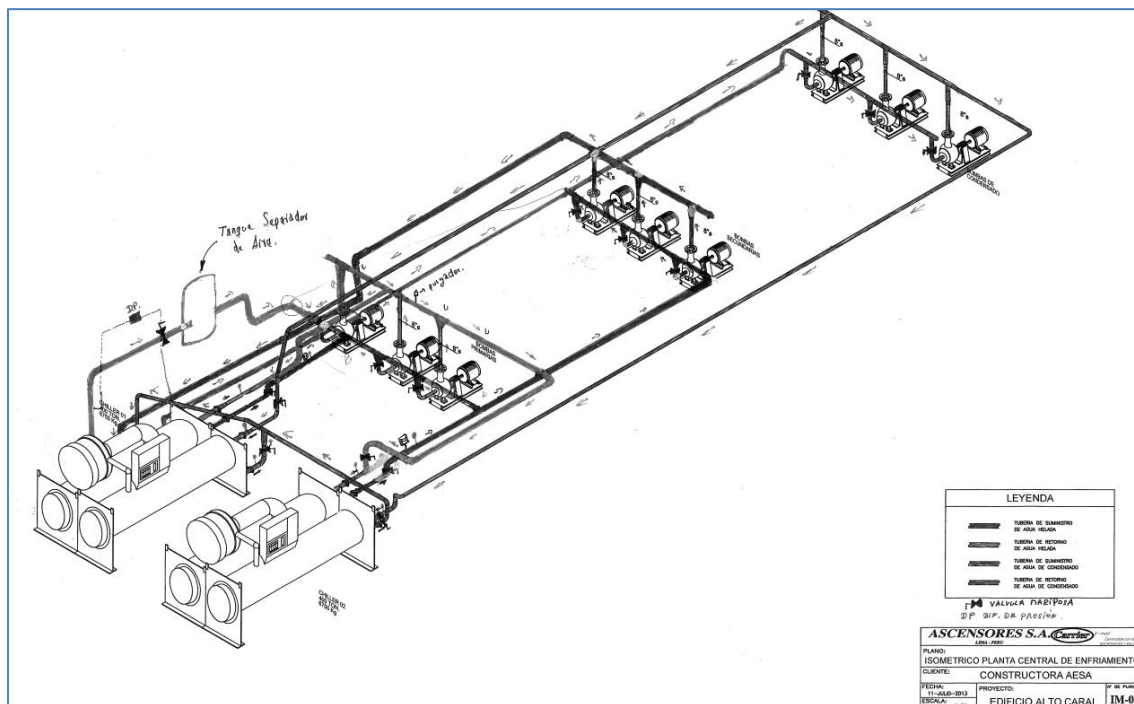
El edificio Alto Caral es un edificio corporativo A+ con Certificación Leed de 21 pisos ubicado en la Av Dionisio Derteano 150, San Isidro Lima-Perú, es un edificio destinado para el alquiler de oficinas.

La unidad de estudio es la planta de agua helada de este edificio que está conformada:

- 02 chillers centrífugos de 400 toneladas de refrigeración.
- 02 torres de enfriamiento de 1200 galones por minuto.
- 03 bombas primarias de 960 GPM y de 20 HP de las cuales 01 está en reserva.
- 03 bombas de condensados de 960 GPM y de 30 HP de las cuales 01 está en reserva.
- 03 bombas de secundarias de 960 GPM y de 25 HP de las cuales 01 está en reserva.

Figura 37

Distribución de equipos en sala de máquinas de edificio Alto Caral



Los 2 chillers tipo centrífugos de 400 toneladas de refrigeración abastecen al edificio cuya máxima demanda es de 400 TR. En el anexo 7 se detalla el cálculo y determinación del mes, día y hora de mayor carga térmica.

Teniendo en consideración la variación de la demanda en función de la temperatura exterior (estacional) y la ocupación del edificio (días laborables y no laborables) esta demanda puede sufrir una drástica disminución ocasionando que la maquina sea forzada a operar en rangos inferiores a los de diseño.

Cada chiller centrifugo tiene una capacidad máxima 400 TR y una capacidad mínima permisible del 40% de su capacidad total, ósea 160 TR. Esto debido principalmente a las características propias de diseño y operación de este tipo de maquina donde se requiere que el desplazamiento de refrigerante internamente sea tal que cumpla los rangos mínimos requeridos por el fabricante.

En las temporadas de baja temperatura exterior y los días de baja demanda (sábados y domingos), estos equipos chillers centrífugos presentan problemas de operación debido a constantes alarmas de protección como:

- Bajo nivel de aceite
- Baja presión de aceite
- Exceso de arranques

Esto genera los siguientes problemas:

- Paralización del chiller y dejar sin aire acondicionado al edificio.
- Excesivo consumo eléctrico por los arranques continuos.
- Generación de correctivos para recargas de aceite y proceso de recuperación de aceite.

- Reducción de vida útil de los componentes, principalmente del compresor.

Todos estos problemas generan sobre costos en la operación de los chiller y del sistema de aire acondicionado, en especial el alto consumo eléctrico que afecta enormemente la eficiencia del sistema.

3.2 Técnicas e instrumentos de medición para elaboración del perfil de carga del edificio

El instrumento de medición empleado en la investigación será la ficha de registro de datos (ver anexo 4), en ella se registra información del estado de operación del chiller con las medidas de los transductores de presión, las temperaturas de ingreso y salida (°F) de agua, caudal del agua de las bombas primarias, parámetros eléctricos, desbalances, porcentaje de capacidad, etc.

Usaremos la técnica de observación de campo no experimental, porque recolectaremos datos para elaborar un historial anual para determinar el comportamiento del chiller en función de la capacidad requerida.

Durante la operación de año de evaluación (2019) hemos podido observar las características de la demanda del edificio la cual se comporta en promedio de la siguiente manera (ver tabla 1).:

Tabla 1*Perfil de carga promedio de chiller centrifugo de 400 TR por mes y día (año 2019)*

	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO		DOMINGO	
MES	% CARGA	TR	% CARGA	TR	% CARGA	TR	% CARGA	TR	% CARGA	TR	% CARGA	TR	% CARGA	TR
ENERO	90%	360	92%	368	94%	376	89%	356	95%	380	37%	148	20%	80
FEBRERO	92%	368	91%	364	90%	360	82%	328	93%	370	50%	200	25%	100
MARZO	85%	340	92%	368	95%	380	88%	352	93%	372	45%	180	23%	92
ABRIL	62%	248	60%	240	55%	220	58%	232	63%	252	25%	100	15%	60
MAYO	58%	232	60%	240	60%	240	58%	232	52%	208	22%	88	10%	40
JUNIO	52%	208	48%	192	56%	224	60%	240	56%	224	20%	80	12%	48
JULIO	58%	232	42%	168	48%	192	58%	232	60%	240	21%	84	8%	30
AGOSTO	43%	172	41%	164	39%	156	35%	140	37%	148	27%	108	14%	56
SETIEMBRE	52%	208	54%	216	48%	192	54%	216	56%	224	20%	80	20%	80
OCTUBRE	59%	236	58%	232	60%	240	57%	228	56%	224	30%	120	19%	76
NOVIEMBRE	68%	272	62%	248	67%	268	71%	284	69%	276	35%	140	10%	40
DICIEMBRE	85%	340	89%	356	81%	324	79%	316	84%	336	43%	172	20%	80

Tabla 2*Resumen de perfil de carga en alta temperatura exterior (noviembre a abril 2019)*

DIAS DE SEMANA	% CARGA		TR	
	MIN	MAX	MIN	MAX
lunes a viernes	55	95	220	380
Sábados	35	50	140	200
Domingos	10	25	40	100

Tabla 3*Resumen de perfil de carga en baja temperatura exterior (mayo a octubre 2019)*

DIAS DE SEMANA	% CARGA		TR	
	MIN	MAX	MIN	MAX
lunes a viernes	35	60	140	240
Sábados	20	30	80	120
Domingos	8	20	30	80

En la tabla número 1 se muestra perfil de carga promedio de la operación del chiller centrífugo de 400 TR por mes y día. Esto se elaboró en base a información de un año con data de las constancias de parámetros de operación del chiller tomadas en forma diaria.

En la tabla número 2 y tabla número 3 se muestra el perfil de carga resumidas de acuerdo a los meses de alta y baja temperatura exterior, el cual nos indica los máximos y mínimos de carga requerida.

En la tabla número 4 se muestra el estado actual de operación del chiller mostrando la ineficiencia que tiene generando alto consumo eléctrico para baja cargas de acuerdo al porcentaje de carga.

Tabla 4*Consumo en kW y COP del chiller centrífugo de 400 TR*

% DE CARGA	TR	CONSUMO (kW)	COP
10	40	86.0	1.64
15	60	87.0	2.43
20	80	75.2	3.74
25	100	85.0	4.14
30	120	86.2	4.90
35	140	95.2	5.17
40	160	96.3	5.84
45	180	99.0	6.39
50	200	101.6	6.92
55	220	111.3	6.95
60	240	122.4	6.90
65	260	133.6	6.84
70	280	144.5	6.82
75	300	155.7	6.78
80	320	168.0	6.70
85	340	180.5	6.62
90	360	194.8	6.50
95	380	209.0	6.39
100	400	224.0	6.28

3.3 Resultados de la medición y elaboración del perfil de carga del edificio.

De acuerdo a los cuadros anteriores se observa lo siguiente:

Los chillers centrífugos no pueden operar con menos del 40% de su capacidad en forma sostenida (160 TR). En las épocas de mayor temperatura exterior los chillers pueden operar de lunes a viernes sin ninguna restricción salvo condiciones especiales que lo obliguen a una disminución drástica de la demanda, en cuyo caso deberá ponerse fuera de servicio.

Los chillers centrífugos no pueden operar los sábados en ninguna época del año debido a la baja demanda de carga en el edificio (140 toneladas de refrigeración).

Los chillers centrífugos no deben operar los días domingos en ninguna época del año debido a la falta de carga térmica suficiente para ponerlo en servicio.

Los chiller pueden operar de lunes a viernes en épocas de baja temperatura exterior. Sin embargo, teniendo en cuenta que existe la posibilidad de que se presenten días con muy baja demanda y baja temperatura exterior que obliguen al equipo a operar debajo del 40% de su capacidad, estos deben ponerse fuera de servicio. Aun en los días de semana de lunes a viernes existe la posibilidad de baja demanda en el edificio que obligaría a parar las unidades para evitar daños internos.

3.4 Selección de la capacidad del chiller para el perfil de carga elaborado.

La alternativa más adecuada de solución es la instalación de un chiller de menor capacidad al actual cuyas características de diseño le permitan operar hasta con una capacidad mínima de 40 TR. La selección de este chiller permitiría que el sistema pueda operar en épocas frías o calurosas e inclusive los sábados y domingos con un menor costo de energía.

La capacidad del chiller a seleccionar es de 200 TR la cual debe tener circuitos independientes que permita operar a carga mínima de 40 TR.

3.4.1 Tipo de chiller a seleccionar

Debido a que el sistema actual tiene 02 torres de enfriamiento, se va a mantener la tipología del chiller para no modificar completamente el sistema actual, así mismo se va a mantener la marca Carrier para que no haya problemas con el sistema integrado de control I-Vu que maneja la operación del sistema de agua helada del edificio.

Tipo: Chiller enfriado por agua marca Carrier.

3.4.2 Modelo de Chiller a seleccionar

De acuerdo a lista de equipos chiller que produce la marca Carrier (ver figura 38) para esta capacidad de 200 Toneladas de refrigeración se tienen como opción:

- Chiller tornillo 30HXC con configuración de varios compresores tornillo sin variador
- Chiller tornillo 30XW con 1 o 2 compresores tornillo sin variador
- Chiller tornillo 30XWV con 1 compresor tornillo con variador

Figura 38

Tipos de chillers y capacidades de la marca Carrier



Nota: De presentación del programa de Certificación Técnica Carrier LatAm 2015.

De acuerdo con la ficha de selección de estos chillers tornillos donde se indica su capacidad mínima de operación, se evalúa esta capacidad.

30XW-V200 : Capacidad mínima de operación : 20% (47 toneladas de refrigeración)

30XW-0200 : Capacidad mínima de operación : 30% (60 toneladas de refrigeración)

30HXC206 : Capacidad mínima de operación : 13% (27 toneladas de refrigeración)

CHILLER SELECCIONADO:

Marca: CARRIER

Modelo: 30HXC206

Figura 39

Características de operación de chiller tornillo 30HXC206

30 Series Chillers Submittal Sheet	
Job Name: ALTO CARAL	
Prepared by : ASCENSORES S.A.	
UnitTag Information	
UnitTag Name	ch-1
Location	
Buyer P.O.	
Date	14/11/2013
Program Version	2.93
Unit Size	
Unit Size	30HXC206***6****
Cooling Capacity	215.1 Tons
Compressor Input Power	147.8 kW
Unit Input Power	147.8 kW
Capacity control steps	8
Minimum Capacity	13.0 %
Input kw/Ton	.687
Unit EER	17.46
Refrigerant	R134a
Cooler Data	
Fluid Type	Fresh Water
Fluid Entering Temperature	55.0 °F
Fluid Leaving Temperature	45.0 °F
Fluid Flow Rate	515.8 gpm
Fluid Pressure Drop	15.1 ft wg
Fluid Velocity	5.4 ft/s
Fouling Factor	0.0001 (hr-sqft-F)/Btu
Foul. Fact. Temp. Adj.	.39 °F
SST	
Circuit A	44.5 °F
Circuit B	42.8 °F
Outside Surface Area	418.9 sqft
Condenser Data	
Fluid Type	Fresh Water
Fluid Entering Temperature	85.0 °F
Fluid Leaving Temperature	95.0 °F
Fluid Flow Rate	612.0 gpm
Fluid Pressure Drop	19.5 ft wg
Fluid Velocity	6.3 ft/s
Fouling Factor	0.00025 (hr-sqft-F)/Btu
Foul. Fact. Temp. Adj.	1.11 °F
SDT	
Circuit A	97.2 °F
Circuit B	100.2 °F
Outside Surface Area	445.9 sqft
Factory Options	
Flt. Control Type	EXV

Figura 40

Características de operación de chiller tornillo 30XWV200



Unit Information

Tag Name:.....Untitled1
Model Number:.....30XW-V200
Condenser Type:.....Water Cooled
Nameplate Voltage:.....460-3-60 V-Ph-Hz
Quantity:.....1
Manufacturing Source:.....Shanghai, China
Chiller Type:.....Cooling
Operating Mode:.....Cooling
Refrigerant:.....R134a
Minimum Capacity:.....20.00 %
Shipping Weight:.....9669 lb
Operating Weight:.....9281 lb
Unit Length:.....130 in
Unit Width:.....50 in
Unit Height:.....77 in

Performance Information

Cooling Capacity:.....235.5 Tons
Heating Capacity:.....276.0 Tons
Total Unit Power:.....150.8 kW
Cooling Efficiency (EER):.....18.75 BTU/Wh
Heating Efficiency (COPH):.....6.438 kW/kW
IPLV/IP:.....33.03 BTU/Wh

Acoustics Information

A-Weighted Sound Pressure Level:.....82 dBA

Evaporator Information

Fluid Type:.....Fresh Water
Fouling Factor:.....0.000102 (hr-sqft-F)/BTU
Leaving Temperature:.....44.60 °F
Entering Temperature:.....53.60 °F
Fluid Flow:.....626.0 gpm
Pressure Drop:.....16.2 ft H2O

Condenser Information

Fluid Type:.....Fresh Water
Fouling Factor:.....0.000250 (hr-sqft-F)/BTU
Leaving Temperature:.....95.00 °F

3.4.3 Selección de Bombas de agua primaria y de condensado.

De acuerdo al chiller seleccionado 30HXC210 se tiene los siguientes caudales de agua en GPM para la selección de las bombas primarias y secundarias.

Bomba Primaria: 516 GPM Head / FT (total) : 45

Bomba de condensado: 612 GPM Head / FT (total) : 80

Figura 41

Datos de caudales de agua de chiller seleccionado 30HXC206

30 Series Chillers Submittal Sheet	
Job Name: ALTO CARAL	
Prepared by : ASCENSORES S.A.	
UnitTag Information	
UnitTag Name	ch-1
Location	
Buyer P.O.	
Date	14/11/2013
Program Version	2.93
Unit Size 30HXC206***6***	
Cooling Capacity	215.1 Tons
Compressor Input Power	147.8 kW
Unit Input Power	147.8 kW
Capacity control steps	8
Minimum Capacity	13.0 %
Input kw/Ton	.687
Unit EER	17.46
Refrigerant	R134a
Cooler Data	
Fluid Type	Fresh Water
Fluid Entering Temperature	55.0 °F
Fluid Leaving Temperature	45.0 °F
Fluid Flow Rate	515.8 gpm
Fluid Pressure Drop	15.1 ft wg
Fluid Velocity	5.4 ft/s
Fouling Factor	0.0001 (hr-sqft-F)/Btu
Foul. Fact. Temp. Adj.	.39 °F
SST	
Circuit A	44.5 °F
Circuit B	42.8 °F
Outside Surface Area	418.9 sqft
Condenser Data	
Fluid Type	Fresh Water
Fluid Entering Temperature	85.0 °F
Fluid Leaving Temperature	95.0 °F
Fluid Flow Rate	612.0 gpm
Fluid Pressure Drop	19.5 ft wg
Fluid Velocity	6.3 ft/s
Fouling Factor	0.00025 (hr-sqft-F)/Btu
Foul. Fact. Temp. Adj.	1.11 °F
SDT	
Circuit A	97.2 °F
Circuit B	100.2 °F
Outside Surface Area	445.9 sqft
Factory Options	
Flt. Control Type	EXV

En el anexo 3 se muestran los submittal de las bombas primarias y de condensados seleccionados.

3.4.4 Montaje de chiller y Bombas de agua.

Seleccionado el tipo de chiller y las bombas de agua para el caudal que manejará este chiller, se procede a definir la forma de esta instalación que dependerá del costo a involucrar.

Opción 1: Montaje de chiller seleccionado en paralelo a los ya existentes.

Se considera instalar el chiller de 200 toneladas de refrigeración en paralelo a los chiller de 400 toneladas. Aquí se instalará toda una red de tuberías adicionales para los circuitos de las 02 bombas primarias y de las 02 bombas de condensado, así como una línea de alimentación eléctrica adicional.

Opción 2: Reemplazo de uno de los chiller existente.

Se considera desmontar un chiller centrífugo de 400 toneladas de refrigeración y colocar en su reemplazo el chiller de 200 toneladas de refrigeración. Su red de tuberías para las 02 bombas primarias y de las 02 bombas de condensado serán las mismas con algunas adaptaciones, se utilizará la misma acometida eléctrica existente.

Los costos que involucran estas dos opciones son:

Opción 1: US \$ 254,046.00 + IGV

Opción 2 : US \$ 180,605.20 + IGV

Se define por la opción N° 2 que es la más económica para realizar esta instalación, el cual es el reemplazo de 01 chiller centrífugo de 400 toneladas de refrigeración por 01 chiller tornillo de 200 toneladas de refrigeración.

En el anexo 1 se muestra los planos de montaje y características de operación del chiller tornillo de 200 toneladas de refrigeración.

3.5 Manual de operación básico del chiller

Considerando las capacidades y eficiencias de los 2 chiller se plantea el siguiente modelo de operación para obtener una eficiencia energética optima y cumplir con el acondicionamiento en temporadas de baja demanda.

La operatividad de la planta se iniciará con la operación del chiller tornillo seleccionado de 200 toneladas de refrigeración hasta alcanzar el 90% de capacidad de enfriamiento y que luego de permanecer en esa situación por encima de 20 min iniciará la operación el chiller centrífugo de 400 toneladas de refrigeración y el chiller tornillo comenzará el apagado. Una vez que el chiller centrífugo disminuya su capacidad de enfriamiento por debajo del mínimo permitido (160 toneladas de refrigeración) se apagará y comenzará el funcionamiento del chiller tornillo. Este proceso se irá repitiendo a lo largo del año.

El nuevo arreglo de bombas es el siguiente:

Bombas Primarias: 02 bombas de 516 GPM y de 15 HP de las cuales 01 estará en reserva. Funcionaran con el chiller tornillo de 200 Toneladas de refrigeración

02 bombas de 960 GPM y 20 HP de las cuales 01 estará en reserva. Funcionaran con el chiller centrífugo de 400 Toneladas de refrigeración

Bombas de Condensación: 02 bombas de 612 GPM y de 25 HP de las cuales 01 estará en reserva. Funcionaran con el chiller tornillo de 200 Toneladas de refrigeración

02 bombas de 960 GPM y 30 HP de las cuales 01 estará en reserva. Funcionaran con el chiller centrífugo de 400 Toneladas de refrigeración

Bombas secundarias: 02 bombas secundarias de 960 GPM y 25 HP trabajan en paralelo y 01 estará en reserva.

Las torres de enfriamiento permanecerán inalterables.

El sistema incluye el operador de interfase I-Vu de Carrier, software, controladores, sensores de temperatura programación.

Figura 42

Plano de Distribución de nuevos equipos en sala de máquinas de edificio.

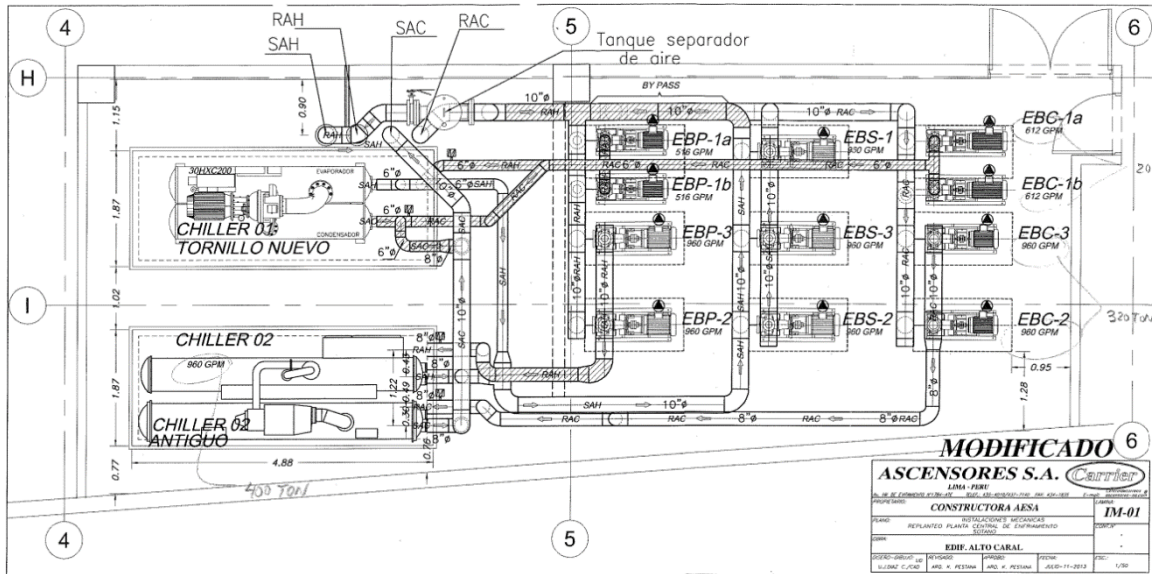
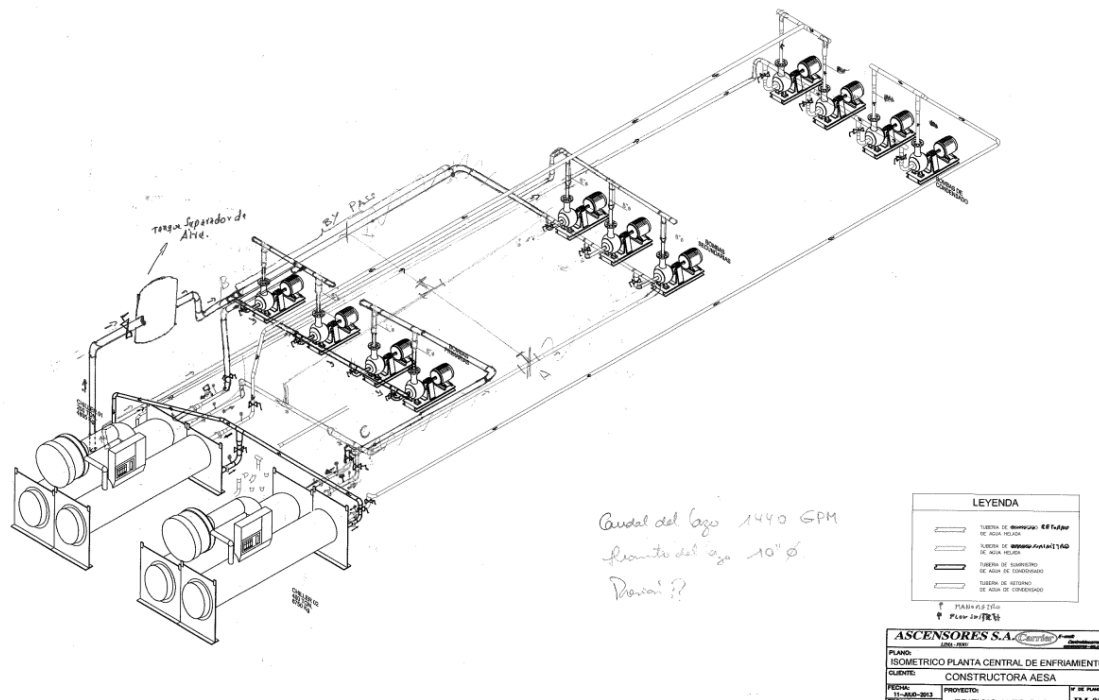


Figura 43

Isométrico de equipos en sala de máquinas de edificio.



3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos de la nueva instalación.

Se utilizará la ficha de registro de datos, en ella se registra información del estado de operación del chiller con las medidas de los transductores de presión, las temperaturas de ingreso y salida (°C) de agua, caudal del agua de las bombas primarias, parámetros eléctricos, desbalances, porcentaje de capacidad, etc.

Para la recolección de datos se utilizó diferentes equipos que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 5

Instrumentos calibrados utilizados en toma de datos de chillers

Item	Nombre	Marca y modelo	Punto de medición	Componente	Equipo	Error	Figura
1	Pinza amperimét	Fluke 376	Alimentación del compr	Compresor	Chiller	2%	
2	Manómetro de al	Desconocido	Salida de compresor	Tubería de cobre	Chiller	5%	
3	Manómetro de b	Desconocido	Entrada al compresor	Tubería de cobre	Chiller	5%	
4	Pirómetro	Fluke 561	Varios puntos	Varios componer	Chiller y tor	3%	
5	Caudalímetro	Desconocido	Tubería de agua	Tubería de salida	Chiller y tor	5%	

CAPÍTULO IV: Resultados

4.1 Análisis de resultados

Se realiza una base de datos de los parámetros tomados diariamente en función del porcentaje de carga en ambos chillers. Se elabora el siguiente cuadro con los Coeficiente de desempeño (COP) y consumo eléctrico en kW.

Tabla 6

Consumo eléctrico y COP del chiller tornillo de 200 TR

% DE CARGA	TR	CONSUMO (kW)	COP
20	40	40.9	3.44
25	50	46.2	3.80
30	60	46.9	4.50
35	70	51.8	4.75
40	80	52.4	5.37
45	90	53.9	5.88
50	100	55.3	6.36
55	110	60.6	6.39
60	120	66.6	6.34
65	130	72.7	6.29
70	140	78.6	6.26
75	150	84.7	6.23
80	160	91.4	6.16
85	170	98.2	6.09
90	180	105.9	5.97
95	190	113.7	5.88
100	200	121.9	5.77

En la tabla numero 6 se muestra en función del porcentaje de carga del chiller tornillo de 200 TR el consumo eléctrico y el COP.

Tabla 7*Consumo en eléctrico y COP del chiller centrífugo de 400 TR*

% DE CARGA	TR	CONSUMO (kW)	COP
50	200	101.6	6.92
55	220	111.3	6.95
60	240	122.4	6.90
65	260	133.6	6.84
70	280	144.5	6.82
75	300	155.7	6.78
80	320	168.0	6.70
85	340	180.5	6.62
90	360	194.8	6.50
95	380	209.0	6.39
100	400	224.0	6.28

En la tabla numero 7 se muestra en función del porcentaje de carga del chiller centrífugo de 400 TR el consumo eléctrico y el COP.

4.2 Discusión de resultados

Una vez realizado el levantamiento de datos, se comprobó que ambos chillers actualmente operan correctamente y ya no tienen problemas de migración de aceite y paradas intempestivas que afectan el normal funcionamiento del sistema de aire acondicionado del edificio, esto incluye los días sábados y domingos que son los días donde hay menor porcentaje de carga y ocurrían los problemas de migración de aceite.

El consumo eléctrico en las temporadas de baja demanda baja sustancialmente con el empleo del chiller suministrado de 200 Toneladas de refrigeración al igual que su coeficiente de desempeño (COP) se mantiene alto, el cual está dentro de la eficiencia estimada, a excepción de los días domingos donde su COP es menor a 6, debido al porcentaje de mínima capacidad de este chiller (13%), pero se ha eliminado completamente los problemas de cortociclajes y migración de aceite en el chiller.

El chiller centrífugo de 400 toneladas de refrigeración presenta un alto coeficiente de desempeño (COP) debido a que su operación está restringida solo para requerimientos alta demanda de carga térmica de acuerdo al manual de operación del chiller.

En el anexo numero 2 se muestra la tabla de eficiencias para chillers enfriados por agua donde se indica que una buena eficiencia es para valores de COP mayores a 6.

En la tabla numero 8 se indica los valores de ahorro de energía con el uso del chiller tornillo de 200 TR y se observa que cuando llega a 180 TR (90% de su capacidad) se pone en operación el chiller centrífugo de 400 TR al ser este chiller mas eficiente.

Tabla 8

Porcentaje de ahorro de energía con el uso del chiller tornillo seleccionado.

TR	AHORRO DE ENERGIA Kw	%DE AHORRO
40	45.1	52%
60	40.1	46%
80	44.4	46%
100	29.7	35%
120	19.6	23%
140	16.6	17%
160	4.9	5%
180	-6.9	-7%
200	-20.3	-20%

Conclusiones

1. Se seleccionó adecuadamente el Chiller enfriado por agua para las condiciones de baja demanda en el edificio y se valida su implementación en el sistema actual con los datos registrados en campo, obteniéndose mejoras en la eficiencia energética (COP) y carga térmica en condiciones de baja demanda.

Ya no se registra problemas de migración de aceite por paradas intempestivas del chiller por cortociclaje y no hay problemas en el suministro de aire acondicionado del edificio.
2. Se seleccionó la opción técnica y económica más aceptable para su adaptación al sistema actual sin alterar el suministro de agua de las torres de enfriamiento. Se verificó la correcta instalación del chiller de 200 Toneladas de refrigeración y de las 02 bombas primarias y 02 bombas de condensado seleccionadas para este chiller.
3. Se obtuvo los valores de eficiencia energética esperados con la instalación del chiller de 200 toneladas de refrigeración. Su operación en condiciones de baja demanda obtuvo valores de consumo eléctrico bajo y alto COP (mayores a 6). A excepción de los días domingos donde el COP del chiller tornillo de 200 TR es menor a 6.
4. Se consigue reducir el consumo eléctrico en un 52.4% en los meses de baja demanda, los domingos que son los más bajos en demanda se reduce el consumo eléctrico de 86 kW a 40.9 kW.
5. Se generó una base de datos, para obtener los resultados expuestos utilizando la información documentaria técnica. Los documentos técnicos están expuestos en los anexos, tales como planos de distribución de equipos (Anexo 1), un plan de mantenimiento del Chiller (Anexo 5), un manual de operación básico.

6. Con el modelo energético generado se permite predecir cuanto es el consumo de energía anual en base al funcionamiento del chiller, esto es de gran ayuda para elegir la estrategia de control que contribuye a un mayor ahorro de energía. Además, el modelamiento energético al predecir el consumo de electricidad en kWh, y utilizando un factor de precio de la electricidad en kWh, se puede calcular el consumo y ahorro de energía en dinero.

Recomendaciones

1. Se recomienda tener en un programa de mantenimiento preventivo los equipos de aire acondicionado para asegurar la operatividad de sus diversos componentes, especialmente de los 2 chiller instalados (ver anexo 5). Igualmente programar anualmente las limpiezas químicas y mecánicas de los intercambiadores del chiller y torres de enfriamiento para optimizar las eficiencias operativas de estos equipos (ver anexo 6).
2. Es necesario un estudio de tiempo de operación de cada chiller en función del procedimiento de operación del sistema para determinar las horas de operación y vida útil de estos chillers.
3. Hacer una evaluación energética y medida del COP del Chiller anualmente, para verificar su disponibilidad y buen performance.
4. Es necesario optimizar la selección de chillers para edificios de alto rendimiento. El método más preciso es determinar el perfil de carga de enfriamiento anual bajo diferentes condiciones ambientales. Para los edificios existentes, el perfil de la carga de refrigeración se puede determinar utilizando datos del sistema de gestión de edificios en los que hay suficiente medición y monitoreo de la energía.

Referencias

- García Meneses, D. A. (2019). *Diseño de un sistema de automatización para optimizar el consumo de energía en el sistema de aire acondicionado e iluminación de un edificio corporativo de oficinas en Lima*. [Tesis de Pre Grado, Universidad Nacional de Ingeniería]
- Flores Arteaga, J. A. (2010). *Método de predicción del desempeño de un enfriador de líquido (chiller) en función de un perfil de demanda*. [Tesis de Pre Grado, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Toribio Pando, P. A. (2018). *Estrategias tecnológicas para incrementar la eficiencia energética en edificaciones típicas en la ciudad de Lima-Perú*. [Tesis Doctorado, Universidad Nacional del Callao, Perú].
- Ing. Porfirio, Franco (2022), *Optimizando la eficiencia energética en chillers eléctricos* Business Development Executive en Applied Products en Johnson Controls, Revista Mundo HVAC&R del 15 diciembre 2022.
- MSc. Juan C. Armas Valdés. *Análisis comparativo de estrategias de operación en sistemas de climatización centralizados por agua helada* Centro de Estudios de Energía y Medioambiente (CEEMA), Cuba.
- <https://es.scribd.com/document/96844817/Proyecto-de-Climatizacion-Por-Agua-Helada>
- ASHRAE Estándar ANSI/ASHRAE 62.1-2007 *Ventilación para una Calidad Aceptable de Aire Interior* (Reemplaza al Estándar ANSI/ASHRAE 62.1-2004)
- ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2013
- Protec Cooling Towers, Inc
- <https://www.protectowers.com/fws>

Cooling tower engineer

<https://torredeenfriamientodeagua.com/>

Thermal Engineering Copyright 2024

<https://www.thermal-engineering.org/es/ingenieria-termica-2/>

ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1. (2013) *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.*

https://ashrae.iwrapper.com/ASHRAE_PREVIEW_ONLY_STANDARDS/STD_90.1_2013_IP

CARRIER AIR CONDITION COMPANY “American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.”

Manual de Aire Acondicionado. Barcelona: Marcombo S.A., 1986

Anexos

Anexo 1 :	Datos de chiller y planos.....	1
Anexo 2:	Tablas de eficiencias IPLV.....	8
Anexo 3 :	Submittal de bombas de agua	9
Anexo 4:	Reportes de mantenimiento	11
Anexo 5 :	Plan de mantenimiento mensual de torres de enfriamiento, chillers y bombas de agua.....	13
Anexo 6:	Costo de mantenimiento predictivo (limpiezas químicas y mecánicas) de condensador de chiller y torre de enfriamiento.....	16
Anexo 7 :	Determinación del día y hora calculo	18
Anexo 8:	Matriz de Consistencia.....	25

Anexo 1 : Datos de chiller y planos

Se presenta los datos característicos del chiller tornillo de 200 TR seleccionado y planos de dimensiones para el montaje.

- 1.- Especificaciones y datos técnicos del chiller seleccionado.
- 2.- Planos de medidas del chiller para montaje.
- 3.- Planos de montaje de chiller.
- 4.- Isométrico de montaje de chiller.
- 5.- Curva de eficiencia del evaporador del chiller.
- 6.- Esquema de montaje de chiller Tornillo.



SI (cont)

UNIT SIZE 30HX	161	171	186	206	246	261	271
UNIT OPERATING WEIGHT (kg)							
Water-Cooled (HXC)	3381	3475	3564	4799	4976	4986	5003
Condenserless (HXA)	2610	2621	2698	3395	3457	3457	3457
COMPRESSORS	Semi-Hermetic, Twin Screw						
Quantity	2	2	2	3	3	3	3
Nominal Capacity per Compressor (kW)	281/197	232/281	281/281	232/137/281	281/197/281	281/232/281	281/281/281
Economizer	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
No. Capacity Steps							
30HXC Unit	6	6	6	8	8	8	8
30HXA Unit (maximum on 30HXC unit with factory-installed option)	8	8	8	11	11	11	11
Minimum Step Capacity (%)							
30HXC Unit	20	20	20	13	13	13	13
30HXA Unit (30HXC unit with factory-installed option)	10	10	10	7	7	7	7
REFRIGERANT (HXC)	R-134a						
Charge* (kg) Circuit A/Circuit B†	71.3/49.9	54.0/63.6	61.3/61.3	90.8/61.3	99.9/61.3	99.9/61.3	99.9/61.3
COOLER	Shell and Tube with Enhanced Copper Tubes						
Part No. 10HX400-	601	611	621	631	632	632	632
Net Fluid Volume (L)	107.9	107.9	126.4	163.2	178.7	178.8	178.7
Maximum Refrigerant Pressure (kPa)	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517
Maximum Water-Side Pressure (kPa)	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Water Connections							
Inlet and Outlet (in.) (Std Pass)	5	5	5	6	6	6	6
Drain (NPT) (Std Pass)	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Relief Valve							
Connection (in. NPTF)	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Flow Capacity (kg air/min)	14.28	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38
Relief Setting (kPa)	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517
Standard Number of Passes	2	2	2	2	2	2	2
OIL SEPARATOR (HXA)	Shell and Tube with Enhanced Copper Tubes						
Part No. 09RX400-	215	214	214	213	213	213	213
Maximum Refrigerant Pressure (kPa)	2205	2205	2205	2205	2205	2205	2205
Refrigerant Connections (in.)							
Discharge Circuit A/Circuit B	2 1/8/2 1/8	2 1/8/2 1/8	2 1/8/2 1/8	(2) 2 1/8/2 1/8	(2) 2 1/8/2 1/8	(2) 2 1/8/2 1/8	(2) 2 1/8/2 1/8
Liquid Circuit A/Circuit B	1 3/8/1 3/8	1 3/8/1 3/8	1 3/8/1 3/8	1 5/8/1 3/8	1 5/8/1 3/8	1 5/8/1 3/8	1 5/8/1 3/8
Relief Valve							
Connection (in. SAE Flare)	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8
Flow Capacity (kg air/min)	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80
Relief Setting (kPa)	2206	2206	2206	2206	2206	2206	2206
CONDENSER (HXC)	Shell and Tube with Enhanced Copper Tubes						
Part No. 09RX400-	261	262	262	263	264	264	264
Net Fluid Volume (L)	115.8	142.3	142.3	177.9	208.6	208.6	208.6
Maximum Refrigerant Pressure (kPa)	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517
Maximum Water-Side Pressure (kPa)	2068	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Water Connections (in.)							
Inlet and Outlet (Std Pass)	6	6	6	8	8	8	8
Drain (NPT) (Std Pass)	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Relief Valve							
Connection (in. NPTF)	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Flow Capacity (kg air/min)	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38	14.38
Relief Setting (kPa)	1517	1517	1517	1517	1517	1517	1517
Standard Number of Passes	2	2	2	2	2	2	2
DISCHARGE LINE**	Victaulic Type Connection						
Relief Valve							
Connection (in. SAE Flare)	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
Flow Capacity (kg air/min)	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Relief Pressure (kPa)	2413	2413	2413	2413	2413	2413	2413

LEGEND

NPTF — National Pipe Thread Female
SAE — Society of Automotive Engineers

*Charges listed are for 30HXC units. The 30HXA units are shipped with a holding charge only. To determine the refrigerant charge requirements for 30HXA units, see the 30HXA Estimated System Refrigerant Charge table in the Refrigerant Charge section on page 29.

†For 30HXC, HXA units utilizing brine, the unit may require more refrigerant than what is supplied. Additional refrigerant must be field supplied.

**Only on units with factory-installed suction service valves.

Dimensions (cont)

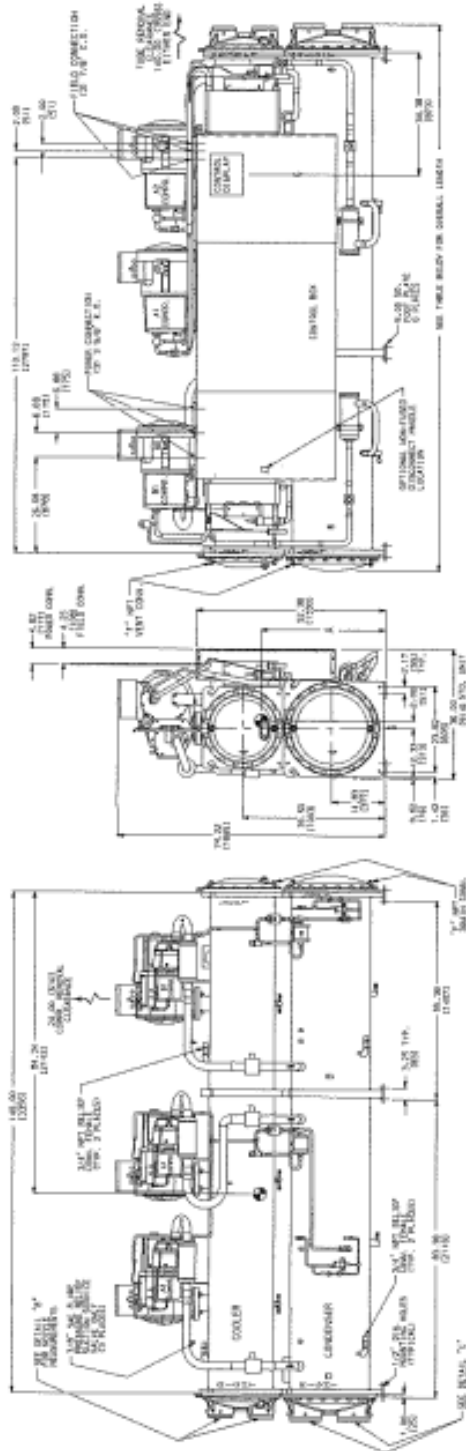


30HXC206-271

UNIT	OPERATING WEIGHT - lb (kg)	A	WGT DISTRIBUTION AT EACH MTG PLATE - lb (kg)				
			1	2	3	4	5
30HXC206	10581 (4786)	33.88 (1535)	948 (430)	2408 (1091)	1243 (564)	1201 (545)	3133 (1421)
30HXC246	10959 (4976)	34.38 (1560)	965 (438)	2515 (1141)	1306 (592)	1184 (537)	3276 (1486)
30HXC261	10902 (4945)	34.38 (1560)	965 (438)	2500 (1134)	1311 (595)	1164 (528)	3283 (1489)
30HXC271	11020 (5003)	34.38 (1560)	965 (438)	2529 (1147)	1318 (598)	1154 (523)	3294 (1494)

NOTES:
1. Operating weight includes weight of water and refrigerant.
2. Dimensions are in inches (mm).
3. Recommended service clearance around machine is 36 in. (914.4 mm).
4. Hydraulic nozzles are standard on all models. Flow switch factory installed in cooler outlet vertical nozzle.

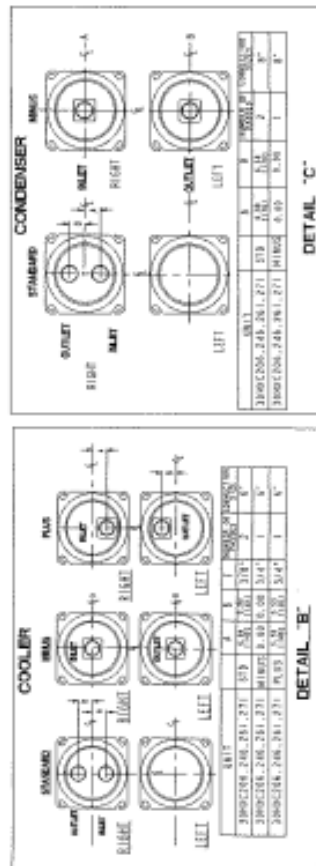
1. Operating weight includes weight of water and refrigerant.
2. Dimensions are in inches (mm).
3. Recommended service clearance around machine is 36 in. (914.4 mm).
4. Hydraulic nozzles are standard on all models. Flow switch factory installed in cooler outlet vertical nozzle.

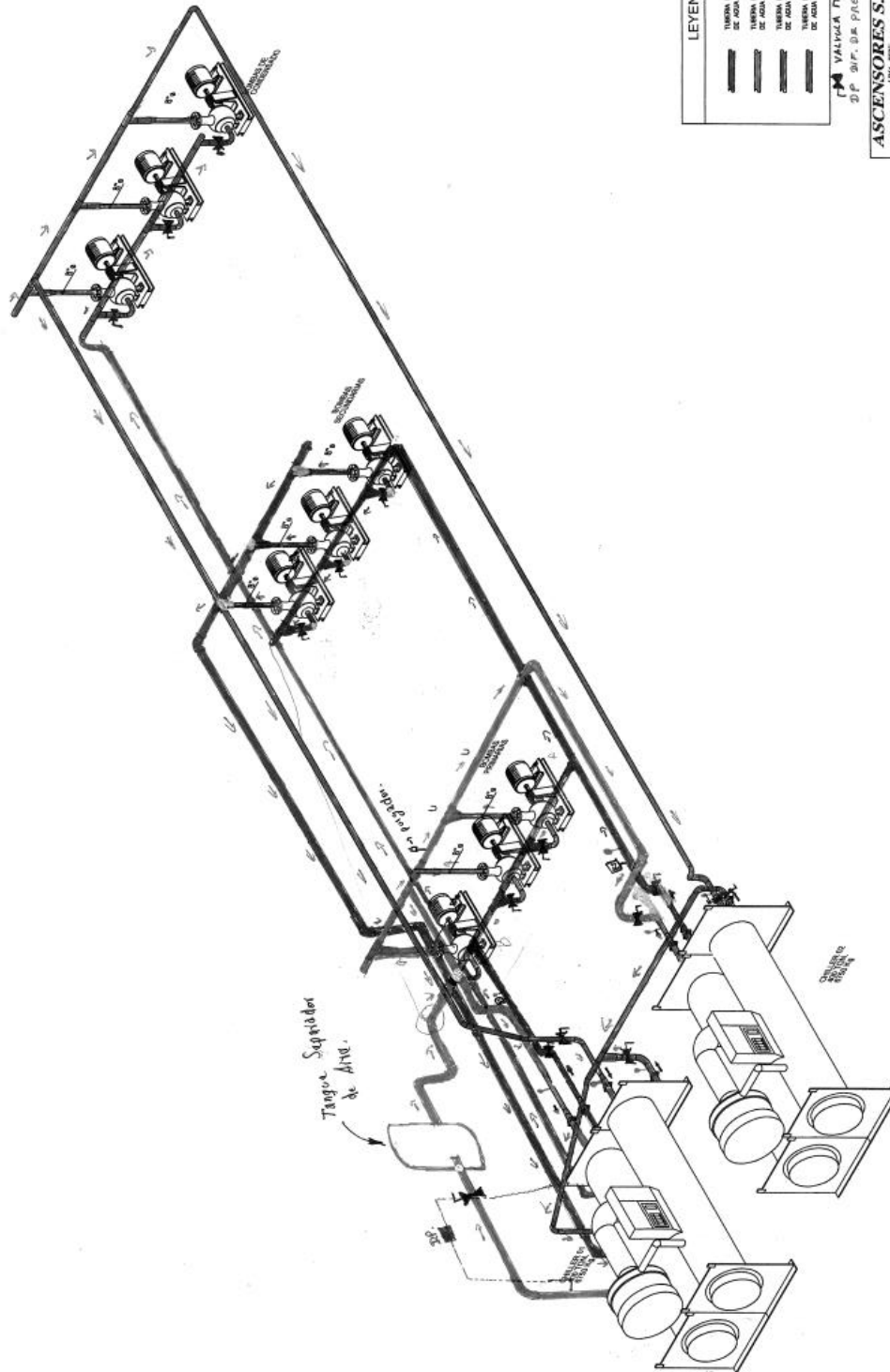


DOOR SWING CLEARANCE



OVERALL LENGTH TABLE		OVERALL WIDTH TABLE	
MODEL	LENGTH	MODEL	WIDTH
30HXC206	148.00 (12062)	30HXC206	14.00 (355)
30HXC246	148.00 (12062)	30HXC246	14.00 (355)
30HXC261	148.00 (12062)	30HXC261	14.00 (355)
30HXC271	148.00 (12062)	30HXC271	14.00 (355)



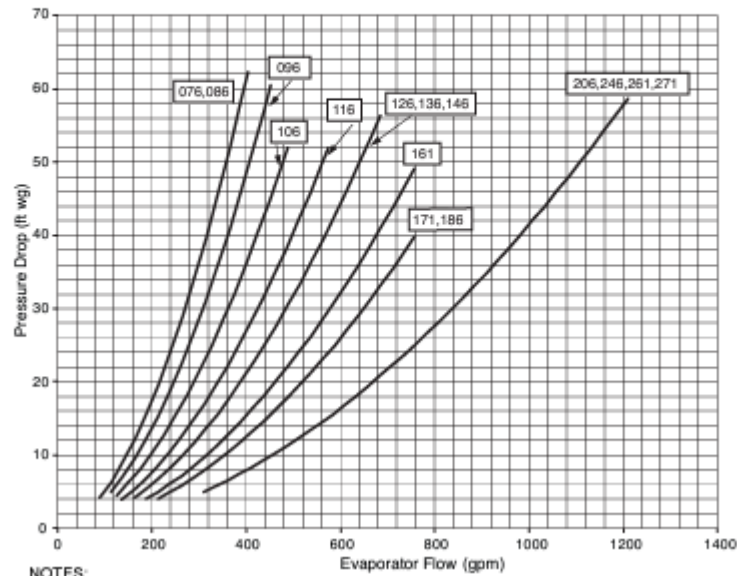


LEYENDA	
	TUBERIA DE SUMINISTRO DE AGUA RESACA
	TUBERIA DE RETENCIÓN DE AGUA RESACA
	TUBERIA DE SUMINISTRO DE AGUA DE CONDENSADO
	TUBERIA DE RETENCIÓN DE AGUA DE CONDENSADO

VALVULA MARIPOSA
 D.P. S.R.L. DE PRECISIÓN

ASCENSORES S.A. Carril INSTRUMENTACIÓN DE CALIDAD	
PLANO:	ISOMETRICO PLANTA CENTRAL DE ENFRIAMIENTO
CLIENTE:	CONSTRUCTORA AESA
PROYECTO:	EDIFICIO ALTO CARAL
ESCALA:	5/1
FECHA:	11-AUG-2013
PROYECTISTA:	IM-02

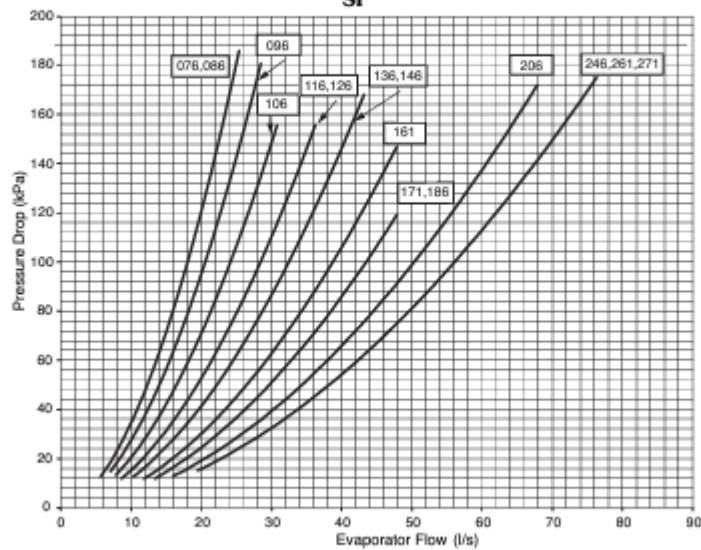
30HXA,HXC Standard Pass Evaporator Pressure Drop English



NOTES:

1. Ft of water = 2.31 x change in psig.
2. See page 22 for minimum flow rates and the electronic catalog for maximum flow rates.
3. 146, 171, and 186 ton are for 30HXA ONLY

SI



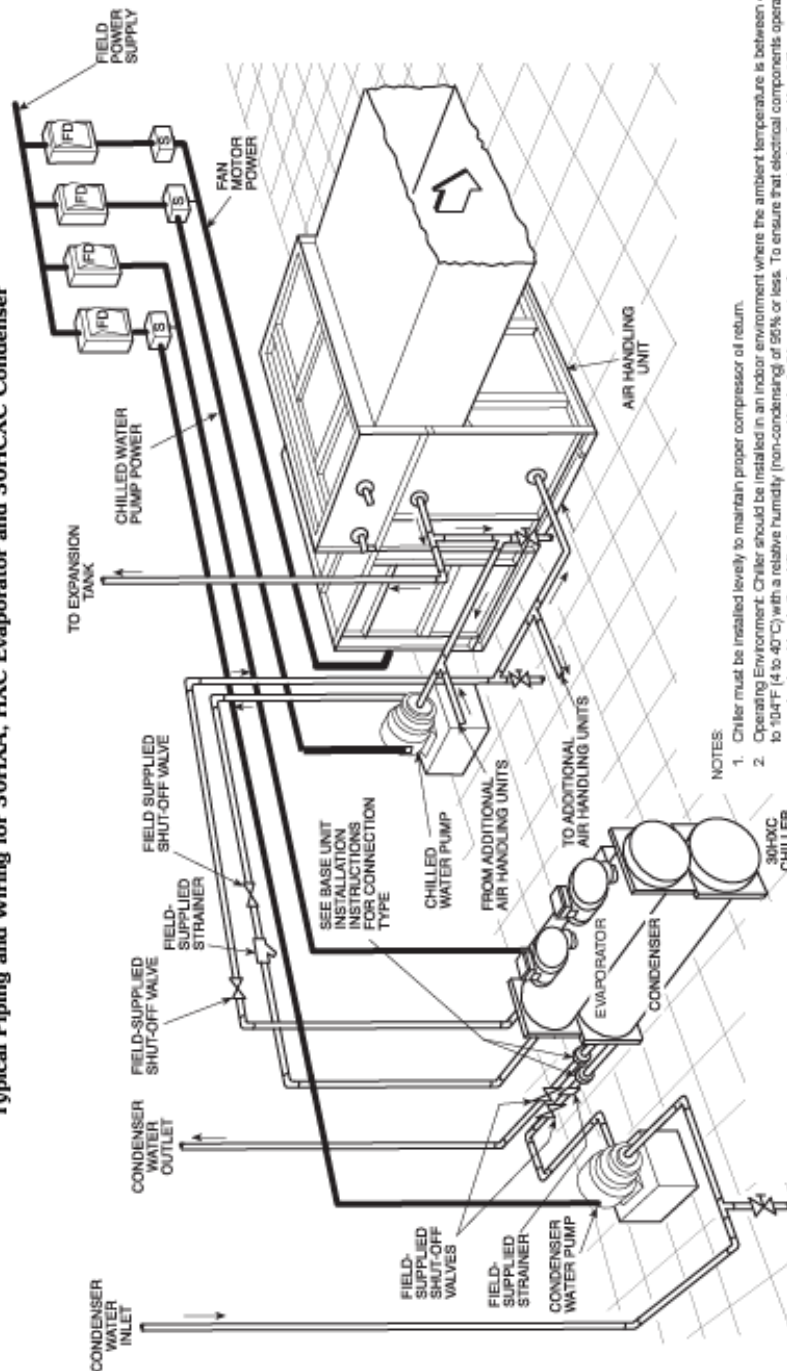
NOTES:

1. See page 22 for minimum flow rates and the electronic catalog for maximum flow rates.
2. 146, 171, and 186 ton are for 30HXA ONLY

Typical piping and wiring (cont)



Typical Piping and Wiring for 30HXA, HXC Evaporator and 30HCXC Condenser



Anexo 2: Tablas de eficiencias IPLV

Tabla de eficiencias para chillers enfriados por agua.

Water-Chilling Packages—Efficiency Requirements ^{a,b,e}								
Equipment Type	Size Category	Units	Effective 1/1/2010		Effective 1/1/2015		Test Procedure ^c	
			Path A	Path B	Path A	Path B		
Air-cooled chillers	<528 kW	COP (W/W)	≥2.826 FL	NA ^d	≥2.985 FL	≥2.866 FL	AHRI 551.691	
			≥3.694 IPLV		≥4.048 IPLV	≥4.669 IPLV		
	≥528 kW		≥2.826 FL	NA ^d	≥2.985 FL	≥2.866 FL		
			≥3.768 IPLV		≥4.137 IPLV	≥4.758 IPLV		
Air cooled without condenser, electrically operated	All capacities	COP (W/W)	Air-cooled chillers without condenser must be rated with matching condensers and comply with air-cooled chiller efficiency requirements					
Water cooled, electrically operated positive displacement	<264 kW	COP (W/W)	≥4.513 FL	≥4.400 FL	≥4.694 FL	≥4.513 FL		AHRI 551.691
			≥5.588 FL	≥5.867 IPLV	≥5.867 IPLV	≥7.041 IPLV		
	≥264 kW and <528 kW		≥4.542 FL	≥4.456 FL	≥4.889 FL	≥4.694 FL		
			≥5.724 IPLV	≥6.007 IPLV	≥6.286 IPLV	≥7.184 IPLV		
	≥528 kW and <1055 kW		≥5.177 FL	≥4.903 FL	≥5.334 FL	≥5.177 FL		
			≥6.070 IPLV	≥6.519 IPLV	≥6.519 IPLV	≥8.001 IPLV		
	≥1055 kW and <2110 kW		≥5.678 FL	≥5.509 FL	≥5.771 FL	≥5.655 FL		
			≥6.519 IPLV	≥7.184 IPLV	≥6.770 IPLV	≥8.586 IPLV		
	≥2100 kW		≥5.678 FL	≥5.509 FL	≥6.286 FL	≥6.018 FL		
			≥6.519 IPLV	≥7.184 IPLV	≥7.041 IPLV	≥9.264 IPLV		
Water cooled, electrically operated centrifugal	<528 kW	COP (W/W)	≥5.553 FL	≥5.509 FL	≥5.771 FL	≥5.065 FL	AHRI 560	
			≥5.907 IPLV	≥7.823 IPLV	≥6.401 IPLV	≥8.001 IPLV		
	≥528 kW and <1055 kW		≥5.553 FL	≥5.509 FL	≥5.771 FL	≥5.544 FL		
			≥5.907 IPLV	≥7.823 IPLV	≥6.401 IPLV	≥8.001 IPLV		
	≥1055 kW and <1407 kW		≥6.112 FL	≥5.867 FL	≥6.286 FL	≥5.917 FL		
			≥6.412 IPLV	≥8.801 IPLV	≥6.770 IPLV	≥9.027 IPLV		
	≥1407 kW and <2110 kW		≥6.112 FL	≥5.867 FL	≥6.286 FL	≥6.018 FL		
			≥6.412 IPLV	≥8.801 IPLV	≥7.041 IPLV	≥9.264 IPLV		
	≥2110 kW		≥6.176 FL	≥5.967 FL	≥6.286 FL	≥6.018 FL		
			≥6.531 IPLV	≥8.801 IPLV	≥7.041 IPLV	≥9.264 IPLV		
Air-cooled absorption, single effect	All capacities	COP (W/W)	≥0.600 FL	NA ^d	≥0.600 FL	NA ^d	AHRI 560	
Water-cooled absorption, single effect	All capacities	COP (W/W)	≥0.700 FL	NA ^d	≥0.700 FL	NA ^d		
Absorption double effect, indirect fired	All capacities	COP (W/W)	≥1.000 FL	NA ^d	≥1.000 FL	NA ^d		
			≥1.050 IPLV		≥1.050 IPLV	NA ^d		
Absorption double effect, direct fired	All capacities	COP (W/W)	≥1.000 FL	NA ^d	≥1.000 FL	NA ^d		
			≥1.000 IPLV		≥1.000 IPLV	NA ^d		

a. The requirements for centrifugal chillers shall be adjusted for nonstandard rating conditions per Section 6.4.1.2.1 and are only applicable for the range of conditions listed there. The requirements for air-cooled, water-cooled positive displacement and absorption chillers are at standard rating conditions defined in the reference test procedure.

b. Both the full-load and IPLV requirements must be met or exceeded to comply with this standard. When there is a Path B, compliance can be with either Path A or Path B for any application.

c. Section 12 contains a complete specification of the referenced test procedure, including the referenced year version of the test procedure.

d. NA means the requirements are not applicable for Path B, and only Path A can be used for compliance.

e. FL is the full-load performance requirements, and IPLV is for the part-load performance requirements.

NOTA: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.
ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1. (2013). Atlanta

Anexo 3 : Submittal de bombas de agua

Submittal de bomba de condensada marca Taco.



Submittal Data Information

FI Series Pumps

301-1485T

MODEL 4011
1760 RPM

JOB: CARAL

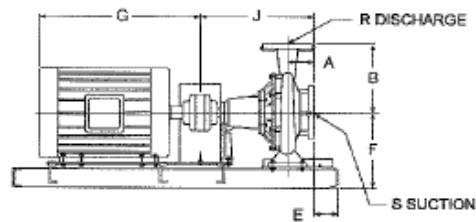
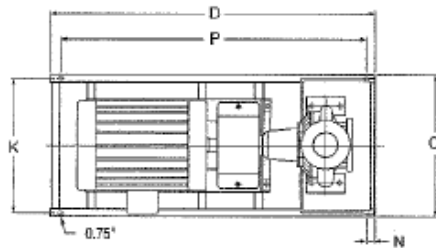
CONTRACTOR:

ENGINEER:

REP:

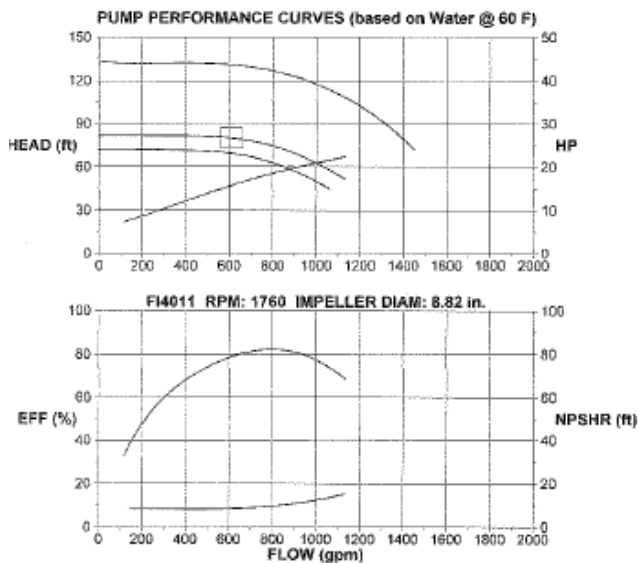
COMMENTS: **B. CONDENSADO**

ITEM NO.	MODEL NO.	IMP. DIAM. / IN.	FLOW / GPM	HEAD / FT	POWER / HP	ELEC. CHARS
	FI4011	8.8	612	80	20	460VAC/3F/60Hz



* Dimensions in inches. Do not use for construction purposes unless certified.

HP	FRAME	A	B	C	D	E	F	G	J	K	N	P	R	S
20	256T	5.31	14	19.17	52	1.48	14.03	23.19	24.24	17.67	2	48	4	5



Item	BRONZE FITTED	Std. Pump Constr.	Optional
Casing	Cast Iron ASTM A48 Cl. 30A		
Impeller	Bronze ASTM B584-B36		
Wear Ring			
Shaft	Carbon Steel AISI 1045		
Shaft Sleeve	Bronze SAE 660		
Mech. Seal	Ceramic		
Seal Flush Line	Copper		

OPERATING SPECIFICATIONS		
	Standard	Optional
Flange	125#	
Pressure	175 PSIG*	
Temperature	250 F	

Motors: All NEMA Standard (T Frame)
 * In Accordance with ANSI Standard B16.1 Class 125
 ** In Accordance with ANSI Standard B16.1 Class 250 Dim.

Do it once. Do it right.

TACO, INC., 1160 Cranston Street, Cranston, RI 02920 Telephone: (401)942-8000 FAX: (401)942-2360.
 TACO (Canada), Ltd., 6180 Ordan Drive, Mississauga, Ontario L5T 2B3. Telephone: 905/564-9422 FAX: 905/564-9436

Submittal de bomba de condensada marca Taco.

Submittal Data Information

FI Series Pumps

301-1419T

MODEL 4007
1760 RPM

JOB: CARAL

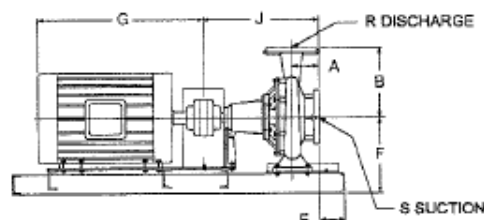
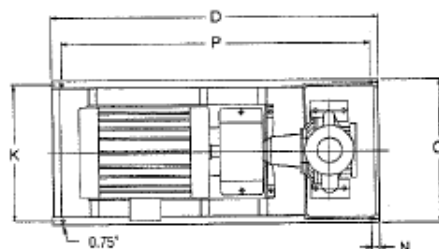
CONTRACTOR:

ENGINEER:

REP:

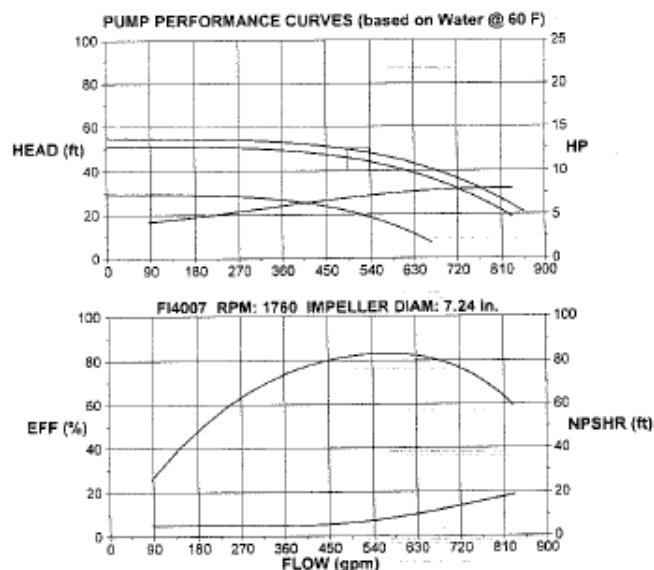
COMMENTS: *B. PRIMARIOS*

ITEM NO.	MODEL NO.	IMP. DIAM. / IN.	FLOW / GPM	HEAD / FT	POWER / HP	ELEC. CHARS
	FI4007	7.2	516	45	7.5	460VAC/3F/60Hz



* Dimensions in inches. Do not use for construction purposes unless certified.

HP	FRAME	A	B	C	D	E	F	G	J	K	N	P	R	S
7.5	213T	5.56	10.5	19.17	43	.88	12.19	17.94	25.10	17.87	2	39	4	5



BRONZE FITTED		
Item	Std. Pump Constr.	Optional
Casing	Cast Iron ASTM A48 CL30A	
Impeller	Bronze ASTM B584-836	
Wear Ring		
Shaft	Carbon Steel AISI 1045	
Shaft Sleeve	Bronze SAE 660	
Mech. Seal	Ceramic	
Seal Flush Line	Copper	

OPERATING SPECIFICATIONS		
	Standard	Optional
Flange	125#	
Pressure	175 PSIG*	
Temperature	250 F	

Motors: All NEMA Standard (T Frame)
 * In Accordance with ANSI Standard B16.1 Class 125
 ** In Accordance with ANSI Standard B16.1 Class 250 Dim.

Do it once. Do it right.

TACO, INC., 1160 Cranston Street, Cranston, RI 02920 Telephone: (401)942-8000 FAX: (401)942-2360.
 TACO (Canada), Ltd., 6180 Ordan Drive, Mississauga, Ontario L5T 2B3. Telephone: 905/564-9422. FAX: 905/564-9436

Anexo 4: Reportes de mantenimiento

Reporte de mantenimiento de chiller centrifugo de 400 toneladas de refrigeración.

ASCENSORES

1-712-0000
Av. 10 de Septiembre 1500, Lima 1

DISTRIBUIDOR



REPORTE DE MANTENIMIENTO DE CHILLER ENFRIADO POR AGUA															
CLIENTE	67CL15011-CH-001				N° SERIE	4808Q18473									
CONTRATO	67CL15011-CH-001				CAPACIDAD	400 TON									
CHILLER N°	Sala de Máquinas				MODELO DE COMPRESOR										
MARCA	CARRIER				TECNICO RESPONSABLE	CHUQUIMANGO SALINAS, ESTEBAN ALFREDO									
MODELO	19XR-3737343KCH64-				FECHA	23/10/2024									
PARAMETROS			CIRCUITO	A	B	C	PARAMETROS			CIRCUITO	A	B	C		
COOLER	Temperatura de ingreso de agua		°F	50			CONDENSADOR	Temperatura de ingreso de agua		°F	77				
	Temperatura de salida de agua		°F	44				Temperatura de salida de agua		°F	80				
	Δ Temperatura agua		°F	6				Δ Temperatura agua		°F	-3				
	Presion de entrada de agua		PSI	92				Presion de entrada de agua		PSI	110				
	Presion de salida de agua		PSI	84				Presion de salida de agua		PSI	100				
	Δ Presion agua		PSI	8				Δ Presion agua		PSI	10				
	Temp. de saturacion de refriger. de succion		°F	43				Temp. saturacion refriger. de condensación		°F	80				
	Δ Presion de succion		PSI	42				Δ Presion de condensación		PSI	88				
	LTD del cooler		°F	1				LTD del condensador		°F	0				
Caudal de agua		GPM				Caudal de agua		GPM							
COOLER	Presion de descarga		PSI	88			SISTEMA	Nivel de aceite		%	60				
	Presion de succion		PSI	42				Temperatura de aceite		°F	134				
	Presion de aceite		PSI	34				Sensores de Temperatura		Estatus	✓				
	Δ Presion de aceite		PSI	0				Transductores de Presión		Estatus	✓				
	Temperatura de motor		°F	92				Detector de flujo		Estatus	✓				
	MEGADO	L1-T	Ω					V	Voltaje en placa	Voltaje en marcha	V	L1-L2	L2-L3	L3-L1	
		L2-T	Ω						480			488	470	489	
		L3-T	Ω						Desbalance de voltaje		%	0,00			
		L1-L2	Ω						A	Amperaje en placa	Amperaje en marcha	A	L1	L2	L3
		L2-L3	Ω							188			182	184	
L3-L1		Ω				Desbalance de amperaje			%	0,0180606416182466					
Calentador de aceite		Estatus	✓			Etapa de Funcionamiento		%	55						

ITEM	OBSERVACION	CAUSA	RECOMENDACION
1	Aislamiento termico de sala de maquinas deteriorado	Tiempo de vida util	Reemplazar aislamiento deteriorado de tuberias agua helada de sala de maquinas
2	Tuberia de manometros corroidos	Tiempo de operacion	Reemplazar tuberias de manometros corroidos

FIRMA DEL CLIENTE

FIRMA DEL TECNICO

Reporte de mantenimiento de chiller tornillo de 200 toneladas de refrigeración.

ASCENSORES

11/02/2022
Av. 10a de Septiembre 1700, Apto. 1002

DISTRIBUIDOR



REPORTE DE MANTENIMIENTO DE CHILLER ENFRIADO POR AGUA															
CLIENTE	67CL150111-CH-002				SERIE		0714Q21659								
CONTRATO	67CL150111-CH-002				CAPACIDAD		206 TON								
CHILLER	Sala de Máquinas				MODELO DE COMPRESOR										
MARCA	CARRIER				TECNICO RESPONSABLE		CHUQUIMANGO SALINAS, ESTEBAN ALFREDO								
MODELO	30HXC206R-671-				FECHA		23/10/2024								
PARAMETROS			CIRCUITO	A	B	C	PARAMETROS			CIRCUITO	A	B	C		
COOLER	Temperatura de ingreso de agua		°F	49	49		CONDENSADOR	Temperatura de ingreso de agua		°F	72	72			
	Temperatura de salida de agua		°F	44	44			Temperatura de salida de agua		°F	76	76			
	Δ Temperatura agua		°F	5	5			Δ Temperatura agua		°F	-4	-4			
	presión de entrada de agua		PSI	94	94			presión de entrada de agua		PSI	110	110			
	presión de salida de agua		PSI	84	84			presión de salida de agua		PSI	100	100			
	Δ Presion agua		PSI	10	10			Δ Presion agua		PSI	10	10			
	Temp. de saturacion de refrig. de succion		°F	42	38			Temp. saturacion refrig. de condensación		°F	80	84			
	Δ Presion de succion		PSI	37	34			Δ Presion de condensación		PSI	85	95			
	LTD del cooler		°F	2	5			LTD del condensador		°F	4	6			
Caudal de agua		GPM	490	490		Caudal de agua		GPM	490	490					
COOLER	Presion de descarga		PSI	85	95		SISTEMA	Nivel de aceite		%	50	50			
	Presion de succion		PSI	37	34			Temperatura de aceite		°F	130	132			
	Presion de aceite		PSI	80	86			Sensores de Temperatura		Estatus	✓	✓			
	Δ Presion de aceite		PSI					Transductores de Presión		Estatus	✓	✓			
	Temperatura de motor		°F	112	121			Detector de flujo		Estatus	✓	✓			
	MEGADO	L1-T	Ω					V	Voltaje en placa		V	L1-L2	L2-L3	L3-L1	
		L2-T	Ω						460			464	462	463	
		L3-T	Ω						Desbalance de voltaje		%	0,00			
		L1-L2	Ω						A	Amperaje en placa		A	L1	L2	L3
		L2-L3	Ω							90			64	66	65
Calentador de aceite		Estatus	✓	✓		Desbalance de amperaje		%	0,0153348163348164						
Etapa de Funcionamiento		%	41	41											
ITEM	OBSERVACION				CAUSA				RECOMENDACIÓN						
1	Aislamiento termico deteriorado de tuberias de agua helada				Tiempo de operacion				Reemplazar aislamiento termico de tuberias deterioradas						
2	Tuberias de manometros corroidos				Tiempo de operacion				Reemplazar tuberias corroidas de manometros						

FIRMA DEL CLIENTE

FIRMA DEL TECNICO

Anexo 5 : Plan de mantenimiento mensual de torres de enfriamiento, chillers y bombas de agua.

PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO													
MANTENIMIENTO DE TORRE DE ENFRIAMIENTO													
NRO	PROCEDIMIENTOS	FRECUENCIA DE EJECUCION (MESES)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Medición y comprobación de parámetros de funcionamiento: tensión, amperaje y temperatura.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Ajuste y templado de fajas.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Regulación de funcionamiento de válvulas de balance.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Medición y comprobación de ganancia térmica del aire expulsado.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Medición y comprobación de temperaturas de entrada y salida de agua.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Ajuste y regulación de nivel de agua de reposición.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Limpieza de filtros de agua.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Limpieza de válvula de reposición (flotador).	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	Revisión de los parámetros de operación del motor ventilador.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	Lubricación de motores ventiladores.	X						X					
11	Verificación de aislamiento eléctrico de motores.	X						X					
12	Medición de aislamiento eléctrico de los motores ventiladores	X						X					
13	revisión de terminales eléctricos del motor (caja de conexiones)	X						X					
14	Pintado de motor y conduits flexibles	X						X					
15	Regulación de velocidad del aspersor.		X						X				
16	Ajuste e Inspección de juntas del basin.		X						X				
17	Ajuste e inspección de pernos de amarre de los soportes.		X						X				
18	Maniobra completamente cerrado y abierto de las válvulas de regulación y seccionamiento.		X						X				
19	Limpieza y corrección del ángulo de los splinker		X						X				
20	Pintado de parrilla metálica		X						X				
21	Pintado de tuberías de suministro y retorno de las torres.			X						X			
22	Pintado de las válvulas de servicio de suministro y retorno			X						X			
23	Limpieza del casing.			X						X			
24	Limpieza de impulsores de aire.			X						X			
25	Lavado interior del basin con solvente especial.			X						X			
26	Lubricación de partes móviles de la estructura.				X						X		
27	Limpieza del relleno con inyección de agua en alta presión.				X						X		
28	Ajuste del ángulo del impulsor.				X						X		
29	Limpieza de louveres				X						X		
30	Limpieza y revisión del termostato remoto de la Torre					X						X	
31	limpieza de contactores y relays de tablero de control externo					X						X	
32	Pintado de tablero de control y conduits expuestos					X						X	

PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO													
MANTENIMIENTO DE CHILLER ENFRIADO POR AGUA		FRECUENCIA DE EJECUCION (MESES)											
NRO	PROCEDIMIENTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Aplicación de Test de Control del Chiller	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Resolución de alertas de memoria.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Verificación de los parametros de Operación del Chiller (presion, temperatura, voltaje, amperaje, niveles,etc.) Llenado de Protocolo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Verificación de suministro correcto de energía (desbalance).	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Lectura de temperatura de aceite.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Revisión de los niveles de aceite de los sistemas A y B.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Revisión de los transductores de presión, sensores de temperatura y switchs de proteccion	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Medición comparativa de temperatura de agua con el microprocesador.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	Comprobación de arranque secuencial del chiller.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	Medición de caudales de agua y caídas de presión en el cooler.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	Medición de caudales de agua y caídas de presión en el condensador.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	Ajuste de elementos de accionamiento en máxima demanda.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	Pruebas de funcionamiento de bombas de aceite.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	Revisión del elemento de protección contra falta de flujo de agua.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	Regulación de las válvulas modulantes de agua del chiller (in, out).	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	Calibración y comprobación de lecturas de los sensores de temperatura.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17	Regulación de operación del ramp loading control.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	Limpieza externa del Chiller y sala de maquinas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	Limpieza de contactores electromagneticos,relays,Borneras.	X						X					
20	Limpieza de tarjetas electronicas		X						X				
21	Ajuste de conexionado eléctrico de control.		X						X				
22	Aplicación de solvente dielectrico y silicona en sistema electrico de control		X						X				
23	Medicion de voltaje de transformadores de control y fuerza		X						X				
24	Limpieza interna del gabinete de control		X						X				
25	Limpieza y lubricacion de valvulas motorizadas del cooler			X						X			
26	Limpieza y lubricacion de valvulas motorizadas del condensador			X						X			
27	Pintado de valvulas motorizadas			X						X			
28	pintado de tuberías de condensacion de llegada al chiller			X						X			
29	Pintado de valvulas de servicio de agua helada y agua de coondensacion			X						X			
30	Pintado de bases, soportes y elementos metalicos del Chiller.				X						X		
31	Lubricacion de resotes antibibratorios				X						X		
32	Pintado de compresores				X						X		
33	Pintado de conduits flexibles				X						X		
34	Pintado de filtros secadores				X						X		

PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO													
MANTENIMIENTO DE BOMBAS DE AGUA HELADA Y DE CONDENSACION													
NRO	PROCEDIMIENTOS	FRECUENCIA DE EJECUCION (MESES)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Medición y verificación de parámetros de funcionamiento (tensión, amperaje, caudal, y temperatura del motor). Llenado de	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Limpieza exterior de bombas de agua.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Limpieza de filtros de agua.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Comprobación de estado de acoplamiento flexibles.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Purgado de aire de las líneas de agua.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Medición comparativa de termómetros y manómetros de agua.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Comprobación de operación automática	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Comprobación de caudales de agua	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	Comprobación de funcionamiento de elementos de seguridad y	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	Limpieza de contactores, relays, borneras, etc.	X						X					
11	Limpieza de elementos de control en el tablero eléctrico.	X						X					
12	Ajuste de cables eléctricos del tablero	X						X					
13	Revisión de llaves termomagnéticas y protecciones eléctricas.	X						X					
14	Aplicación de solvente dieléctrico y silicona.	X						X					
15	Evacuación total del sistema de agua helada y renovación.		X										
16	Revisión del estado de sellos de agua, acoplamiento flexibles y			X						X			
17	Ajuste del alineamiento de las bombas de agua.			X						X			
18	Pintado de soportes metálicos expuestos.			X						X			
19	Pintado de conduits flexibles de interconexión eléctrica.			X						X			
20	Pintados de las bombas, motores y bases			X						X			
21	Maniobra de válvulas todo abierto y todo cerrado.				X						X		
22	Revisión de terminales eléctricos en caja de conexiones del motor				X						X		

Anexo 6: Costo de mantenimiento predictivo (limpiezas químicas y mecánicas) de condensador de chiller y torre de enfriamiento

ASCENSORES S.A.		 turn to the experts	
centraldecorreos@ascensores-sa.com Teléfono: (01) 712-1300			
RUC. N°	:	20100057523	Fecha : 20/11/2024
Proforma N°	:	01004-24-AAR	
<u>Cliente</u>	:	INMUEBLES LIMATAMBO - ALTO CARAL	
<u>Atención</u>	:	Compras Urbanova	
<u>Referencia</u>	:	Servicio de limpieza química del condensador de Chiller Centrifugo	

Material Local, Mano de Obra y Material Importado

Item.	Cant.	Descripción	Precio US\$.
CHILLER CENTRIFUGO - CARRIER - 19XR-37343			
1,0	1,0	Limpieza química de los tubos del intercambiador de calor del condensador de Chiller <u>Materiales:</u> - 75gl. Producto Químico Especial - Neoxol Producto importado. - 01gl. Producto Especial Antiespumante. - Escobillas Especial de Ø 5/8 <u>Comprende los siguientes trabajos:</u> - Desmontaje de la tapa de servicio. - Limpieza química interna de los tubos de cobre con recirculación. - forzada de producto químico desincrustante especial. - Suministro de producto químico antiespumante. - Limpieza mecánica interna con escobillas especiales de Ø 5/8" según fabricante. - Recirculación de agua para enjuague. - Montaje de la tapa de servicio. - Arranque, puesta en marcha. - Pruebas de funcionamiento.	
Costo Unitario US\$.			2.574,00
Sub total US\$.			2.574,00
I.G.V. + 18%:			463,32
TOTAL US\$.			3.037,32

Condiciones Comerciales:

Forma de Pago : 100% al término del trabajo.

Tiempo de entrega : 2 a 3 semanas después de recibir la Orden de Compra.

Validez de la oferta : 15 días, después sujeto a confirmación.

Nota: La presente cotización solo incluye las actividades detalladas, si el equipo requiere el cambio de algún repuesto y/o accesorio, se cotizará de forma independiente.

- No se incluyen trabajos de drywall, obra civil y/o acabados en infraestructura; el cliente debe de brindar las facilidades respectivas.

ASCENSORES S.A.

centraldecorreos@ascensores-sa.com
Teléfono: (01) 712-1300



RUC. N° : 20100057523

Fecha : 16/05/2023

Proforma N° : 0425-23-AAR

Cliente : INMUEBLES LIMATAMBO - ALTO CARAL

Atención : Compras Urbanova

Referencia : Servicio de limpieza química del condensador de Chiller, reparación de Bomba Secundaria N°2 de 25Hp y reemplazo de fajas de transmisión.

Material Local, Mano de Obra y Material Importado

Item.	Cant.	Descripción	Precio US\$.
-------	-------	-------------	--------------

1,0	1,0	CHILLER TORNILLO - CARRIER - 30HXC206R Limpieza química de los tubos del intercambiador de calor del condensador de Chiller	
-----	-----	--	--

Materiales:

- Producto Químico Especial - Neoxol
Producto importado.
- Producto Especial Antiespumante.
- Escobillas Especial de Ø 5/8

Comprende los siguientes trabajos:

- Desmontaje de la tapa de servicio.
- Limpieza química interna de los tubos de cobre con recirculación.
- forzada de producto químico desincrustante especial.
- Suministro de producto químico antiespumante.
- Limpieza mecánica interna con escobillas especiales de Ø 5/8" según fabricante.
- Recirculación de agua para enjuague.
- Montaje de la tapa de servicio.
- Arranque, puesta en marcha.
- Pruebas de funcionamiento.

Costo Unitario US\$.	2.240,00	2.240,00
----------------------	----------	----------

Sub total US\$.	2.240,00
-----------------	----------

I.G.V. + 18%:	403,20
---------------	--------

TOTAL US\$.	2.643,20
--------------------	-----------------

Forma de Pago : 100% al término del trabajo.

Tiempo de entrega : 3 a 4 semanas después de recibir la Orden de Compra.

Validez de la oferta : 15 días, después sujeto a confirmación.

Nota: La presente cotización solo incluye las actividades detalladas, si el equipo requiere el cambio de algún repuesto y/o accesorio, se cotizará de forma independiente.

No se incluyen trabajos de drywall, obra civil y/o acabados en infraestructura; el cliente debe de brindar las facilidades respectivas.

Anexo 7 : Determinación del día y hora calculo

Para determinar el mes y día de cálculo es necesario calcular las cargas por radiación solar y verificar cuando alcanzan en forma simultánea el mayor valor

De acuerdo a la orientación de las paredes del edificio Alto Caral las superficies sometidas a radiación son:

- Pared orientada al Oeste
- Pared orientada al Sur
- Techo

Ubicación del edificio Alto Caral: 10° LATITUD SUR, altitud: 320 m

Utilizando la tabla 15 del manual de Carrier los máximos valores de aportaciones solares son:

Aportaciones solares en kcal/h x m²

ORIENTACION	21 ENERO	20 FEBRERO	22 MAYO
OESTE	458	442	444
SUR	86.7	35	27
TECHO (horizontal)	715	678	669

Se agrega el factor de corrección por altitud (0.7%)

La mayor aportación solar acumulado es **21 DE ENERO**.

Para determinar la hora de cálculo se consideran las orientaciones Oeste y techo y para esto se calculará el total de cargas radiantes por:

- Calor radiante por ventanas pared oeste
- Transmisión de calor por pared oeste
- Transmisión de calor por techo soleado

Calor radiante por ventanas pared oeste en Kcal/hr

De la tabla 1.11 para 480 kg/m² (peso de paredes, techos y piso por m²) los mayores valores de factor de almacenamiento por vidrio para latitud Sur son:

HORA	FACTOR ALMACENAMIENTO	CALOR RADIANTE
16	0.66	112,534
17	0.68	127,984
18	0.25	45,676

Transmisión de calor por pared oeste Kcal/hr

De la tabla 19 para 300 kg/m² (peso de paredes por m²) los mayores valores de diferencia de temperatura equivalente para latitud Sur son:

HORA	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EQUIVALENTE	CALOR RADIANTE
16	18.5	48,530
17	22.2	51,193
18	22.8	62,320

Transmisión de calor por techo soleado Kcal/hr

De la tabla 20 para 180 kg/m² (peso de techo por m²) los mayores valores de diferencia equivalente de temperatura para techo soleado son:

HORA	DIFERENCIA DE TEMPERATURA EQUIVALENTE	CALOR RADIANTE
16	23	12.436
17	23.3	12,498
18	21	11,626

La mayor carga simultanea se da a las **17 horas**

Se observa que de acuerdo al perfil de carga elaborado en la tabla N° 1 el mes con más carga térmica es en **enero** con % de carga del chiller centrifugo del 90% al 95%.

TABLA 15. APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO (Cont.)
kcal/h × (m² de abertura)

10°

10°

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	51	119	135	122	119	116	111	116	119	122	135	119	5	S	22. Diciembre			
	NE	149	355	414	379	287	176	75	38	38	35	29	21	5	SE				
	E	146	363	420	377	265	111	38	38	38	35	29	21	5	E				
	SE	48	132	149	116	67	38	38	38	38	35	29	21	5	NE				
	S	5	21	29	35	38	38	38	38	38	35	29	21	5	N				
	SO	5	21	21	35	38	38	38	38	67	116	149	132	48	NO				
22. Julio	O	5	21	21	35	38	38	38	111	265	377	420	363	146	O	21. Enero			
	NO	5	21	21	35	38	48	75	176	287	379	414	355	149	SO				
	Horizontal	10	119	290	450	556	631	659	631	556	450	290	119	10	Horizontal				
	N	13	92	105	94	89	84	81	84	89	94	105	92	13	S				
	NE	113	344	401	360	295	151	59	38	38	35	29	19	2	SE				
	E	135	366	428	385	265	116	38	38	38	35	29	19	2	E				
21. Mayo	SE	70	154	179	151	86	38	38	38	38	35	29	19	2	NE	21. Noviembre			
	S	2	19	29	35	38	38	38	38	38	35	29	19	2	N				
	SO	2	19	29	35	38	38	38	38	86	151	179	154	70	NO				
	O	2	19	29	35	38	38	38	116	265	385	428	364	135	O				
	NO	2	19	29	35	38	38	59	151	295	360	401	344	113	SO				
	Horizontal	8	113	290	450	569	640	669	640	569	450	290	113	8	Horizontal				
24. Agosto	N	2	40	43	40	40	38	38	38	40	40	43	40	2	S	20. Febrero			
	NE	46	306	352	301	217	92	38	38	38	35	29	19	2	SE				
	E	67	374	442	404	282	124	38	38	38	35	29	19	2	E				
	SE	48	214	254	230	162	73	38	38	38	35	29	19	2	NE				
	S	2	19	29	35	38	38	38	38	38	35	29	19	2	N				
	SO	2	19	29	35	38	38	38	73	162	230	254	214	48	NO				
20. Abril	O	2	19	29	35	38	38	38	124	282	404	442	374	67	O	23. Octubre			
	NO	2	19	29	35	38	38	38	92	217	301	352	306	46	SO				
	Horizontal	5	103	284	452	577	656	678	656	577	452	284	103	5	Horizontal				
	N	2	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	2	S				
	NE	2	241	279	217	122	46	38	38	38	35	29	16	2	SE				
	E	2	352	444	409	287	127	38	38	38	35	29	16	2	E				
22. Septiembre	SE	2	263	344	330	254	151	57	38	38	35	29	16	2	NE	22. Marzo			
	S	2	16	35	51	65	73	75	73	65	51	35	16	2	N				
	SO	2	16	29	35	38	38	57	151	254	330	344	263	2	NO				
	O	2	16	29	35	38	38	38	127	287	409	444	352	2	O				
	NO	2	16	29	35	38	38	38	46	122	217	279	241	2	SO				
	Horizontal	2	84	263	433	561	637	669	637	561	433	263	84	2	Horizontal				
23. Octubre	N	0	13	27	35	38	38	38	38	38	35	27	13	0	S	20. Abril			
	NE	0	157	179	119	75	38	38	38	38	35	27	13	0	SE				
	E	0	320	420	393	271	106	38	38	38	35	27	13	0	E				
	SE	0	279	398	404	333	219	124	48	38	35	27	13	0	NE				
	S	0	48	108	149	176	192	198	192	176	149	108	48	0	N				
	SO	0	13	27	35	38	40	124	219	333	404	398	279	0	NO				
20. Febrero	O	0	13	27	35	38	38	38	108	271	393	420	320	0	O	24. Agosto			
	NO	0	13	27	35	38	38	38	38	75	119	179	157	0	SO				
	Horizontal	0	59	230	377	523	596	623	596	523	377	230	59	0	Horizontal				
	N	0	10	24	32	35	38	38	38	35	32	24	10	0	S				
	NE	0	73	100	46	35	38	38	38	35	32	24	10	0	SE				
	E	0	268	387	358	252	105	38	38	35	32	24	10	0	E				
21. Noviembre	SE	0	268	414	436	396	295	189	84	46	32	24	10	0	NE	21. Mayo			
	S	0	94	176	246	260	282	287	260	246	176	94	0	0	N				
	SO	0	10	24	32	46	84	189	295	396	436	414	268	0	NO				
	O	0	10	24	32	35	38	38	105	252	358	387	268	0	O				
	NO	0	10	24	32	35	38	38	38	35	46	100	73	0	SO				
	Horizontal	0	46	168	355	474	547	569	547	474	355	168	46	0	Horizontal				
22. Diciembre	N	0	10	24	32	35	38	38	38	35	32	24	10	0	S	21. Junio			
	NE	0	40	75	46	35	38	38	38	35	32	24	10	0	SE				
	E	0	233	371	352	246	113	38	38	35	32	24	10	0	E				
	SE	0	268	417	442	404	328	214	97	62	32	24	10	0	NE				
	S	0	135	200	254	295	314	325	314	295	254	200	135	0	N				
	SO	0	10	24	32	62	97	214	328	404	442	417	268	0	NO				
	O	0	10	24	32	35	38	38	113	246	352	371	233	0	O				
	NO	0	10	24	32	35	38	38	38	35	46	75	40	0	SO				
	Horizontal	0	38	179	325	452	523	547	523	452	325	179	38	0	Horizontal				
	N	0	10	24	32	35	38	38	38	35	32	24	10	0	S				
	NE	0	40	75	46	35	38	38	38	35	32	24	10	0	SE				
	E	0	233	371	352	246	113	38	38	35	32	24	10	0	E				

Correcciones	Marco metálico o niquén marco × 1/0,85 ó 1,17	Defecto de limpieza 15 % máx.	Altitud + 0,7 % por 300 m	Punto de rocío superior a 19,5 °C - 14 % por 10° C	Punto de rocío superior a 19,5 °C + 14 % por 10° C	Latitud sur Dic. o enero + 7 %
--------------	--	-------------------------------------	------------------------------	--	--	--------------------------------------

Correcciones

Marco metálico o ningún marco

Defecto de limpieza

Altitud + 0,7 % por 300 m

Punto de rocío superior a 19,5 °C

Punto de rocío superior a 19,5 °C

Latitud sur Dic. o enero + 7 %

Valores subrayados-máximos mensuales

Valores encuadrados-máximos anuales

TABLA 1.11 FACTORES DE ALMACENAMIENTO SOBRE CARGA TERMICA, APORTACIONES SOLARES A TRAVES DE VIDRIO.1

Dispositivos con elementos de sombra interiores*

Funcionamiento de 16 horas diarias, Temperatura interior constante**

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	
NE	750 y más	0,53	0,64	0,59	0,47	0,31	0,25	0,24	0,22	0,18	0,17	0,16	0,14	0,12	0,09	0,08	0,07	SE
	500	0,33	0,65	0,61	0,50	0,33	0,27	0,22	0,21	0,17	0,16	0,15	0,13	0,11	0,08	0,07	0,06	
	150	0,56	0,77	0,73	0,58	0,36	0,24	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,07	0,04	0,02	0,02	
E	750 y más	0,47	0,63	0,68	0,64	0,54	0,38	0,27	0,25	0,20	0,18	0,17	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	E
	500	0,46	0,63	0,70	0,67	0,56	0,38	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,09	0,08	0,07	
	150	0,47	0,71	0,80	0,79	0,64	0,42	0,25	0,19	0,16	0,14	0,11	0,09	0,07	0,04	0,02	0,02	
SE	750 y más	0,14	0,37	0,55	0,66	0,70	0,68	0,58	0,46	0,27	0,24	0,21	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	NE
	500	0,11	0,35	0,53	0,66	0,72	0,69	0,61	0,47	0,28	0,24	0,21	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	
	150	0,02	0,31	0,57	0,75	0,84	0,81	0,69	0,50	0,30	0,20	0,17	0,13	0,09	0,05	0,04	0,03	
S	750 y más	0,19	0,18	0,24	0,48	0,60	0,68	0,73	0,74	0,64	0,59	0,43	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	N
	500	0,16	0,14	0,21	0,46	0,59	0,69	0,76	0,70	0,69	0,59	0,45	0,26	0,22	0,18	0,16	0,13	
	150	0,12	0,23	0,44	0,64	0,77	0,86	0,88	0,82	0,54	0,50	0,24	0,16	0,11	0,08	0,05	0,04	
SO	750 y más	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,32	0,47	0,60	0,63	0,66	0,61	0,47	0,23	0,19	0,18	0,16	NO
	500	0,20	0,19	0,18	0,17	0,18	0,31	0,46	0,60	0,66	0,70	0,64	0,50	0,26	0,20	0,17	0,15	
	150	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,24	0,47	0,67	0,81	0,86	0,79	0,60	0,26	0,17	0,12	0,08	
O	750 y más	0,23	0,23	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18	0,25	0,36	0,32	0,43	0,45	0,35	0,22	0,19	0,17	O
	500	0,22	0,21	0,19	0,19	0,17	0,16	0,15	0,23	0,36	0,34	0,46	0,48	0,60	0,25	0,20	0,17	
	150	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,19	0,42	0,45	0,81	0,85	0,74	0,30	0,19	0,13	
NO	750 y más	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,16	0,33	0,49	0,41	0,60	0,19	0,17	0,15	SO
	500	0,19	0,19	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,16	0,34	0,52	0,45	0,23	0,18	0,15	0,12	
	150	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,17	0,39	0,63	0,80	0,79	0,38	0,18	0,12	
N y sombra	750 y más	0,23	0,58	0,75	0,79	0,80	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,39	0,35	0,31	S y sombra
	500	0,25	0,66	0,73	0,78	0,82	0,82	0,83	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,40	0,34	0,29	
	150	0,07	0,22	0,49	0,60	0,84	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,35	0,23	0,16	

TABLA 19. DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)

Muros soleados o en sombra*

Valedero para muros de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h. mes de Julio y 40° de latitud Norte**

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	2,8	8,3	12,2	12,8	13,3	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	6,7	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	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	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	-0,5					
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	8,9	8,3	7,8	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	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	5,5	7,8	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	4,4	3,9	3,9	3,9					
E	100	0,5	9,4	16,7	18,3	20,0	19,4	17,8	11,1	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	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	16,7	17,2	17,2	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	2,8	2,2	1,7	0,5	0,5	0					
	500	2,8	2,8	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,9	13,3	11,1	10,0	8,9	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,9	3,3	3,3					
	700	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	10,0	9,4	8,9	7,8	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	7,2	7,2	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	8,3	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	4,1	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	4,4	4,4	3,9	3,9	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	8,9	8,3	7,8	7,2	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	1,1	0,5	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	5,0	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	2,2	2,2	3,9	5,5	7,2	7,8	8,3	8,9	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9					
SO	100	-1,1	-2,2	-2,2	-1,1	0	2,2	3,3	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	23,3	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	4,5	1,1	4,4	6,7	13,3	17,8	19,4	20,0	19,4	18,9	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	8,3	10,0	10,6	11,1	7,2	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4					
O	100	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	7,8	11,1	17,8	22,2	25,0	26,7	18,9	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	13,9	15,6	15,0	14,4	10,6	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	6,1	6,7	7,8	8,9	11,7	12,2	12,8	12,2	11,1	10,0	8,9	8,3	7,2	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	20,6	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	2,8	3,3	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,9	3,3	3,3	2,8	2,8					
	700	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	7,8	10,0	10,6	11,1	8,9	7,2	6,1	5,5	5,0					
N (en la sombra)	100	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	4,5	2,2	4,4	5,5	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	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1					
	500	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	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	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	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																												

Ecuación: Ganancias por transmisión a través de los muros (kcal/h) = Área (m²) × (Diferencia equivalente de temperatura) × (Coeficiente de transmisión global, tablas 21 a 25).

* Válido tanto si el muro tiene o no aislamiento.

** Para condiciones diferentes, aplicar las correcciones indicadas en el texto.

*** El peso por m² de los tipos de construcción clásicos están indicados en las tablas 21 a 25.

Para pesos por m² inferiores a 100 kg/m², tomar los valores correspondientes a 100 kg/m².

TABLA 20. DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)
TECHO SOLEADO O EN SOMBRA*

Valedero para techos de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h., mes de Julio y 40° de latitud Norte**

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	3,9	8,3	13,3	17,8	21,1	23,9	25,6	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	-0,5	-1,1	-0,5	1,1	5,0	8,9	12,8	16,7	20,0	22,8	23,9	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	18,3	21,1	22,2	22,8	21,7	19,4	17,8	15,6	13,3	11,1	9,4	7,2	6,1	5,0	3,3					
	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	6,1					
	400	7,2	6,7	6,1	6,1	6,7	7,2	8,9	12,2	14,4	15,6	17,8	19,4	20,6	20,6	19,4	18,9	18,9	17,8	16,7	15,0	12,8	11,1	10,0	7,8					
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	-2,8					
	200	-1,7	-1,1	-0,5	-0,5	0	2,8	5,5	7,2	8,3	8,3	8,9	8,3	8,3	7,8	6,7	5,5	3,9	2,8	1,7	0,5	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7					
	300	-0,5	-1,1	-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	0					
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	-1,7	-1,7	-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	7,2	6,7	5,0	3,9	2,8	1,7	0,5	0	0	-0,5	-0,5	-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	-0,5					
(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	-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	-2,8					
	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	-1,1					
		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																														

Ecuación: Ganancias por transmisión a través del techo (kcal/h) = Área (m²) × (Diferencia equivalente de temperatura) × (Coeficiente de transmisión global, tablas 27 ó 28).

* Si las bóvedas o buhardillas están ventiladas o si el techo está aislado, tomar el 75 % de los valores precedentes.

Para techos inclinados, considerar la proyección horizontal de la superficie.

** Para condiciones diferentes, aplicar las condiciones indicadas en el texto

*** Los pesos por m² de los tipos de construcción clásicos están indicados en las tablas 27 ó 28.

Anexo 8: Matriz de Consistencia

Título: Implementación de un chiller para mejorar la eficiencia y carga térmica en condiciones de baja demanda de un sistema de aire acondicionado en un edificio corporativo.				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	METODOLOGIA
¿Cómo afecta en el enfriamiento del sistema actual, el requerimiento de baja demanda térmica del edificio?	Implementar un chiller para mejorar la eficiencia y carga térmica en condiciones de baja demanda térmica del edificio.	La implementación de un chiller tiene efecto en el enfriamiento del edificio con baja demanda térmica.	Enfriamiento del chiller en baja demanda térmica.	Deductivo directo.
				Tipo cuantitativa.
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO:	HIPÓTESIS ESPECÍFICA:	VARIABLE DEPENDIENTE	NIVEL DE INVESTIGACIÓN
a) ¿En qué medida el dimensionamiento del chiller afectará en las condiciones de baja demanda en el edificio? b) ¿Como afecta al chiller en baja demanda cuando no trabaja en condiciones óptimas? c) ¿Cómo afecta la eficiencia energética si trabaja en condiciones de baja demanda?	a) Seleccionar adecuadamente un Chiller para las condiciones de baja demanda en el edificio. b) Instalar el chiller, adecuándose al sistema actualmente instalado del edificio y se elimine la migración de aceite y paradas intempestivas del chiller. c) Evaluar la eficiencia energética del chiller instalado en el sistema de aire acondicionado del edificio corporativo.	a) La selección de un chiller, influye en el sistema de enfriamiento del edificio. b) La instalación de un chiller, influye en la operatividad sistema de enfriamiento del edificio. c) La evaluación energética del chiller, permite medir la performance del sistema de enfriamiento.	Baja demanda térmica. Migración de aceite y paradas intempestivas. Eficiencia energética del chiller	Es descriptivo correlacional, porque describiremos las características necesarias del chiller para ser instalado y correlacional porque hay una relación entre variables.
				UNIDAD DE ESTUDIO
				Chiller centrífugo enfriado por agua.