



sustainability
symposium

Máximo Rendimiento Energético en Plantas de Agua Helada para Aplicaciones Comerciales & Industriales.

**Junio 10, 2016
EXPO ENERGÍA
San Pedro Sula, Honduras**



Introducción

Objetivo:

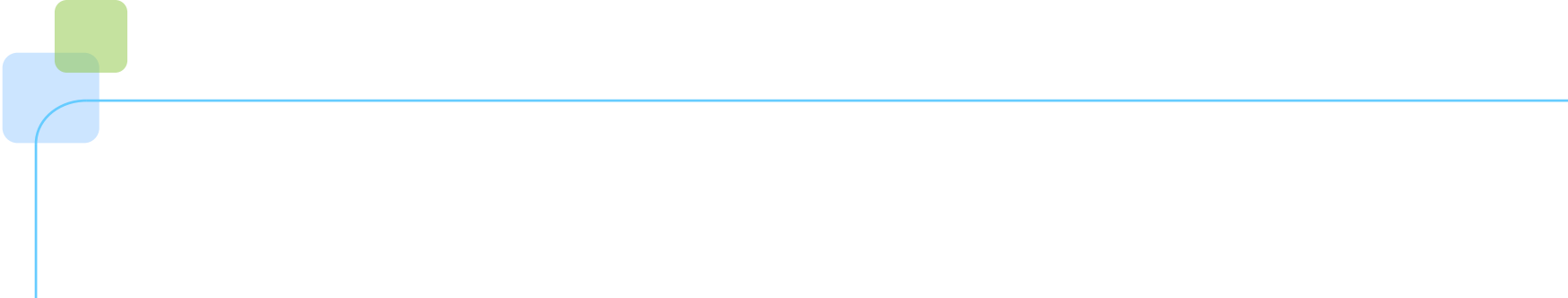
Aprender acerca de Conceptos de Diseño de Plantas de Agua Helada que permitan exceder (por hasta 50%) los estándares energéticos de la industria (ASHRAE 90.1).



Introducción

Temas a Discutir:

- Métodos de Evaluación de Eficiencia Energética.
- Factores que influyen en el consumo energético de un Chiller.
- Comportamiento de distintas tecnologías de compresión.
- Conceptos de Diseño de Plantas de AH para Maximización de Ahorro.



MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE ENFRIADORES Y PLANTAS



Método de Eficiencia a Carga Plena

1. Consiste en evaluar el kw/ton del enfriador a carga plena, a condiciones de diseño.
2. Es el método mas usado en especificaciones.
3. Es el método mas simple.
4. Un valor único define el rendimiento del enfriador.

Mito de la eficiencia a carga plena.



Para que un “sistema” este a carga plena se deben dar las siguientes condiciones:

OCURRE
<1%

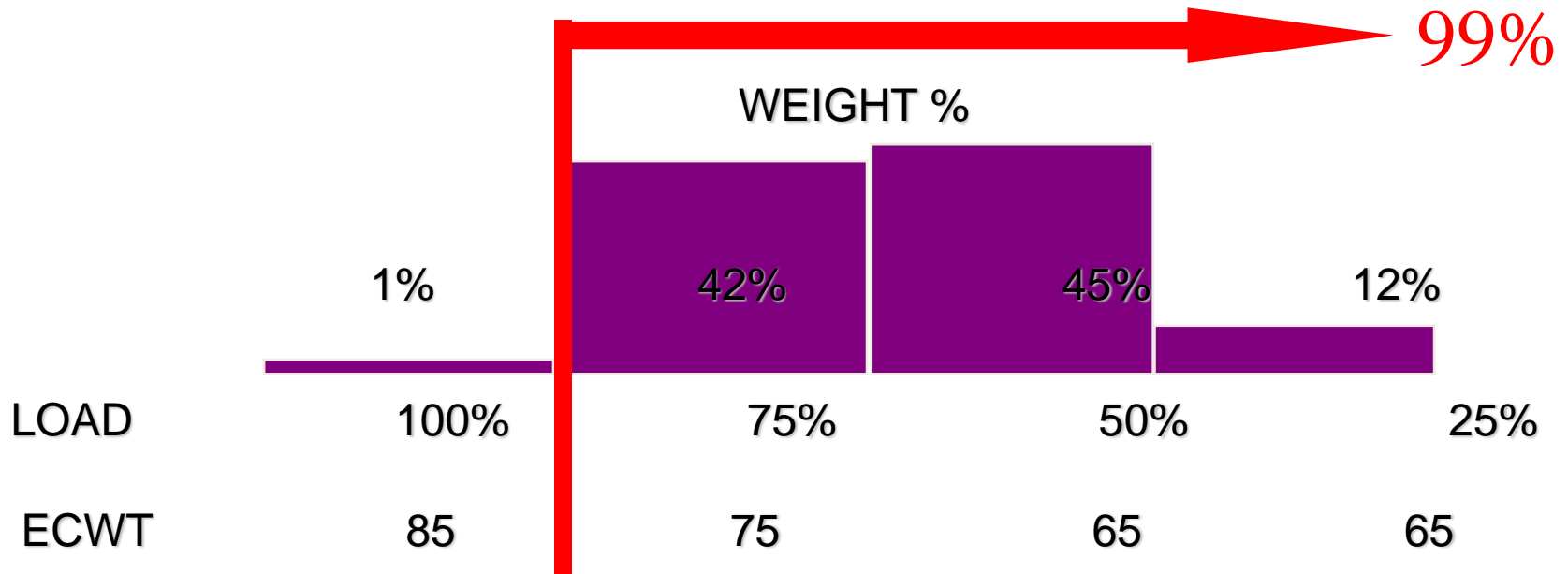
- ✓ Temperatura mas calida de diseño
- ✓ Ocupacion total de diseño
- ✓ Carga solar total
- ✓ Carga calorifica total, Equipo, luces, gente, etc.

Deben ocurrir simultaneamente !!

ARI 550/590

ARI Part Load Weighting Factors

$$\text{IPLV OR NPLV} = \frac{1}{\frac{0.01}{A} + \frac{0.42}{B} + \frac{0.45}{C} + \frac{0.12}{D}}$$



MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

~~1. Método de Eficiencia a Carga Plena~~

Los enfriadores están a carga plena <1% del tiempo.



Métodos Estandarizados por AHRI 550/590 -1998

IPLV Integrated part-load Value

NPLV Non-Standard part-load Value

AHRI Standard 550/590

3.9.1 *Integrated Part-Load Value (IPLV)*. A single number part-load efficiency figure of merit calculated per the method described in this standard at Standard Rating Conditions.

Como Calcular IPLV, NPLV En kW/ton

$$\begin{array}{l} \text{IPLV} \\ \text{or} \\ \text{NPLV} \end{array} = \frac{1}{\frac{0.01}{A} + \frac{0.42}{B} + \frac{0.45}{C} + \frac{0.12}{D}}$$

A = kW/Ton at 100%

B = kW/Ton at 75%

C = kW/Ton at 50%

D = kW/Ton at 25%



Condiciones AHRI para el cálculo de IPLV

Condiciones de operación especificadas en el estándar AHRI 550/590 para calcular el IPLV de un chiller:

Evaporador:

- LCHWT : 44F
- Flujo: 2.4 gpm/ton

Condensador:

- ECWT @ 100%: 85F (Agua)
- ECWT @ 75%: 75F (Agua)
- ECWT @ 50%: 65F (Agua)
- ECWT @ 25%: 65F (Agua)
- Flujo: 3.0 gpm/ton

AHRI Standard 550/590

3.9.2 *Non-Standard Part-Load Value (NPLV).*

A single number part-load efficiency figure of merit calculated per the method described in this standard referenced to conditions other than IPLV conditions. (For units that are not designed to operate at Standard Rating Conditions.)



Condiciones AHRI para el cálculo de NPLV

Condiciones de operación especificadas en el estándar AHRI 550/590 para calcular el NPLV de un chiller:

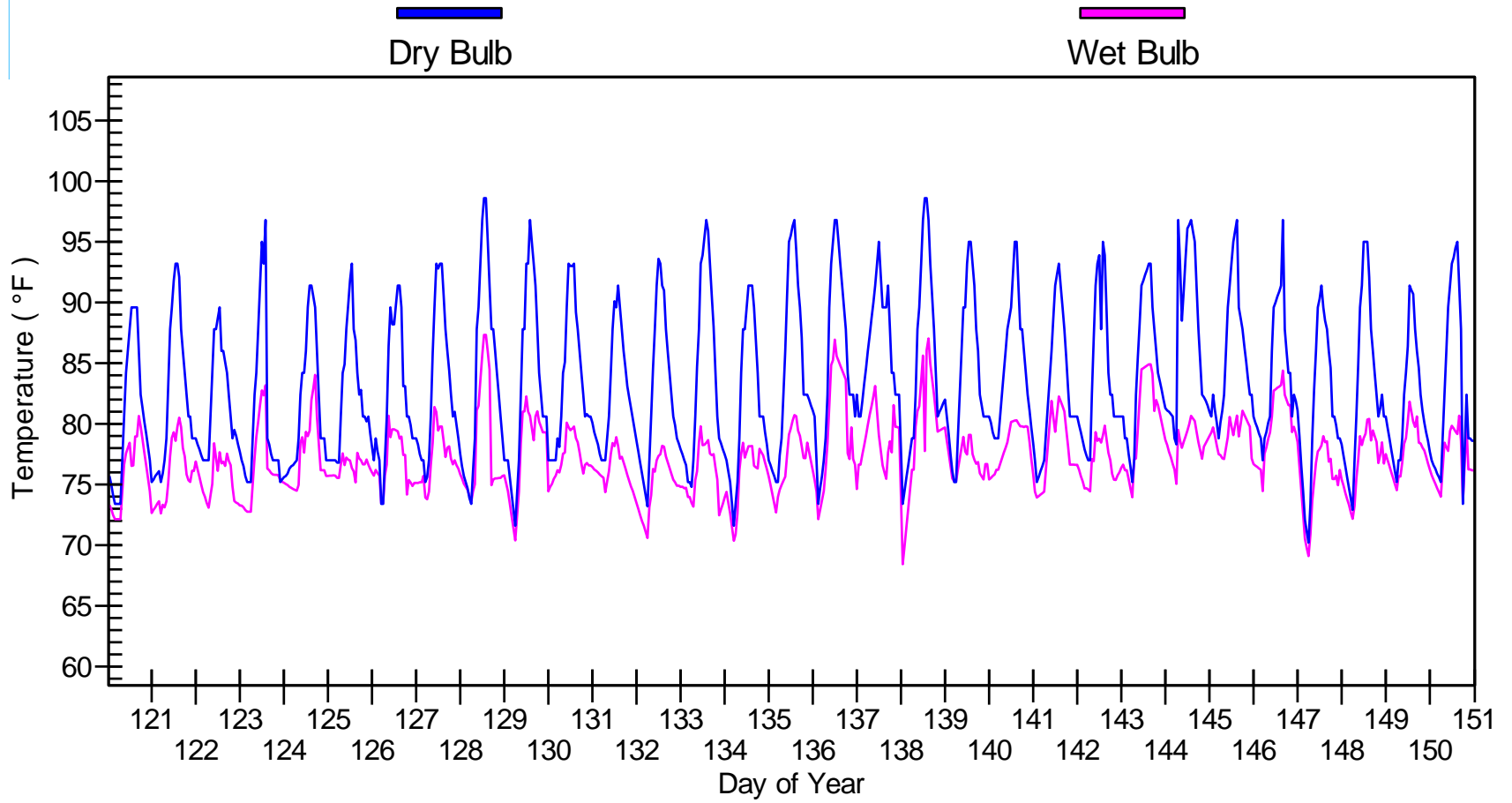
Evaporador:

- LCHWT : Flexible.
- Flujo: Flexible.

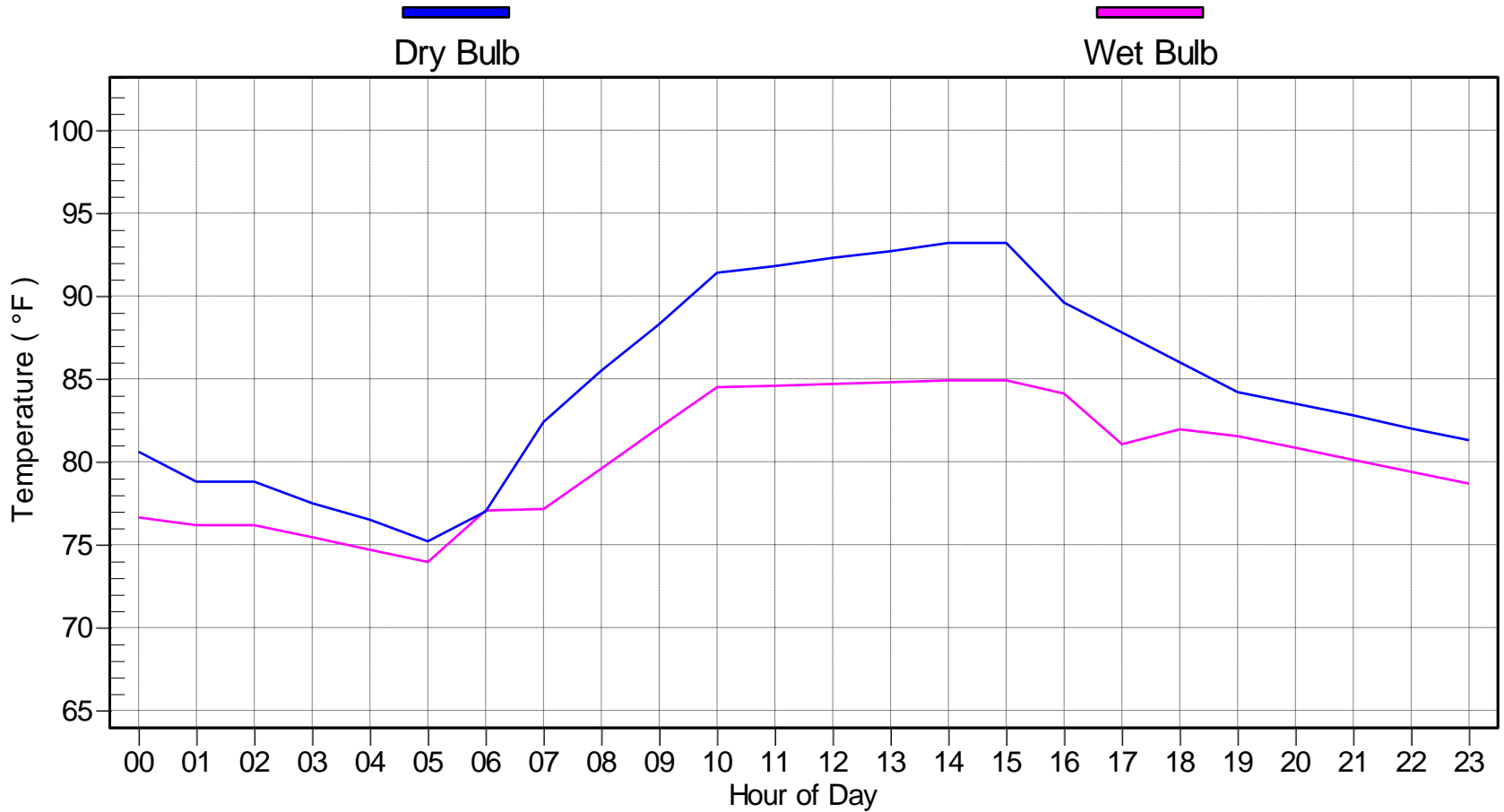
Condensador:

- ECWT @ 100%: Flexible
- ECWT @ 75%: $f(100\%)$.
- ECWT @ 50%: 65F
- ECWT @ 25%: 65F
- Flujo: Flexible.

San Pedro Sula



San Pedro Sula



MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

~~1. Método de Eficiencia a Carga Plena~~

Los enfriadores están a carga plena <1% del tiempo.

~~2. IPLV, NPLV~~

Condiciones Climáticas NO Aplican y los pesos específicos NO son representativos del proyecto.



Método SPLV

1. Indicador específico para cada proyecto.
2. Toma en cuenta que las plantas de enfriadores son de múltiples enfriadores.
3. Toma en cuenta las variaciones climáticas y el efecto instantáneo en el rendimiento de los enfriadores.
4. Toma en cuenta las horas de operación.

Método SPLV

Bin Temp (F)	Building Load (%)	Building Load (Tons)	Cooling Hours	Cooling (Ton-hrs)	Bin Wgt Factor	System (kW/Ton)	Bin Ratio
92.5	100	940	31	29,140	0.0054	0.560	0.0097
87.5	87	813	1,062	863,760	0.1606	0.517	0.3110
82.5	73	685	2,689	1,841,965	0.3426	0.463	0.7400
77.5	59	555	4,049	2,247,195	0.4179	0.418	1.0004
72.5	45	425	929	394,825	0.0734	0.353	0.2081
Total:			8,760	5,376,885	1.0000		2.2692

$$\text{SPLV} = 1 / 2.2692 = 0.441 \text{ KW/TON}$$

$$\text{IPLV or NPLV} = \frac{1}{\frac{0.01}{A} + \frac{0.42}{B} + \frac{0.45}{C} + \frac{0.12}{D}}$$

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

~~1. Método de Eficiencia a Carga Plena~~

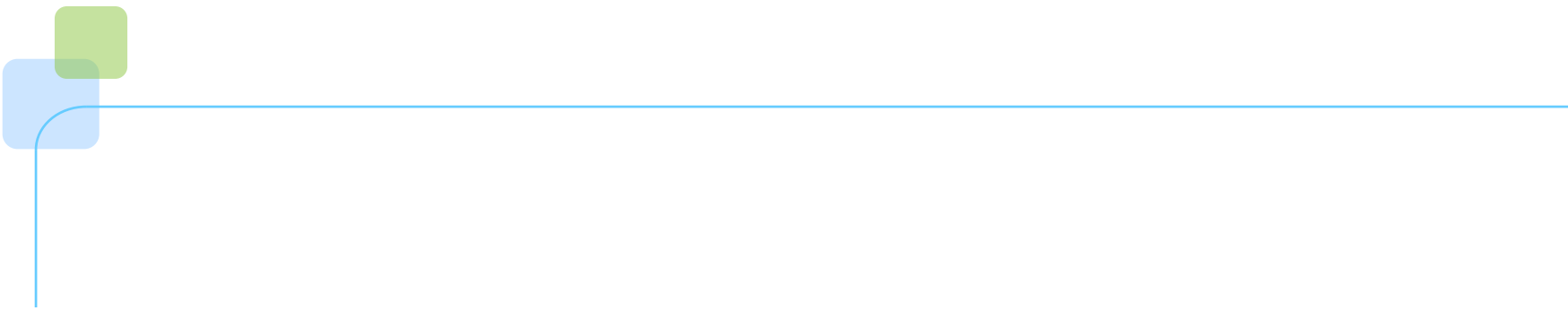
Los enfriadores están a carga plena <1% del tiempo.

~~2. IPLV, NPLV~~

Condiciones Climáticas NO Aplican y los pesos específicos NO son representativos del proyecto.

3. SPLV

- Diseños que realmente buscan ahorro energético deben evaluar condiciones de operación del chiller usando SPLV.
- Recursos limitados obligan a tomar conciencia de realmente diseñar sistemas de bajo consumo energético.
- Beneficiados: Usuarios, futuras generaciones: TODOS !



FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DE UN CHILLER/PLANTA DE AGUA HELADA

Climas Tropicales y su Efecto

Cercanía al Ecuador

Clima Caliente/Húmedo, en varias ubicaciones de forma permanente.

Efecto en el sistema de A/C

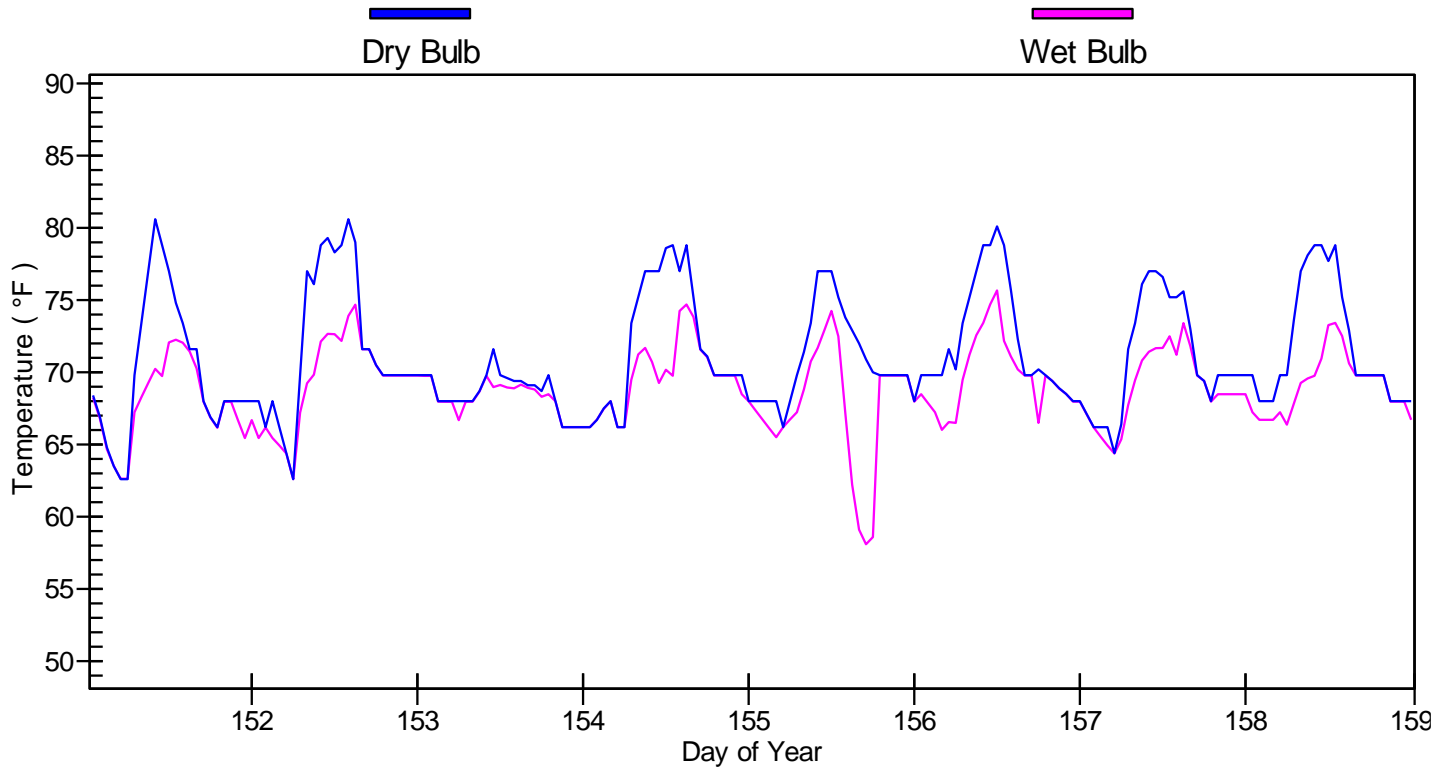
Temperatura de agua de condensación (de la torre) en rangos altos la mayoría del tiempo.



Climas Tropicales y su Efecto

Por Que?

El agua de torre depende de la temperatura bulbo húmedo del aire exterior.



AGUA DE TORRE:

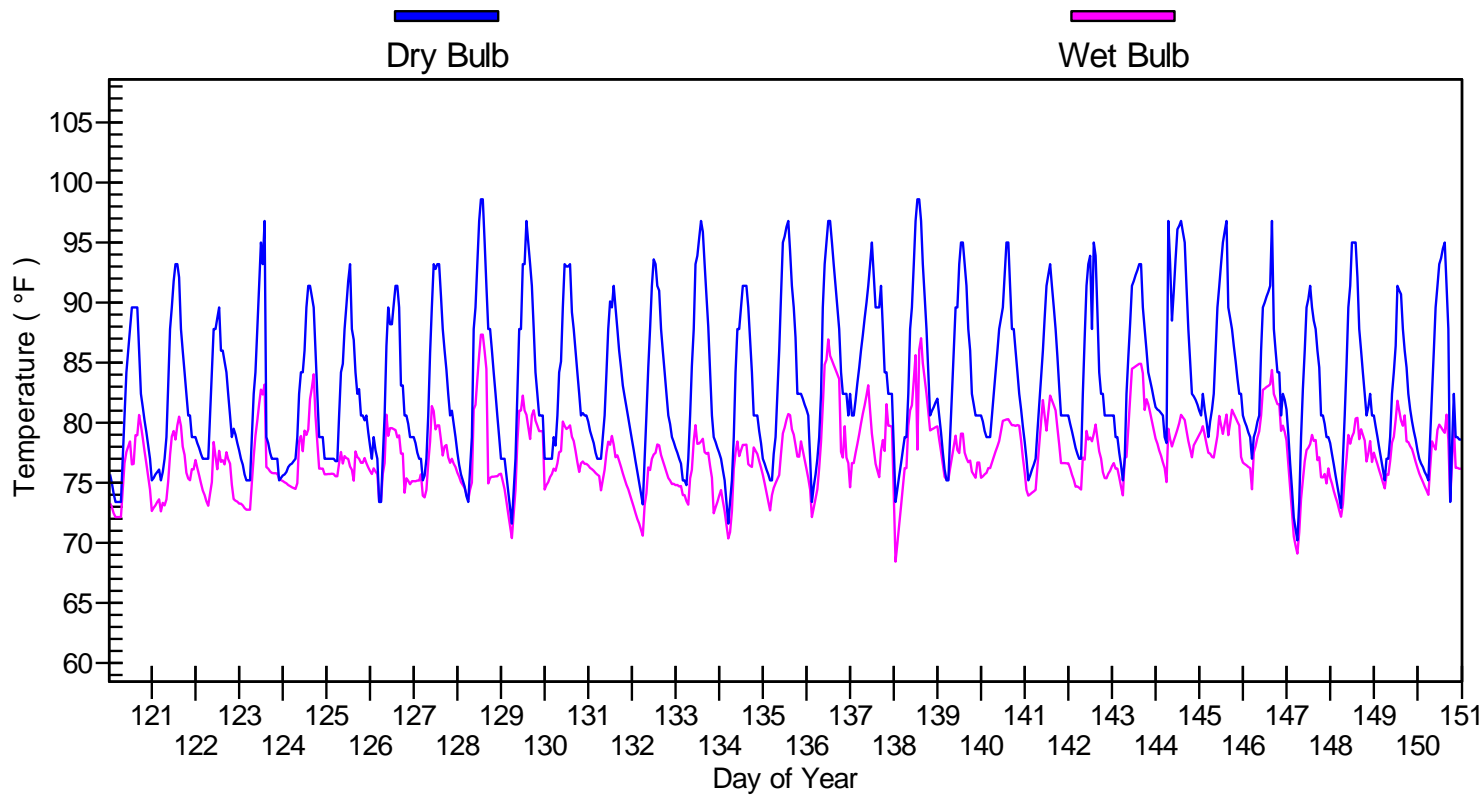
**Hasta 80F
Promedio 77F
Puede bajar hasta 70F y un poco menos**

Temperature Profiles for SAN JOSE Monday, June 1 (day 152) thru Monday, June 8 (day 159)

Climas Tropicales y su Efecto

Por Que?

El agua de torre depende de la temperatura bulbo húmedo del aire exterior.



AGUA DE TORRE:

**Hasta 94F
Promedio 87F
Puede bajar
hasta 82F**

Temperature Profiles for SAN PEDRO SULA MAYO

()* LIFT

Que es?:

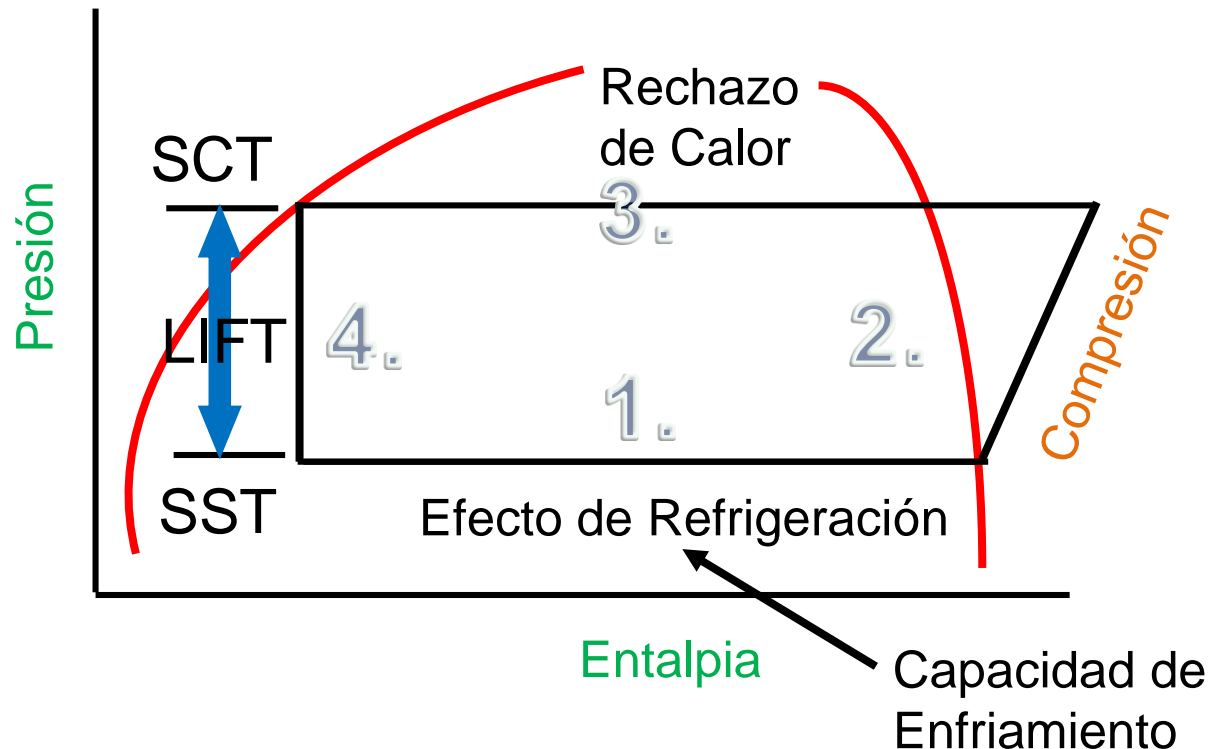
Diferencial entre temperaturas saturadas del evaporador y el condensador.

Es un indicativo de que?:

Cantidad de trabajo que tiene que hacer el compresor.

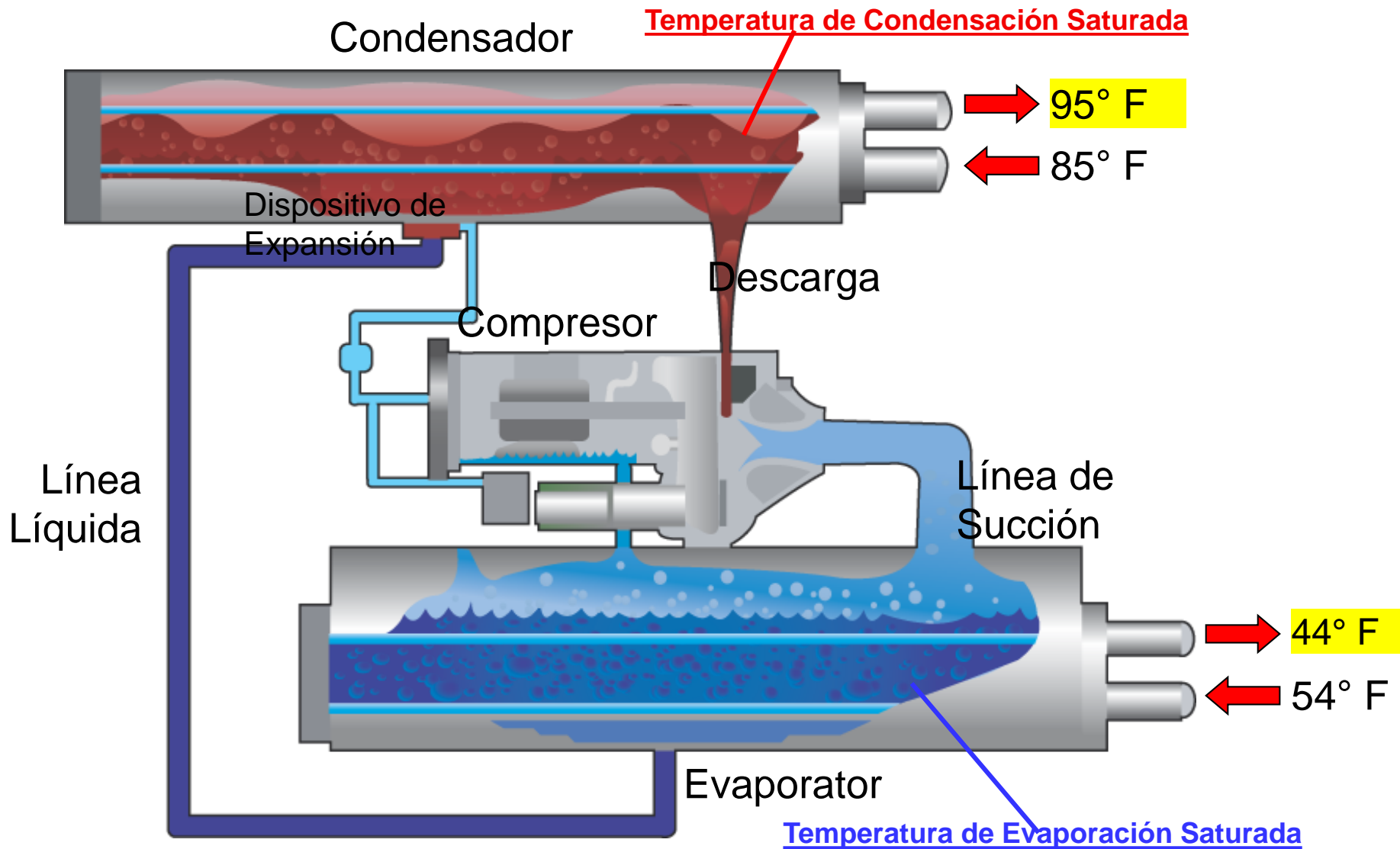
Ciclo de Refrigeración:

1. Evaporador
2. Compresor
3. Condensador
4. Expansión





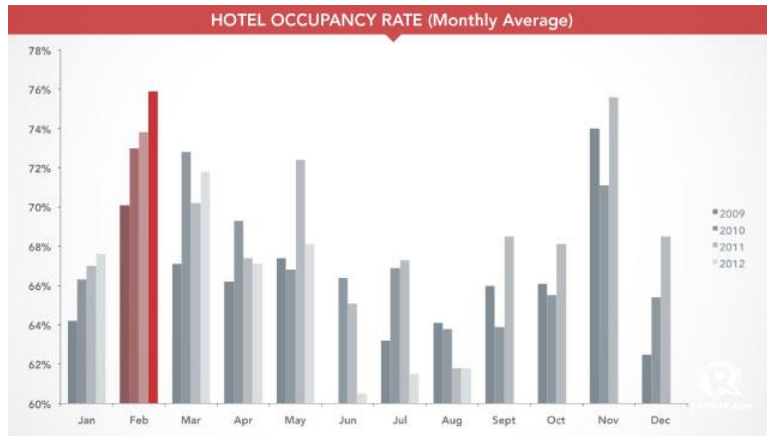
() CICLO DE REFRIGERACIÓN



Tipo de Aplicación y su Efecto

HOTELES

Predomina Carga Parcial



DATA CENTERS

Predomina Cargas Altas



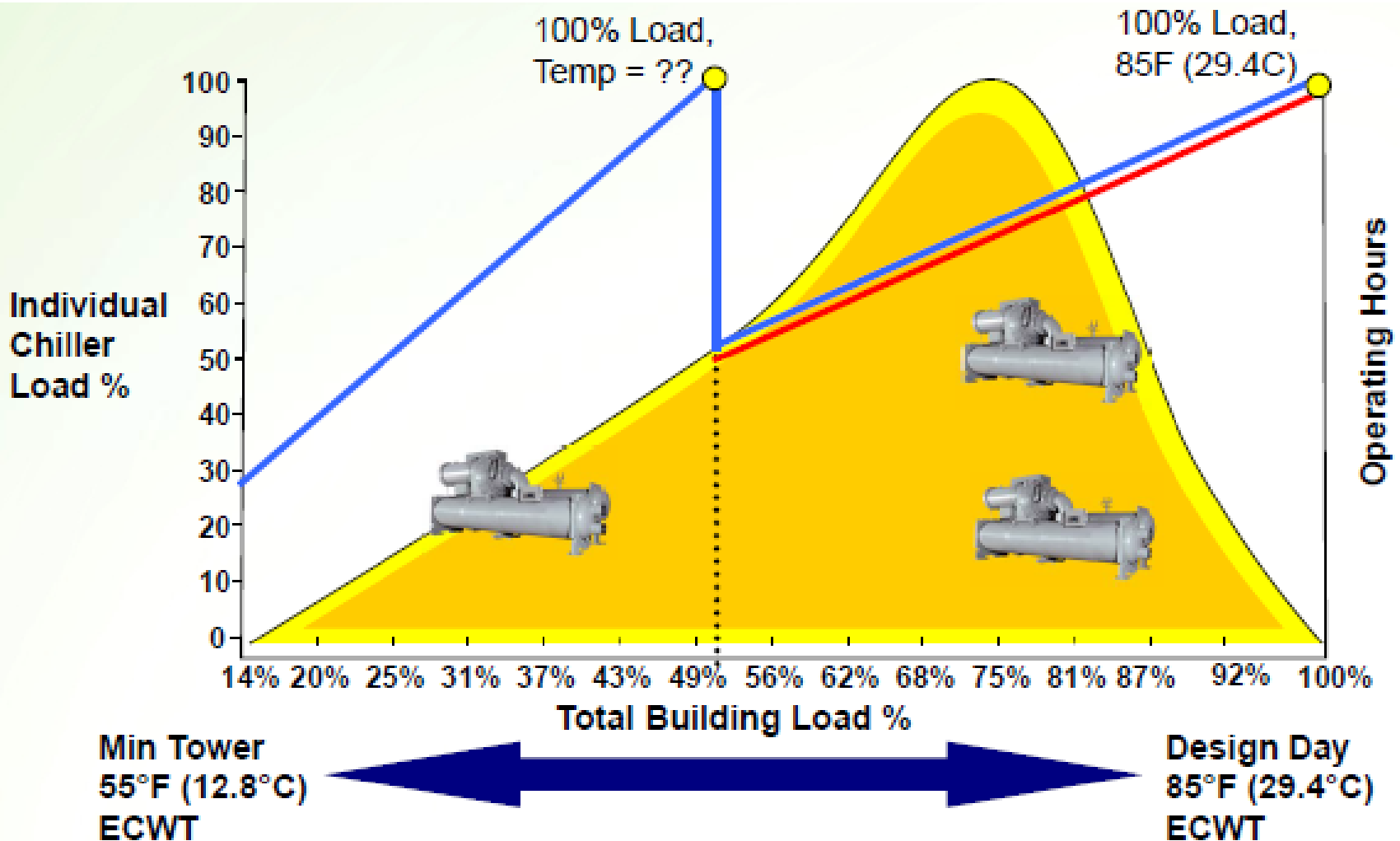
INDUSTRIA

Depende del Proceso pero tiende a cargas media/alta



Configuración de la Planta de AH

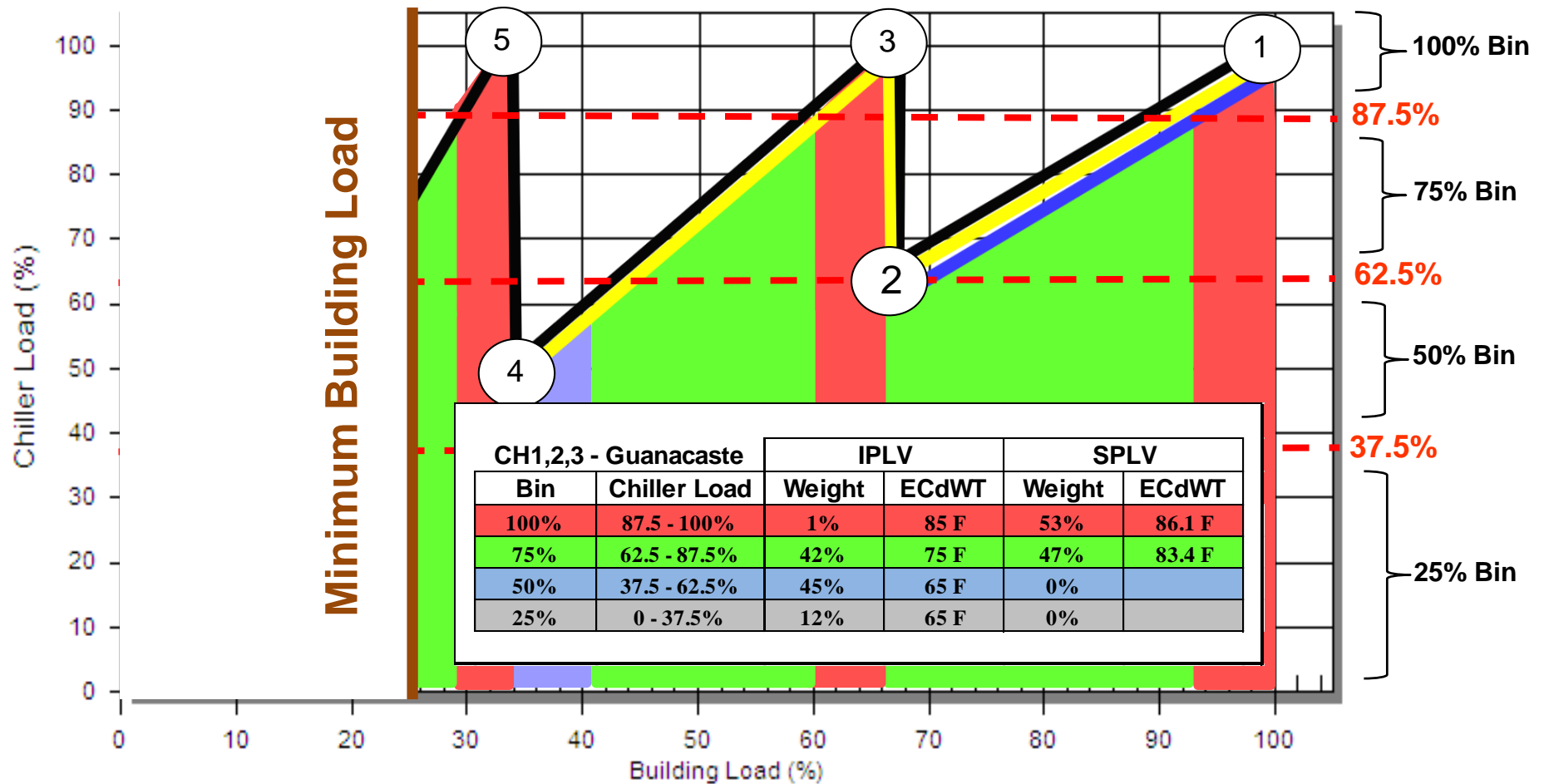
de Chillers y Secuencia





Configuración de la Planta de AH

de Chillers y Secuencia

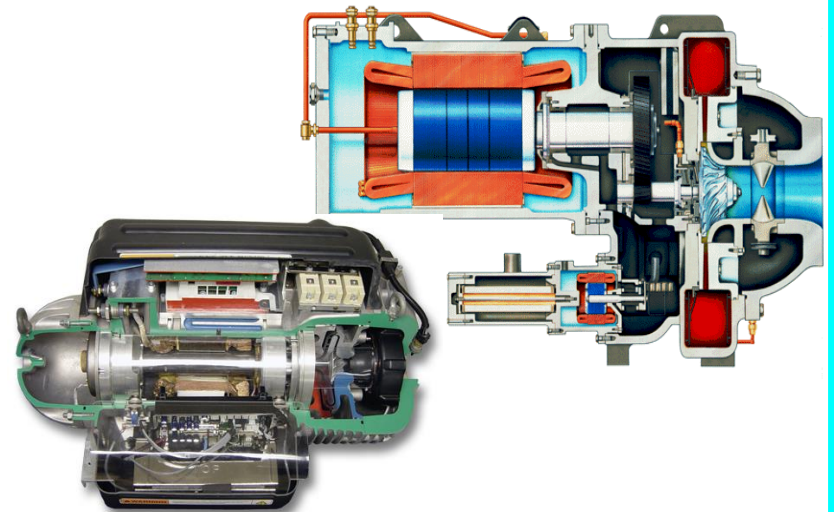
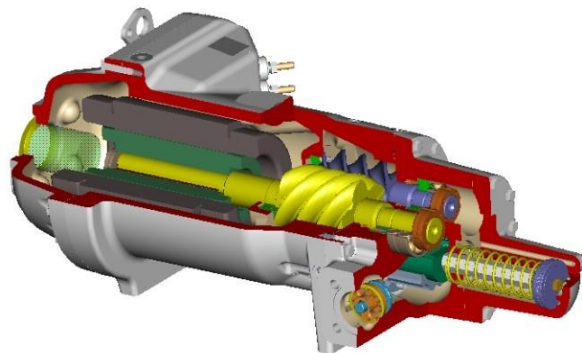
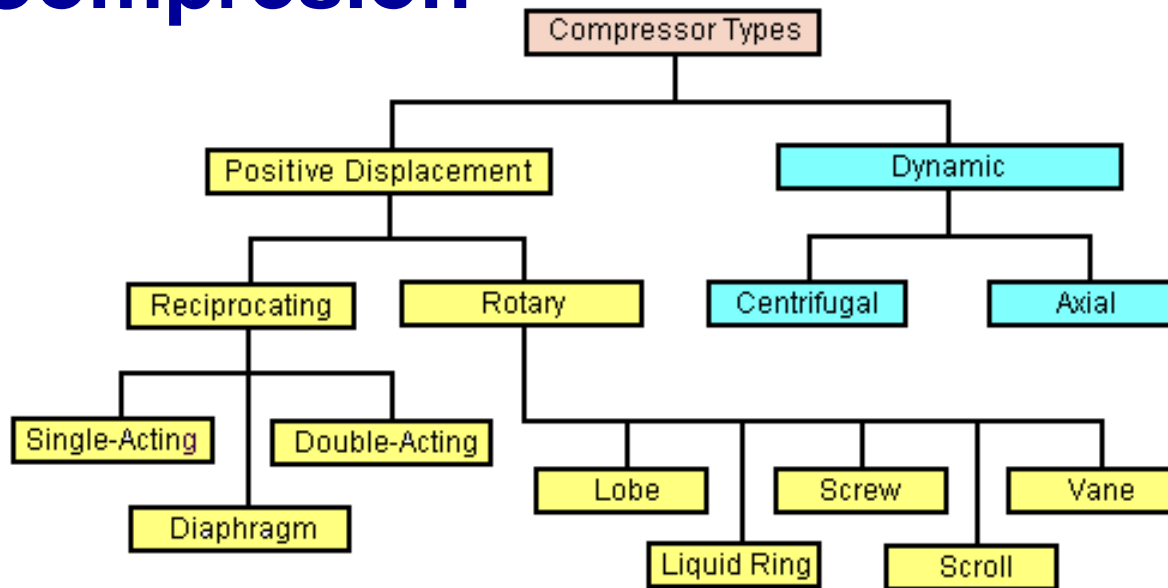


Toda la energía se consume in 75% or 100% bin!



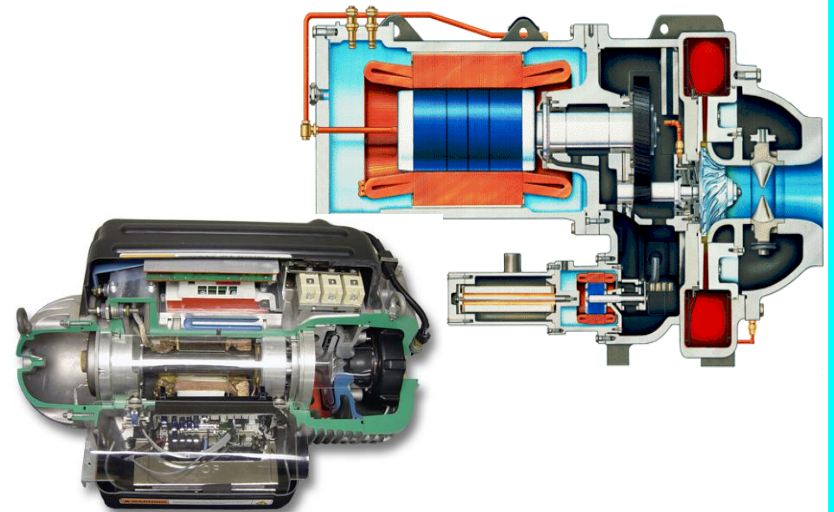
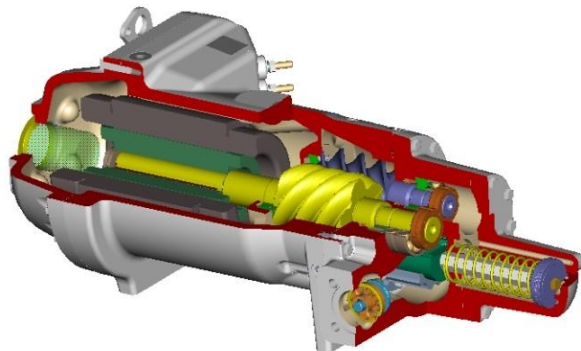
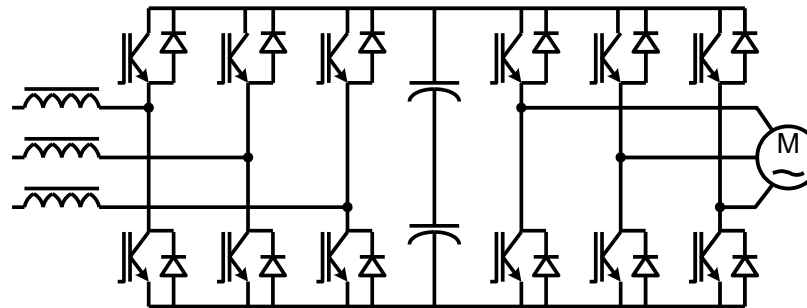
Comportamiento de distintas tecnologías de compresión.

Las distintas tecnologías de Compresión



Las distintas tecnologías de Compresión

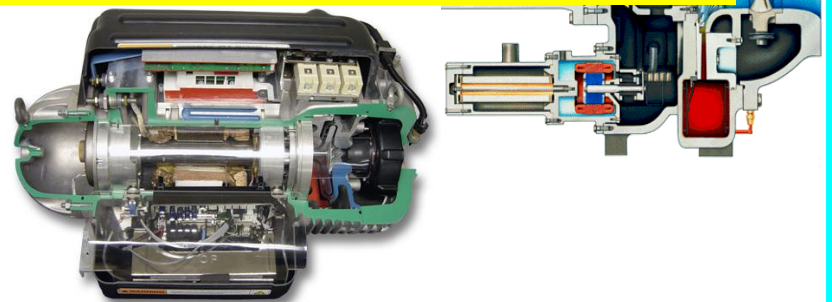
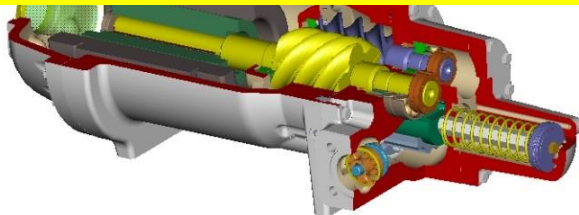
1. Velocidad Constante
2. Velocidad Variable.



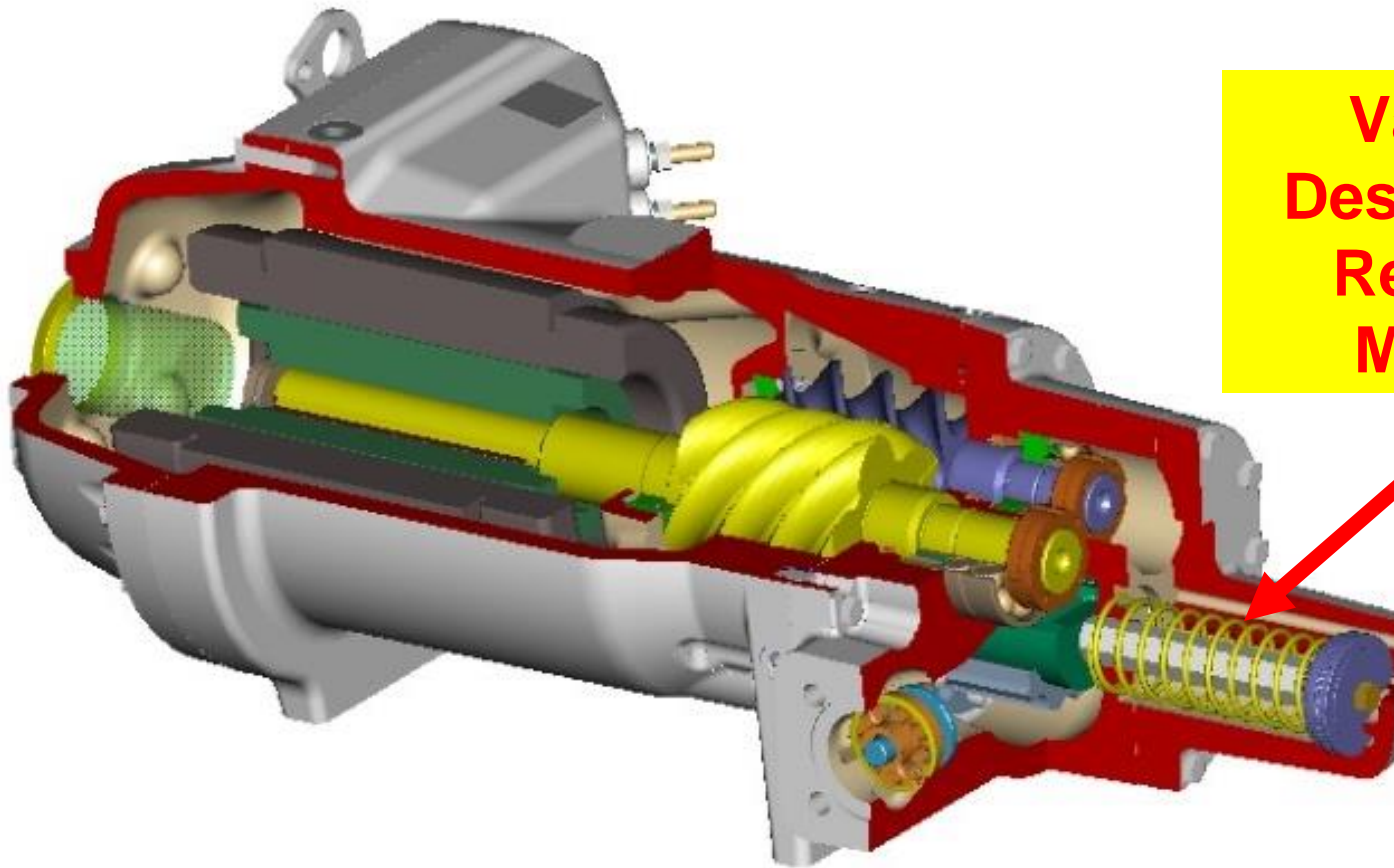
Las distintas tecnologías de Compresión

1. Velocidad Constante
2. Velocidad Variable.

ES EL VFD EL ÚNICO ELEMENTO RESPONSABLE POR CONTROLAR LA CAPACIDAD DEL CHILLER?

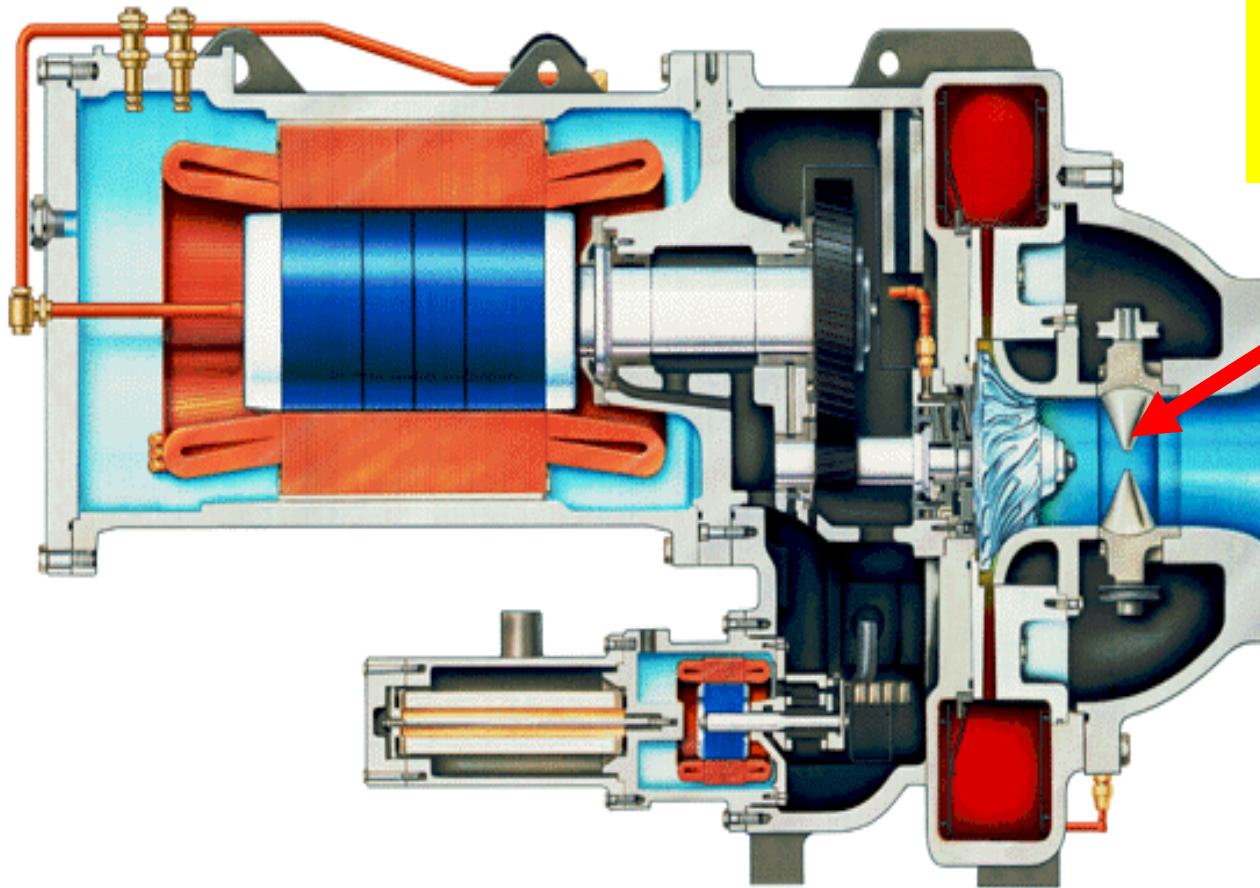


Las distintas tecnologías de Compresión



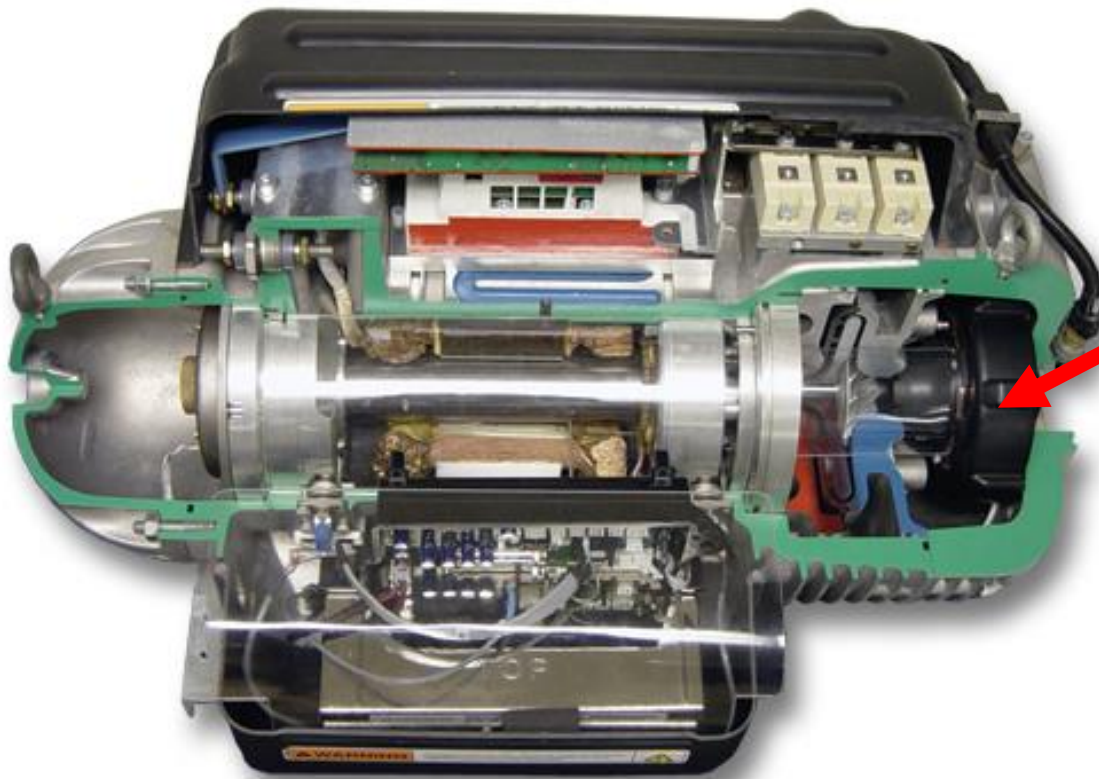
**Válvula de Deslizamiento.
Restricción Mecánica.**

Las distintas tecnologías de Compresión

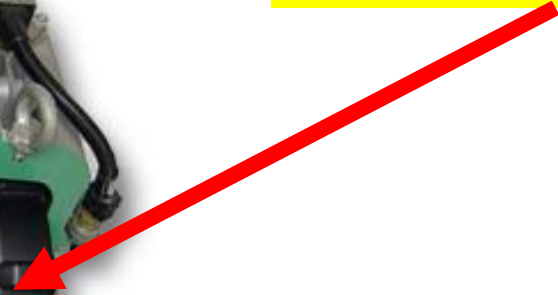


**Vanos Pre-Rotacion (IGV).
Restricción Mecánica.**

Las distintas tecnologías de Compresión

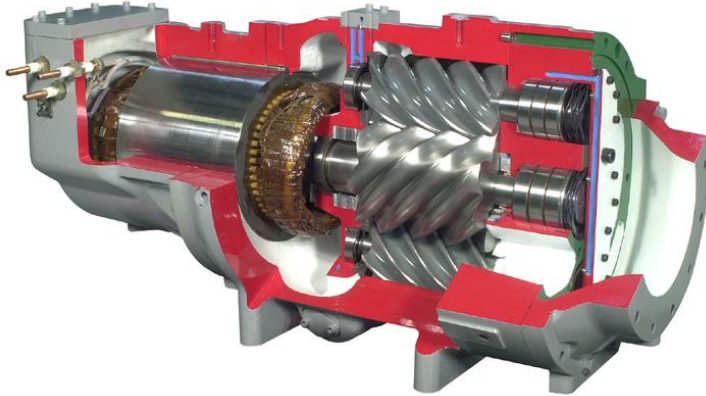


**Vanos Pre-Rotacion (IGV).
Restricción Mecánica.**



Tornillo Tri-Rotor VFD

Confiabilidad Máxima

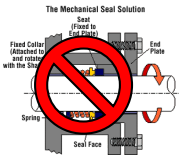


SIN Válvulas de deslizamiento

SIN Vanos de pre-rotacion

- Compresor TRI-ROTOR.
- Desplazamiento Positivo.
- Sin Posibilidad de SURGE***.
- Con una cantidad mínima de partes en movimiento (3 rotores).
- Ágil respuesta a cambios del sistema.

Sellos de Eje



Vanos de Pre-rotacion



Actuadores IVG



Solenoides



Válvula de deslizamiento



Purga

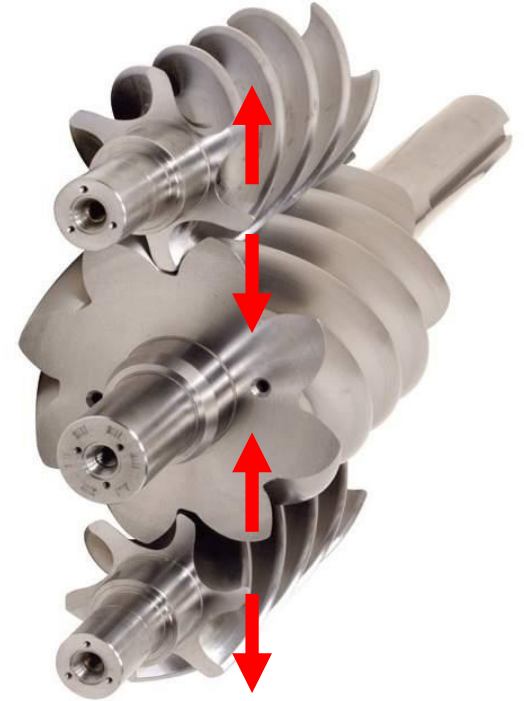
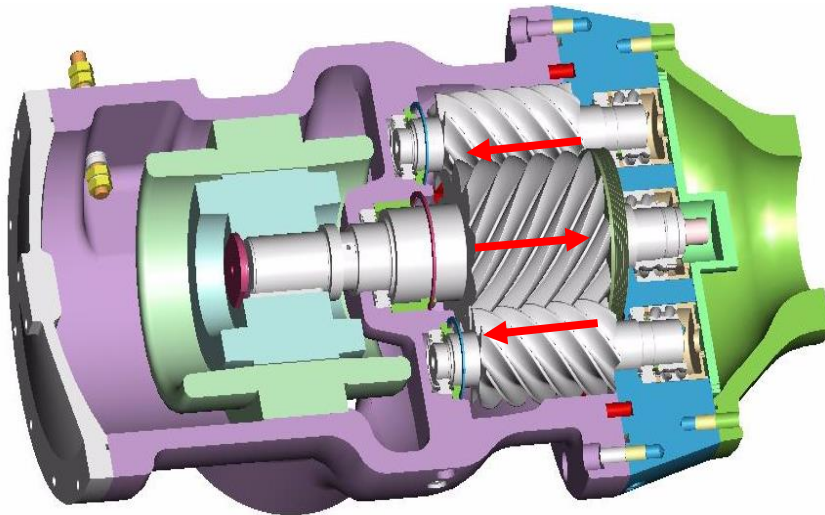




Tornillo Tri-Rotor VFD

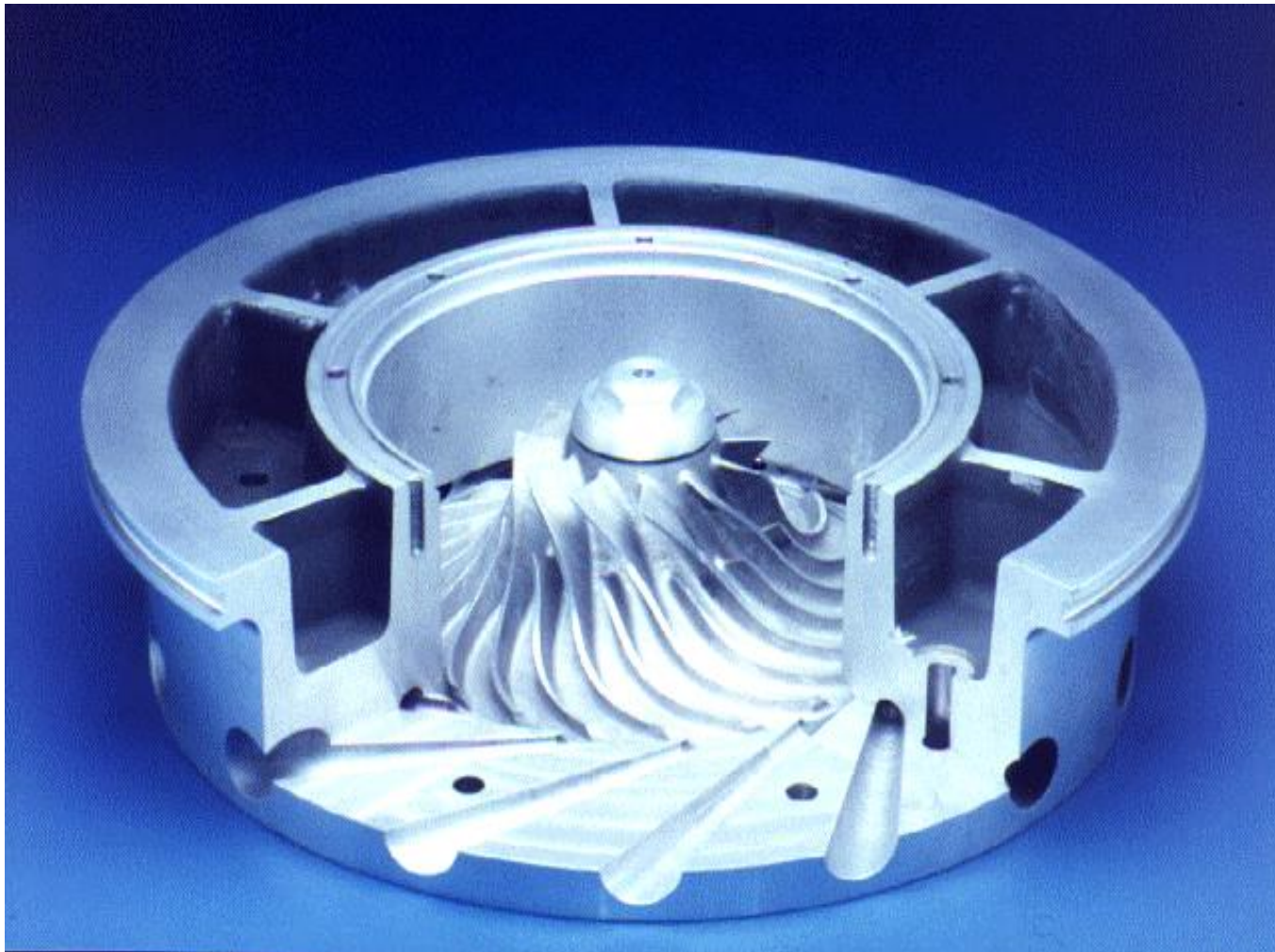
Confiabilidad Máxima

Cargas balanceadas, por diseño tri-rotor, que cancela las cargas opuestas extendiendo la vida útil de los rodamientos en el compresor a 50 años.



**** () ** Impelente (Centrífuga)**

Aplican las leyes de los ventiladores ideales



()* LIFT

Que es?:

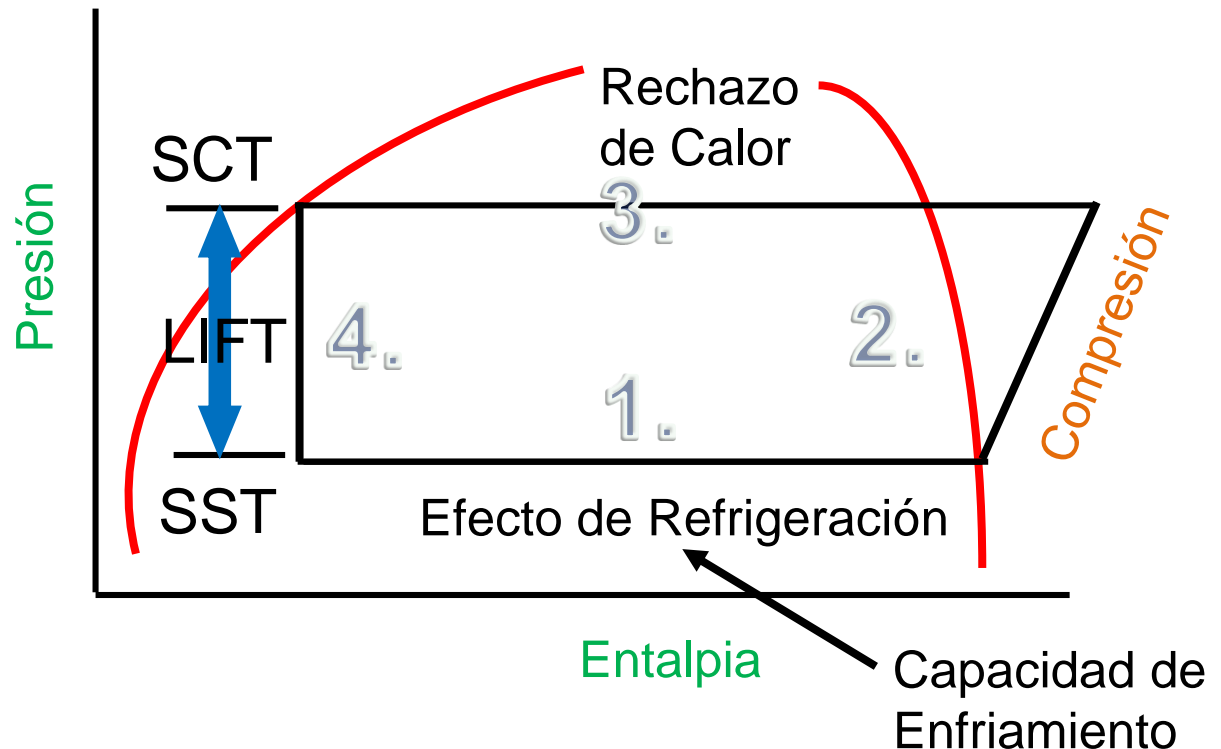
Diferencial entre temperaturas saturadas del evaporador y el condensador.

Es un indicativo de que?:

Cantidad de trabajo que tiene que hacer el compresor.

Ciclo de Refrigeración:

1. Evaporador
2. Compresor
3. Condensador
4. Expansión



** () ** Leyes Ventiladores Ideales

Dictan la relación entre Velocidad, Caudal (Capacidad), Lift y Potencia.

1. Caudal (Capacidad) ~ Velocidad

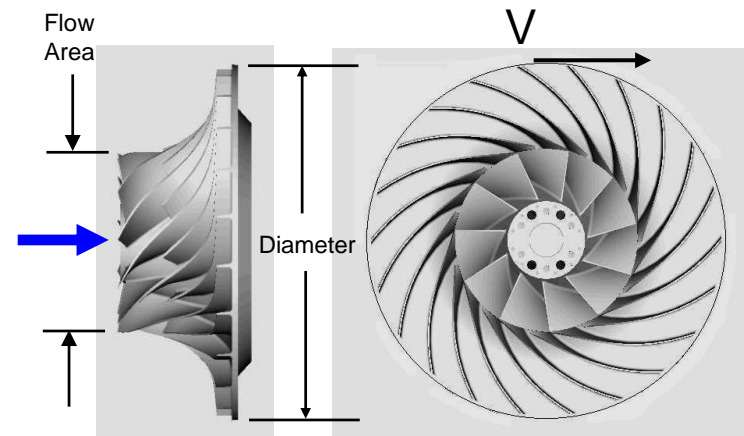
Relacion lineal entre aumento de velocidad y aumento correspondiente de caudal de fluido (capacidad).

2. Lift ~ V^2

Un cambio en velocidad, genera un cambio cuadrado en LIFT.

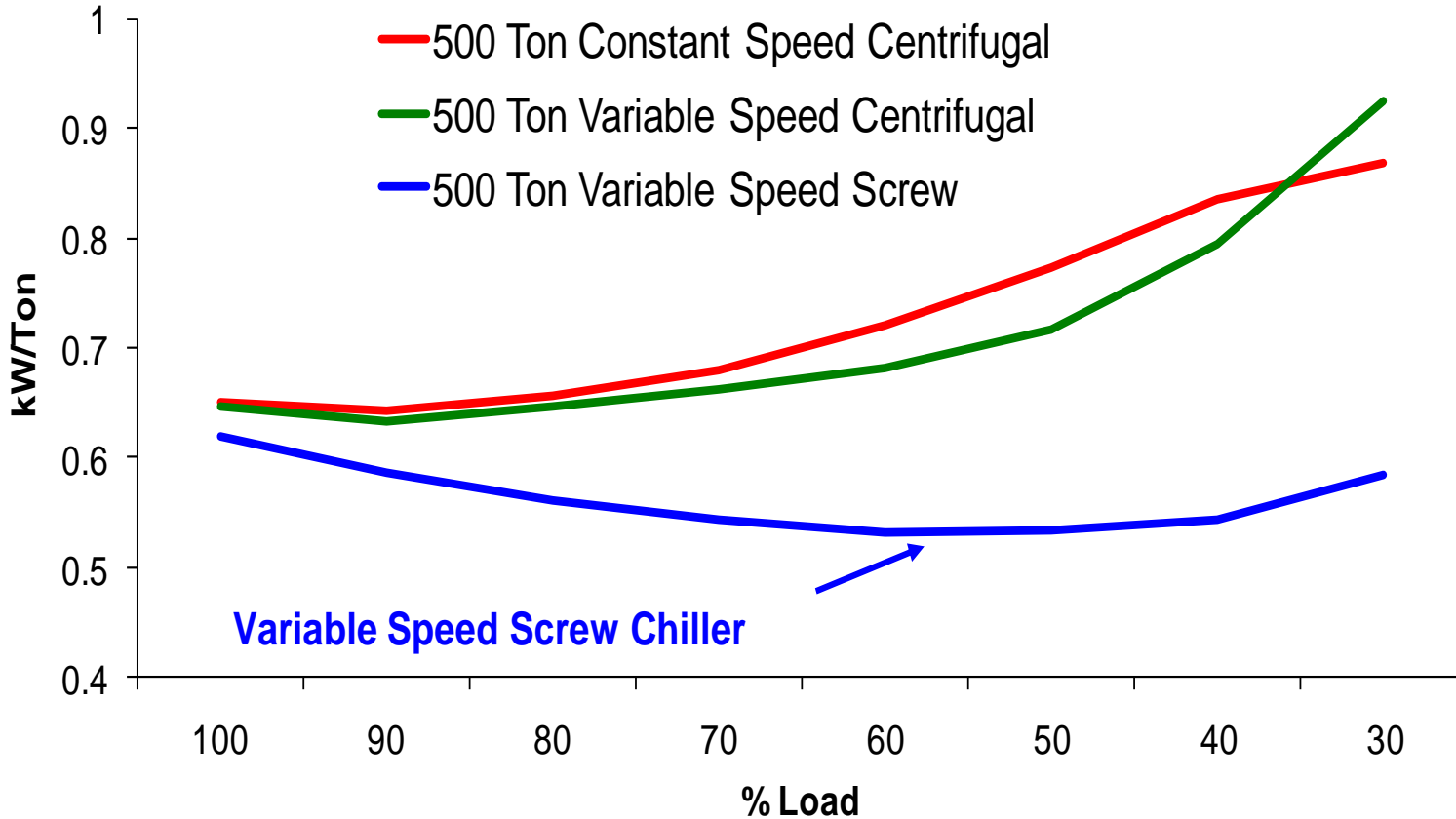
3. Potencia ~ V^3

La potencia cambia con una relación cubica vs. la velocidad.



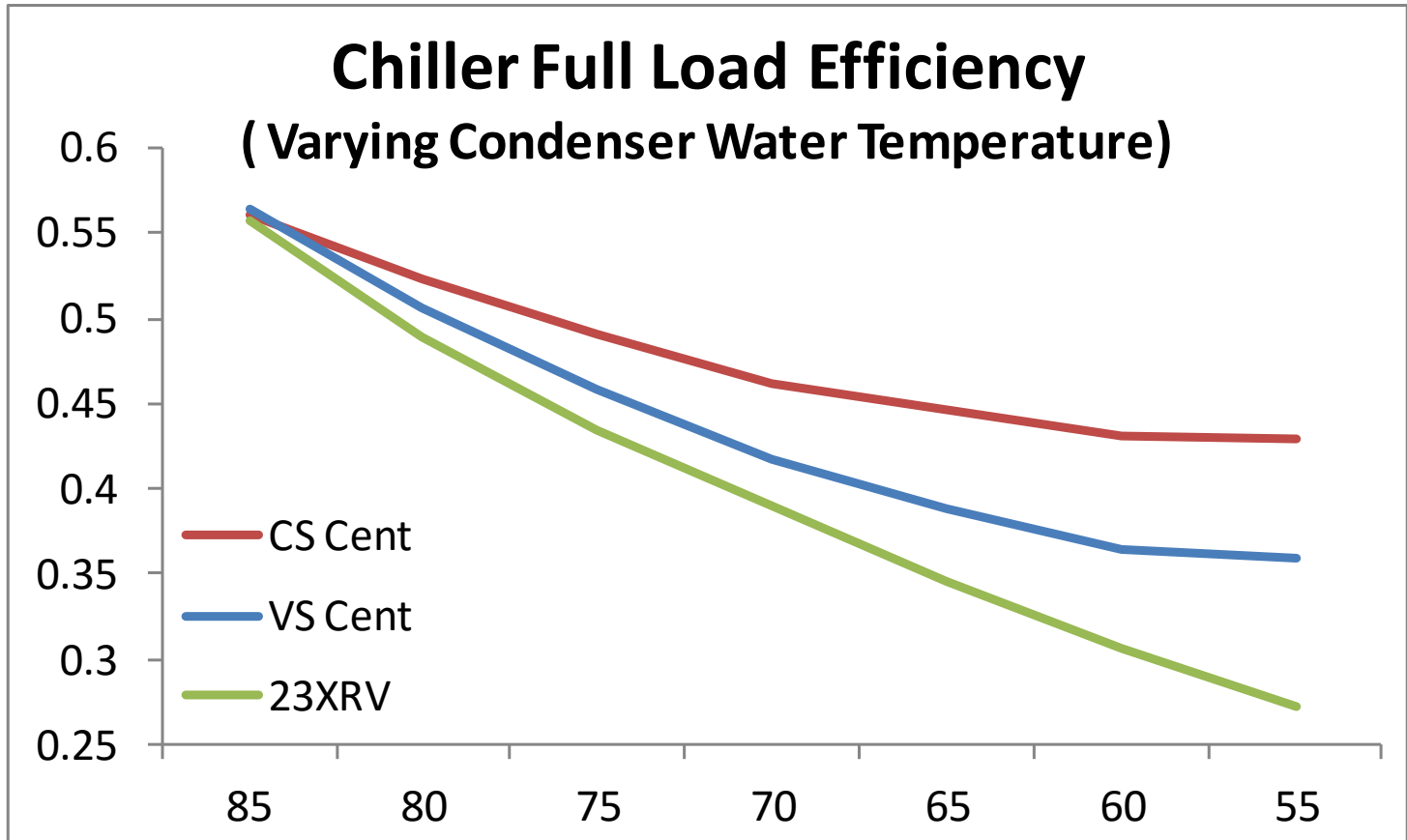


Escenario Comparativo #1: Condensación Constante, Comportamiento a Cargas Parciales.





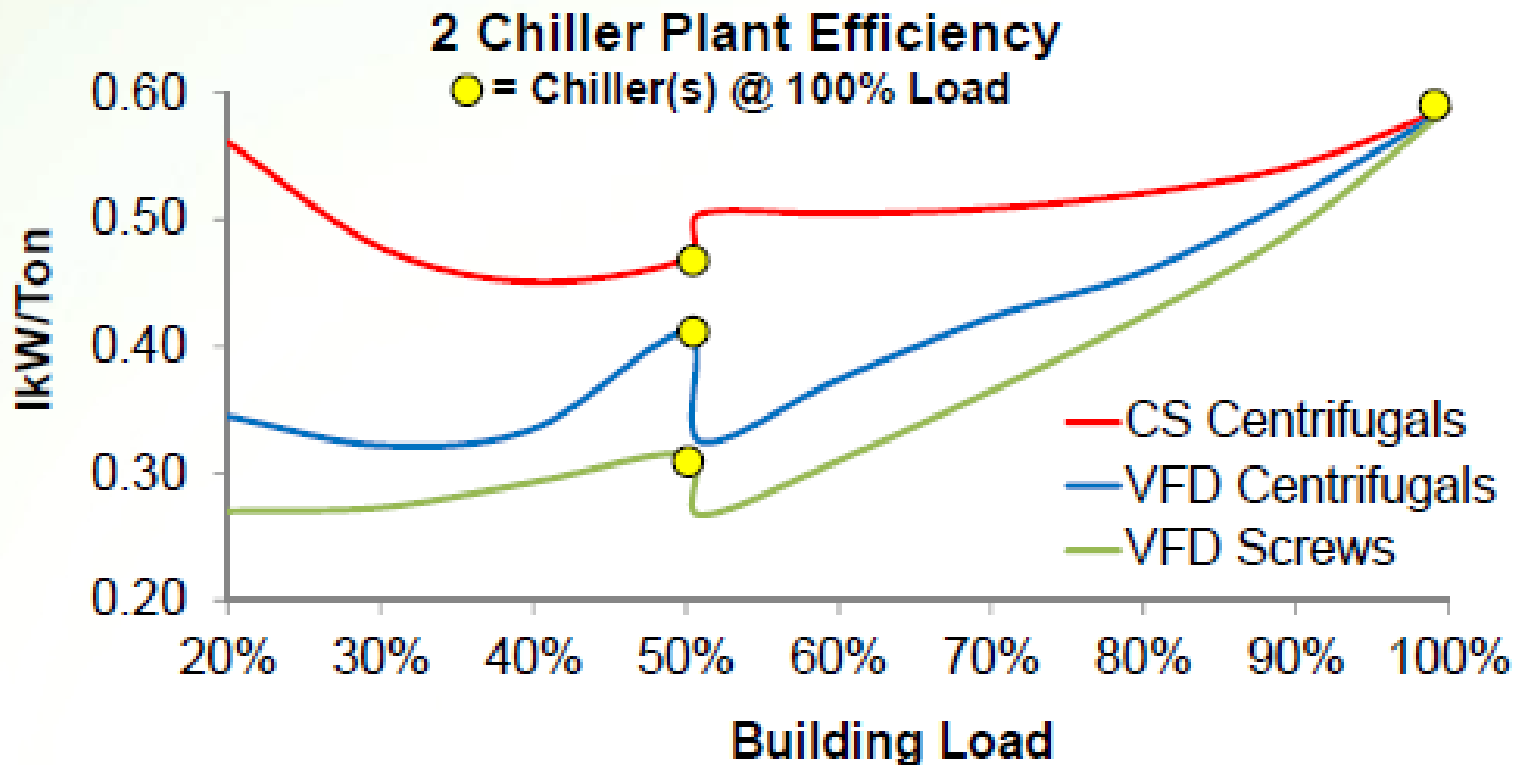
Escenario Comparativo #2: Carga Constante, Comportamiento en Alivio de Condensación.





Escenario Comparativo #3: Múltiples Chillers, Comportamiento en Reducción de Carga (Planta).

VFD Driven Chillers take advantage of lift and/or load reduction to reduce energy consumption.





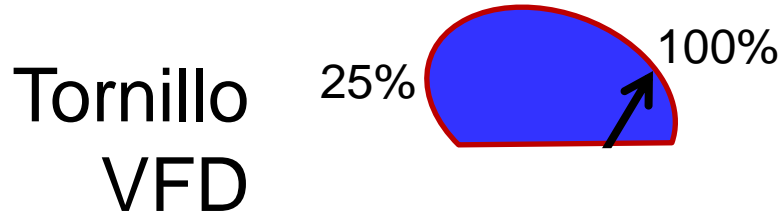
Diferencia Fundamental #1 del Tornillo VFD vs Centrífugas VFD

El Tornillo VFD se desacelera hasta **75%** de su velocidad.

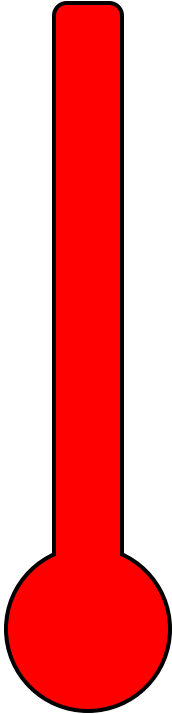
Las leyes ideales limitan las centrífugas a **~15-20%** de reducción a condiciones de alto LIFT.



Velocidad = Carga



Velocidad = Clima





Diferencia Fundamental #2 del Tornillo VFD vs Centrífugas VFD

El Tornillo VFD controla capacidad Puramente por medio de Ajuste de Velocidad y NO REQUIERE de Dispositivos MECÁNICOS de Restricción de Flujo.

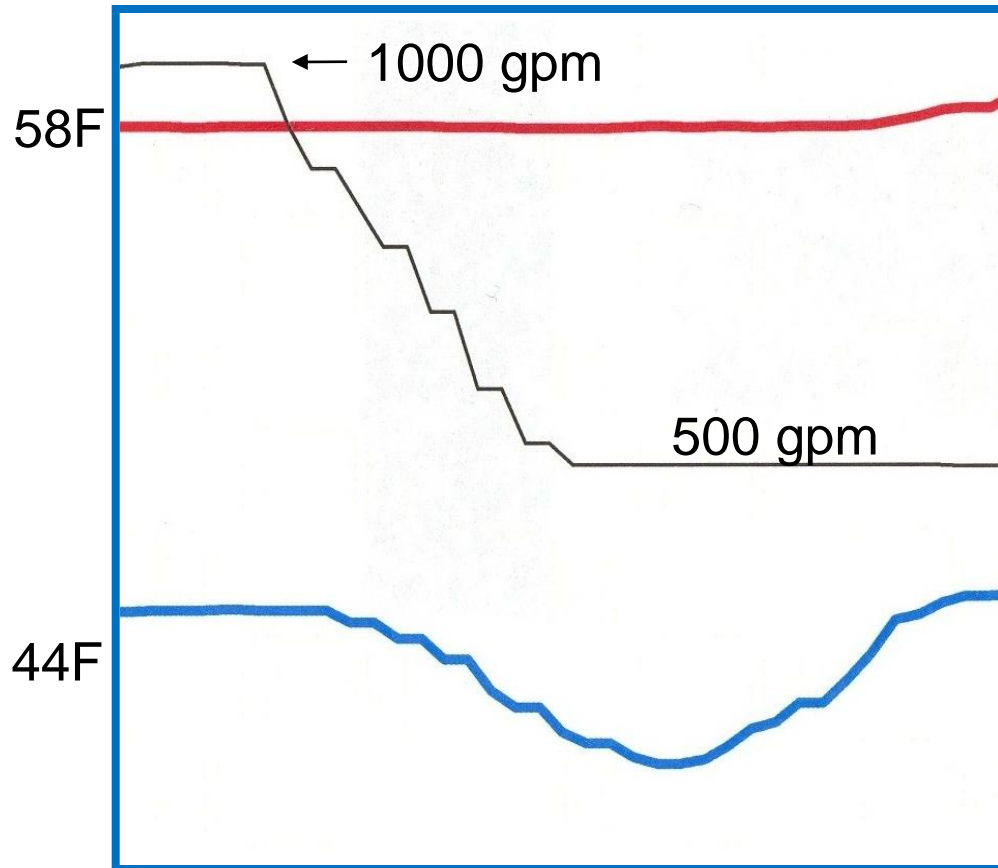
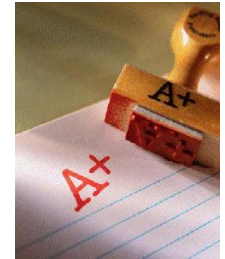
Si un compresor centrifugo debe operar a 84% de velocidad para producir DP suficiente (vs Lift), como se logra controlar su capacidad a 60%?



Inlet Guide vanes in a centrifugal compressor create a pressure drop of 1% to 13% in their wake. This increases the head requirements on the compressor thereby increasing power.

Tornillo Tri-Rotor VFD

Capacidad Rápida de Respuesta

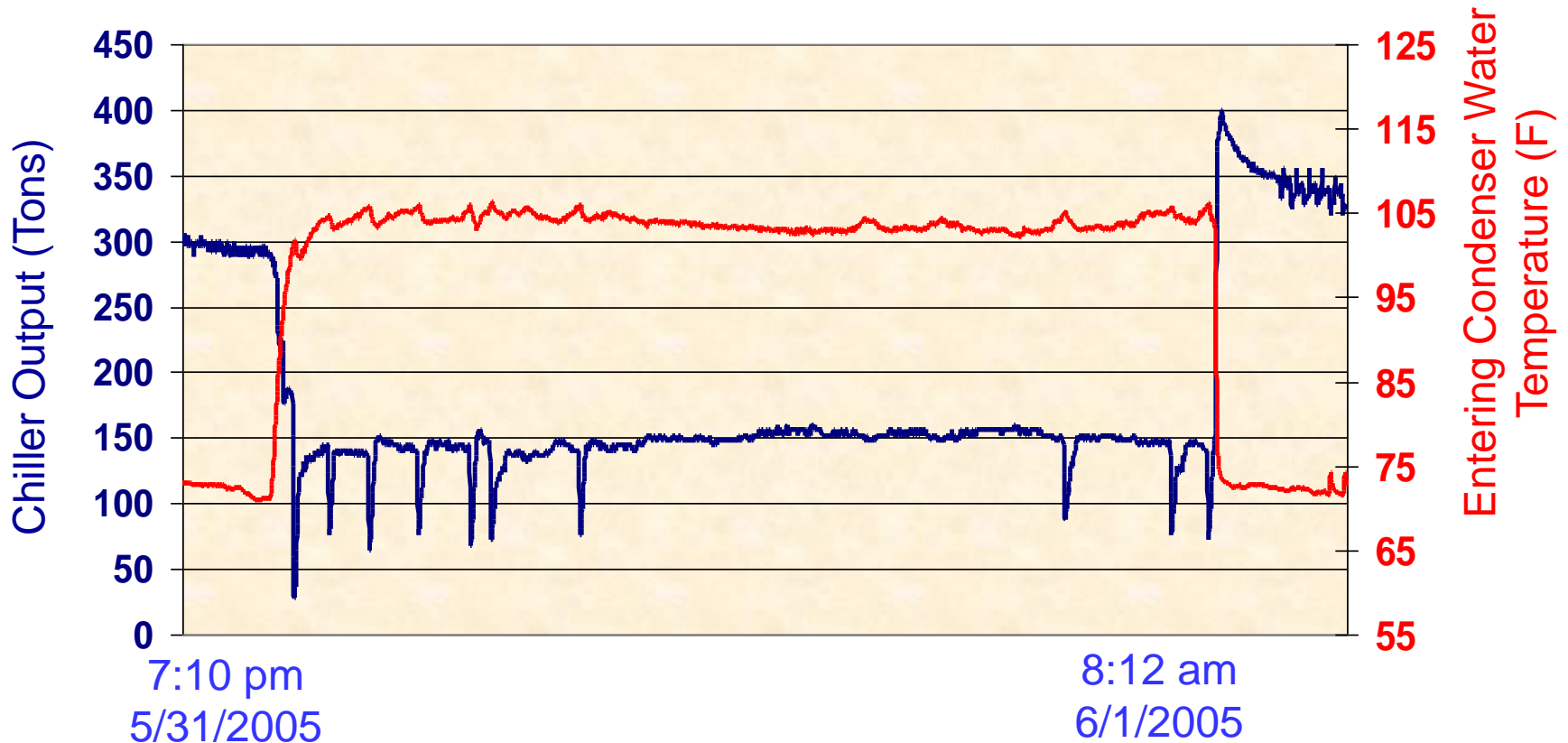


- Reducción del 50% del caudal de agua helada en menos de un minuto.
- El chiller tornillo VFD tiene la capacidad de rápidamente ajustarse a una condición estable.

Tornillo Tri-Rotor VFD

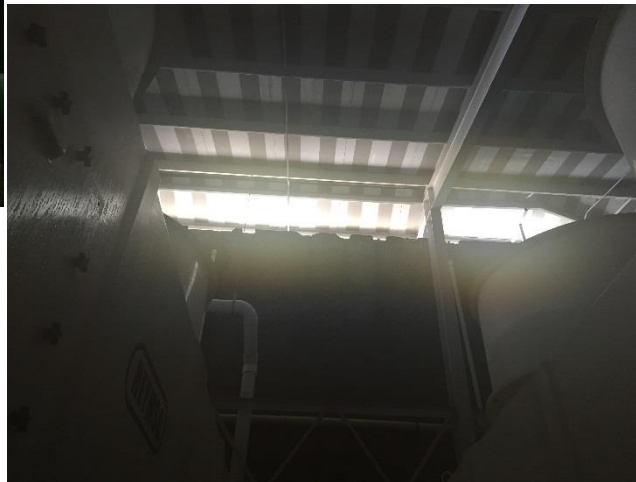
Confiabilidad Máxima

Evento Real– Falla de Torre de Enfriamiento,
Fayetteville, Arkansas, Mayo 31, 2005



Tornillo Tri-Rotor VFD

Confiabilidad Máxima





Conceptos de Diseño de Plantas de AH para Maximización de Ahorro.



sustainability
symposium

PLANTAS DE AGUA HELADA EN SERIE CONTRAFLUJO

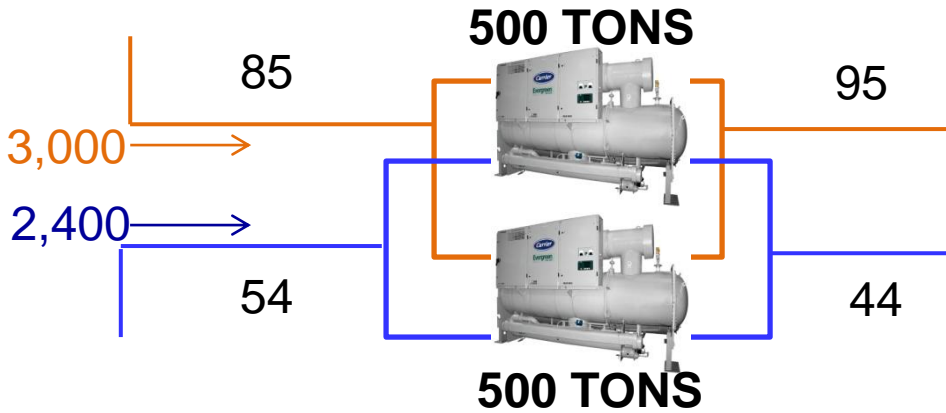


Que significa Serie Contraflujo

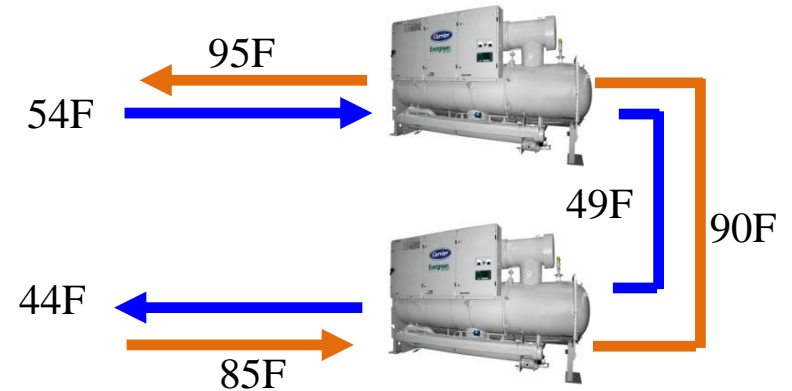
Planta Típica de 1,000 Ton
en Paralelo:

2.4 GPM/Ton = 2,400 GPM

3.0 GPM/Ton = 3,000 GPM



**Serie Contraflujo
1,000 TONS**

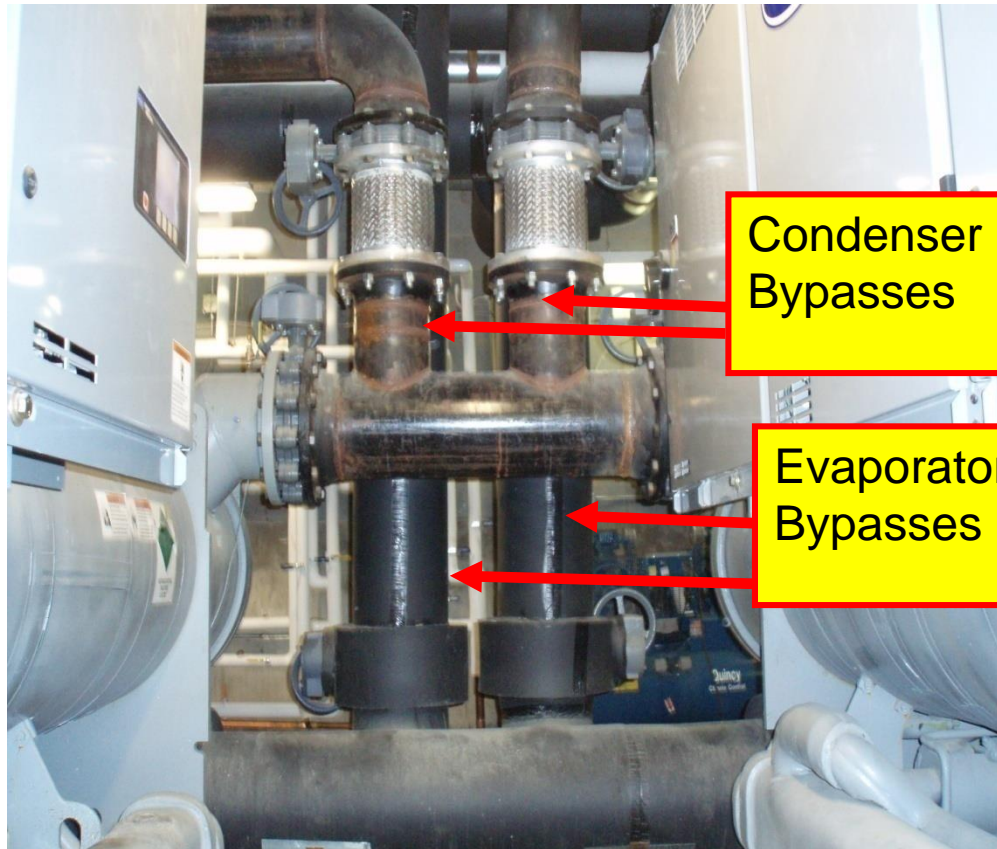


DIFERENCIAS FUNDAMENTALES:

1. Sentidos contrarios corrientes de agua helada y torre.
2. Doble de caudal (GPM/Ton) por chiller.
3. Diferenciales de temperatura menores (ΔT).



Serie Contraflujo -- Fotos



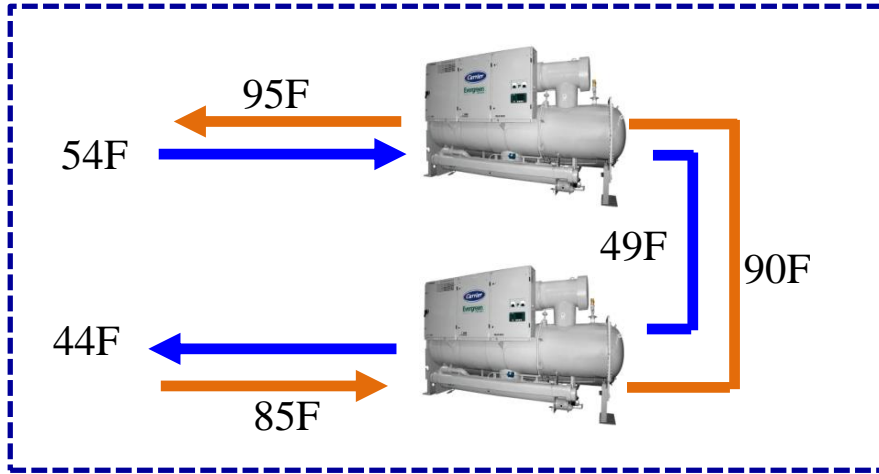
Inside View



Outside View



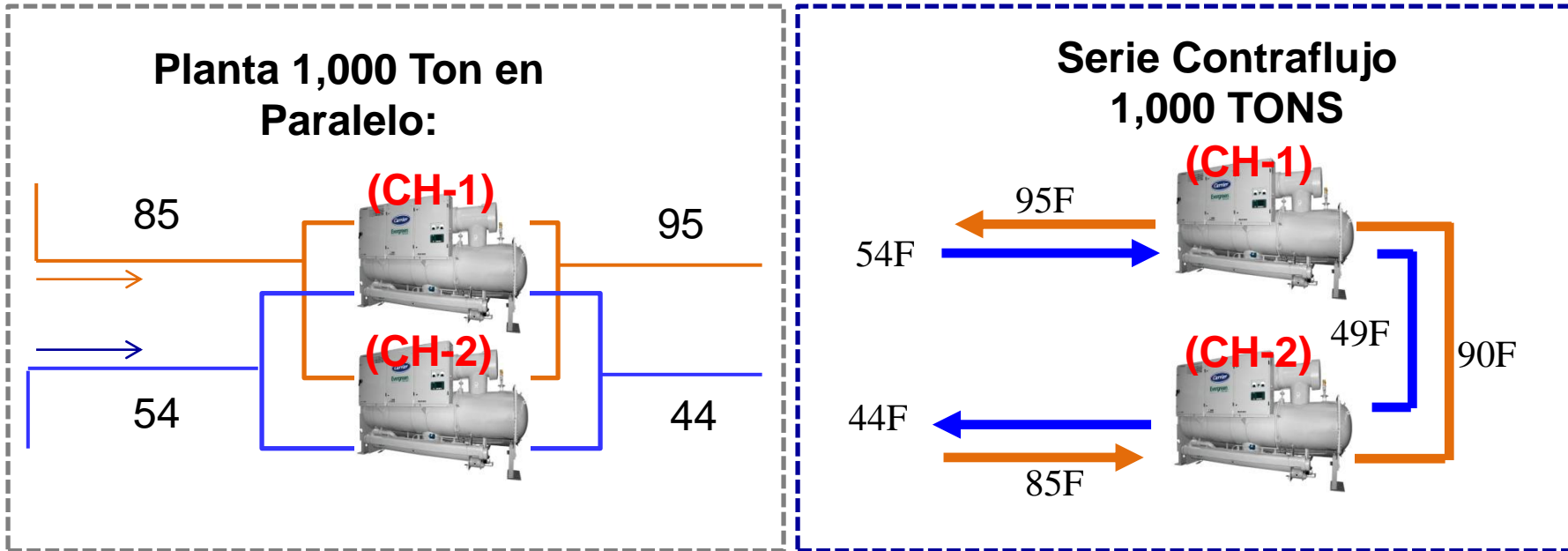
Que Beneficio trae el SCF?



AHORRO ENERGÉTICO POR MEDIO DE REDUCCIÓN DEL LIFT DE LOS CHILLERS



SCF = Reducción de LIFT?



CHILLER AGUAS ARRIBA (CH-1)

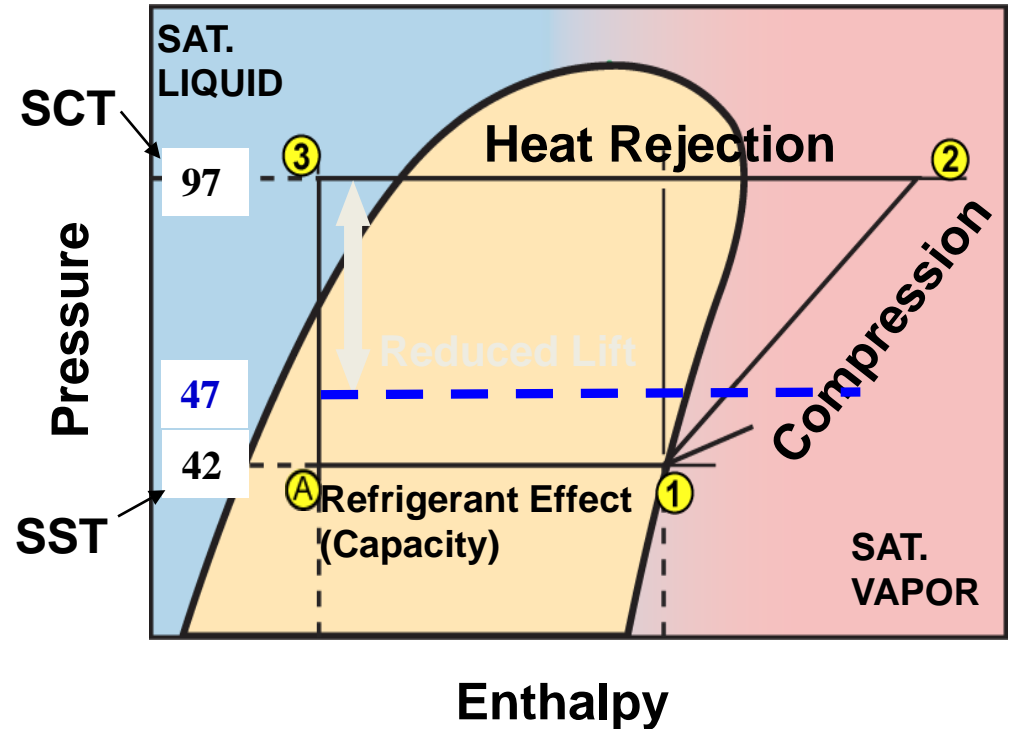
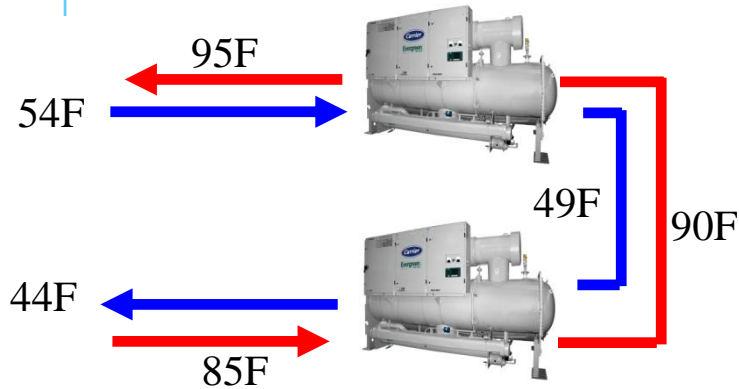
Sistema	SST	SCT	Lift
Paralelo	42	97	55
SCF	47	97	50

CHILLER AGUAS ABAJO (CH-2)

Sistema	SST	SCT	Lift
Paralelo	42	97	55
SCF	42	92	50

SCF-Reducción de LIFT

Chiller Aguas Arriba CH-1

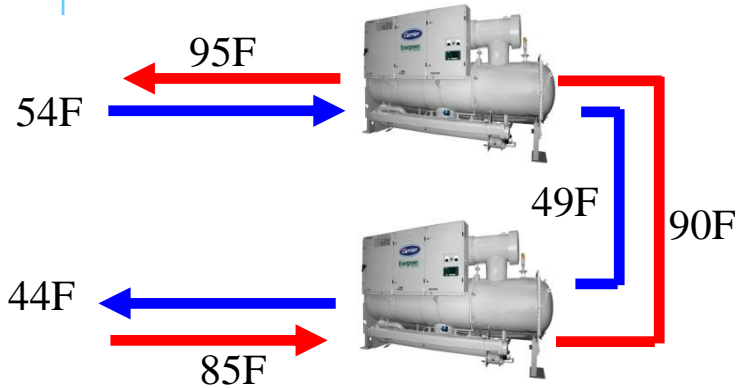


Sistema	SST	SCT	Lift
Paralelo	42	97	55
SCF	47	97	50

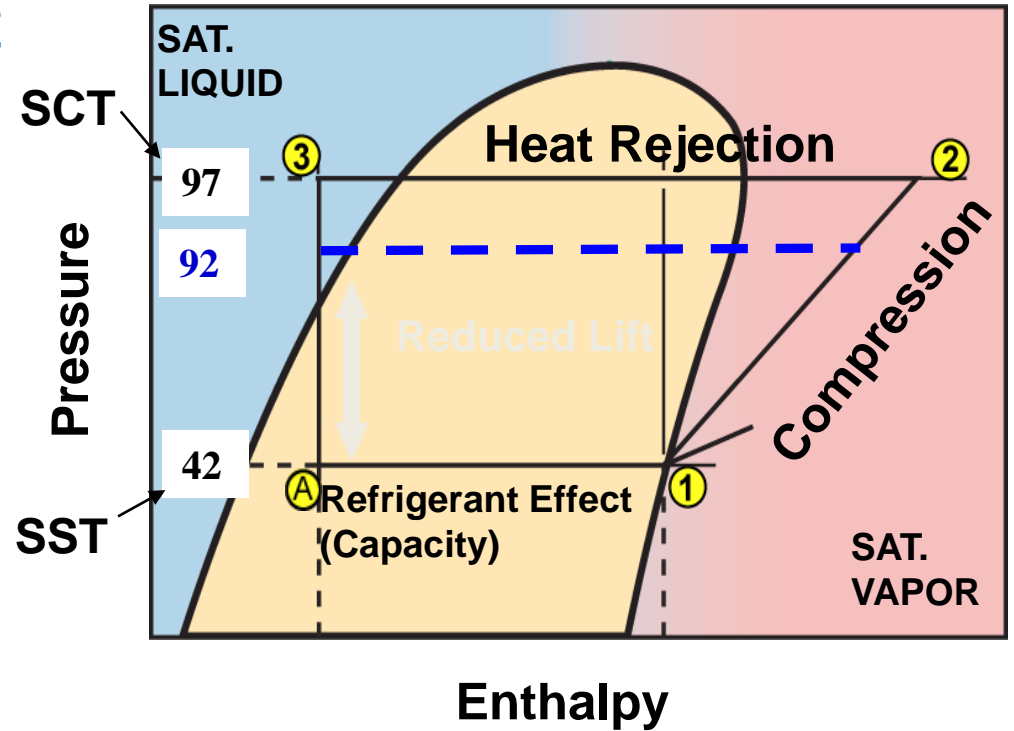
Menor Lift = Menos Trabajo = Menor kW

SCF-Reducción de LIFT

Chiller Aguas Abajo CH-2



System	SST	SCT	Lift
Parallel	42	97	55
SCF	42	92	50



Menor Lift = Menos Trabajo = Menor kW



Consideraciones Especiales SCF

- La relación entre DTs condensador y evaporador determina cual de los chillers tiene un LIFT mayor.
- Generalmente uno de los chiller soporta a un LIFT mas alto.
- En caso de uno de los 2 fallar, los chillers deben tener la capacidad de operar por si solos, y esto implica que puedan operar a condiciones de LIFT diferentes a las de diseño.
- Por lo anterior, chillers centrífugos y tornillos con VFD se comportan de forma diferente en configuración SCF.

**QUE DESVENTAJAS PRESENTAN LOS CHILLERS
CENTRÍFUGOS EN APLICACIÓN SCF??**



Desventajas Chillers Centrif en SCF

- Se debe garantizar que ambos chillers puedan operar (además de a sus condiciones de diseño) a condiciones de LIFT correspondientes a cuando operan por si solos, si el otro falla?
- Así exista condición de carga parcial, si la temperatura de torre (ligada al B.H ambiental) no reduce, el VFD no puede reducir de velocidad, traduciéndose en ineficiencia.
- Ante una situación que lleve uno de los chillers a riesgo de SURGE, el chiller aumentará su velocidad VFD para salir de esta condición. Los vanos no reaccionan a la misma velocidad que el VFD, lo que implica un aumento de capacidad. Este aumento, modifica el agua de entrada al otro chiller y lo puede llevar a condición de SURGE. Es decir, la acción tomada para evitar SURGE en un chiller, se puede traducir en desestabilizar el otro chiller.

- **En resumen, NO se ofrece una operación confiable y balanceada en este arreglo con centrífugas.**



Por Qué el Tornillo VFD Potencializa el SCF?

Por los siguientes motivos:

1. Su inherente capacidad de NO entrar en SURGE (inestabilidad) al ser compresor de desplazamiento positivo.
2. Su capacidad de reacción a cambios en caudal de agua y capacidad.
3. Su amplio rango operativo permitiéndole a la misma maquina operar a diferentes condiciones de LIFT.
4. Su capacidad de ofrecer mejor kw/ton a cargas parciales incluso con temperaturas de condensación constantes, reduciendo la velocidad del VFD sin importar el alto LIFT.



sustainability
symposium

PLANTAS DE AGUA CON RECUPERACIÓN DE CALOR



Consumo de Agua Caliente en un HOTEL

Principalmente Agua de Servicio para los siguientes usos:



LAVANDERÍA



COCINA



**DUCHAS Y
LAVAMANOS**



PISCINAS



ASHRAE 90.1

Recuperación de Calor para calentamiento de agua de servicio, § Sección 6.5.6.2

- Facilidades que operen 24 horas al día
- Facilidades cuyo rechazo de calor total excede las 400 Tons en capacidad de Chillers
- Facilidades cuya carga de calentamiento de agua de servicio excede 1,000,000 Btu/h
 - Hospitales o Asilos
 - **Hoteles Full Service** de 75+ habitaciones

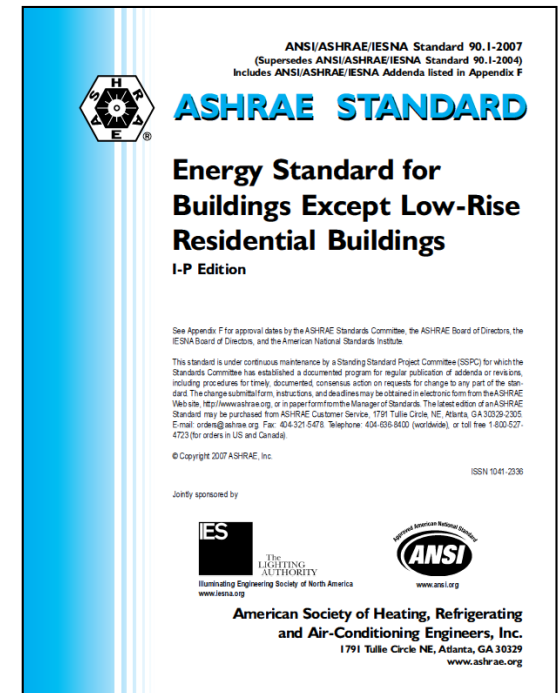
Se debe suministrar el menor de los siguientes:

- 60% de la carga de rechazo total de diseño
- ó
- Pre-calentamiento a 85F de agua caliente de servicio en su demanda de agua pico.

Excepciones:

- Un Mínimo de 30% de recuperación del circuito de condensación para efectos de calefacción en los espacios.
- ó
- 60% o mas del calentamiento del agua para servicio se da por energía solar en sitio, cogeneración, sub-enfriamiento de condensados o paneles solares.

LEED points under EAc 1 (903 Optimize Energy Performance – 18pts)





sustainability
symposium

Que es Recuperación de Calor?



Recuperación de Calor

Capturar el calor de desecho, producto del enfriamiento de los espacios del hotel, y usarlo para calentar agua de servicio.

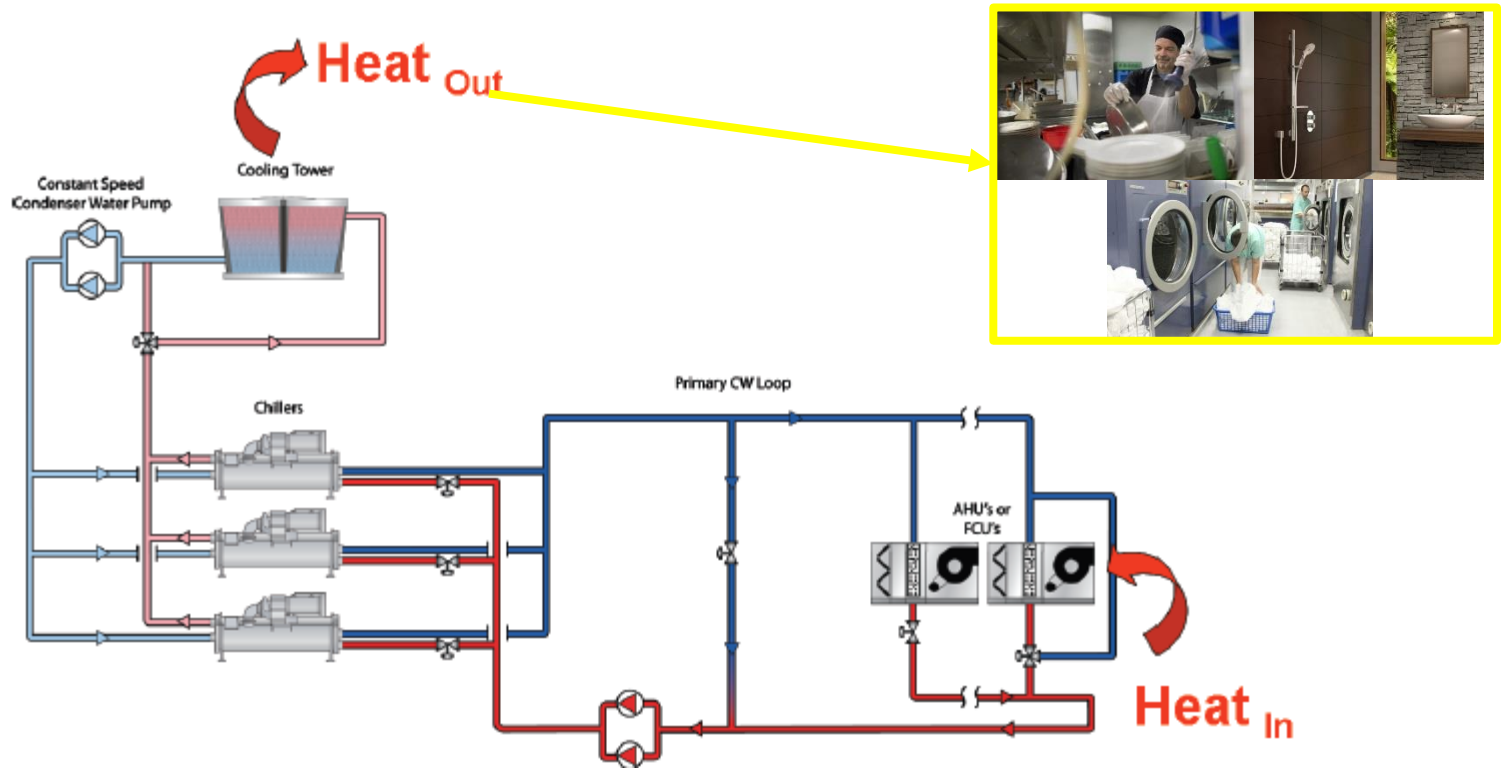
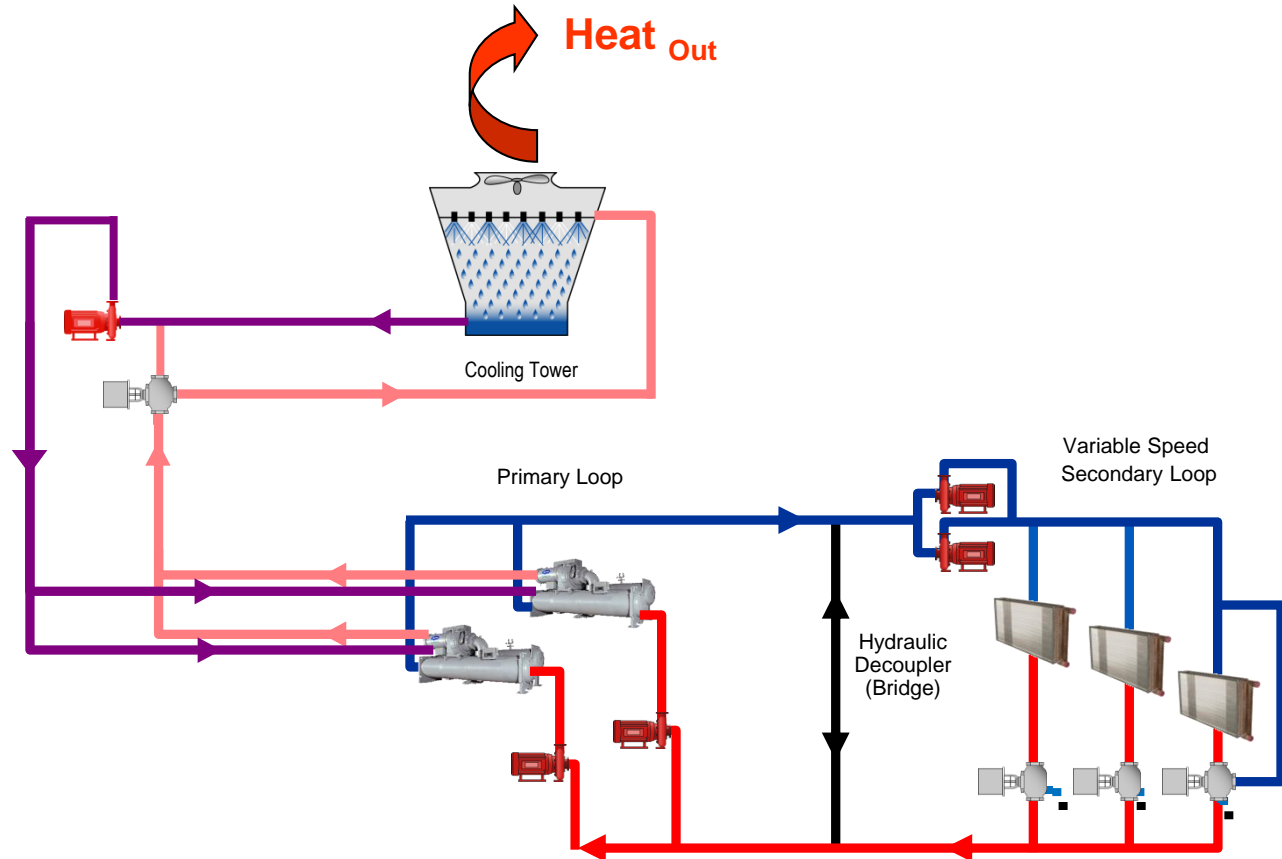


Fig. 9. Chilled Water HVAC System

Energía desechada en plantas típicas de Agua helada

- Plantas con Chillers en Paralelo.
- Chillers de Alta Eficiencia con compresores de velocidad variable.
- Sistemas hidráulicos primario/secundario.

Sigue habiendo calor de desecho en la torre de enfriamiento.

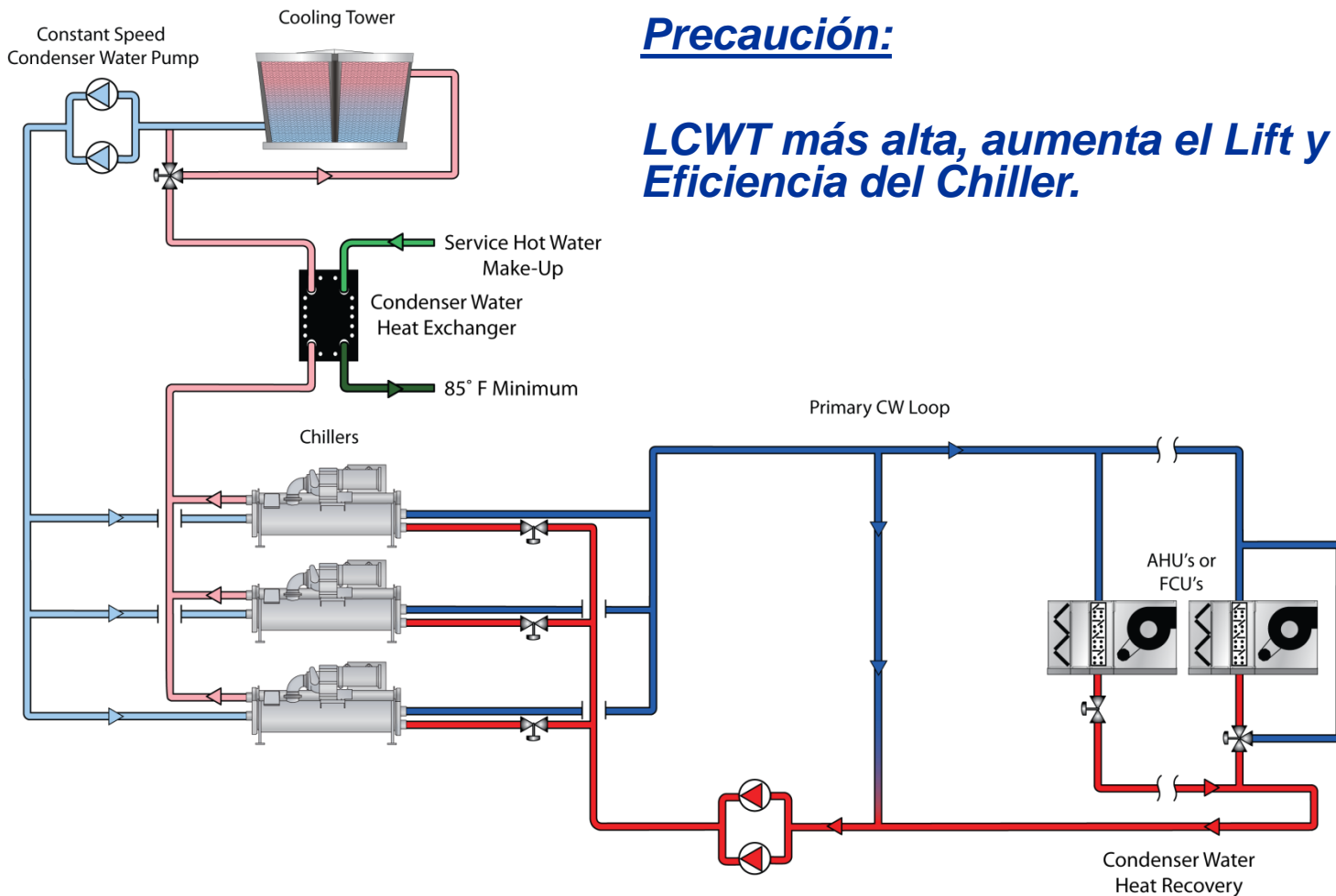




sustainability
symposium

**Cuales son los distintos métodos
para implementar la
recuperación de calor?**

Recuperación de Calor en su forma mas simple***

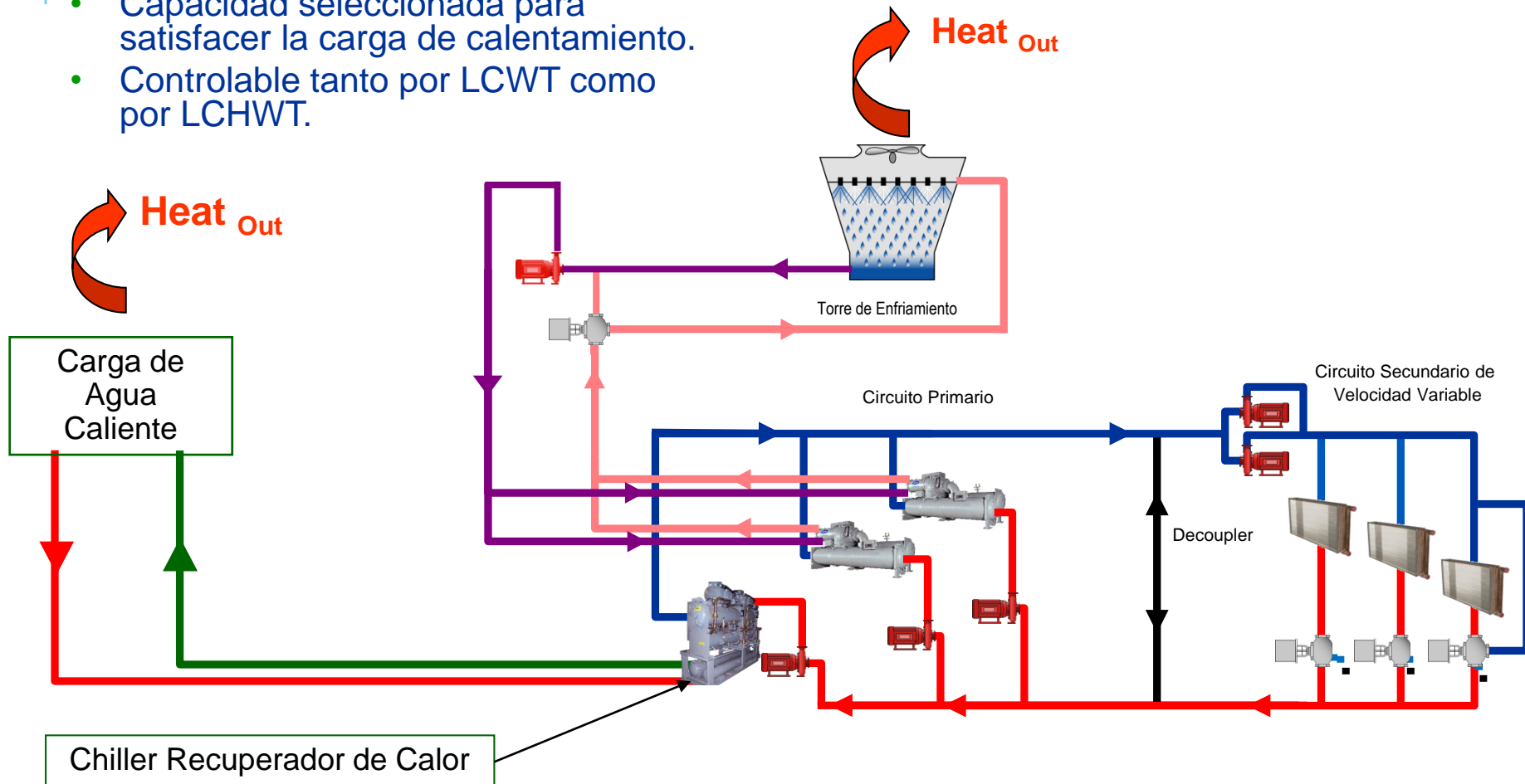


Precaución:

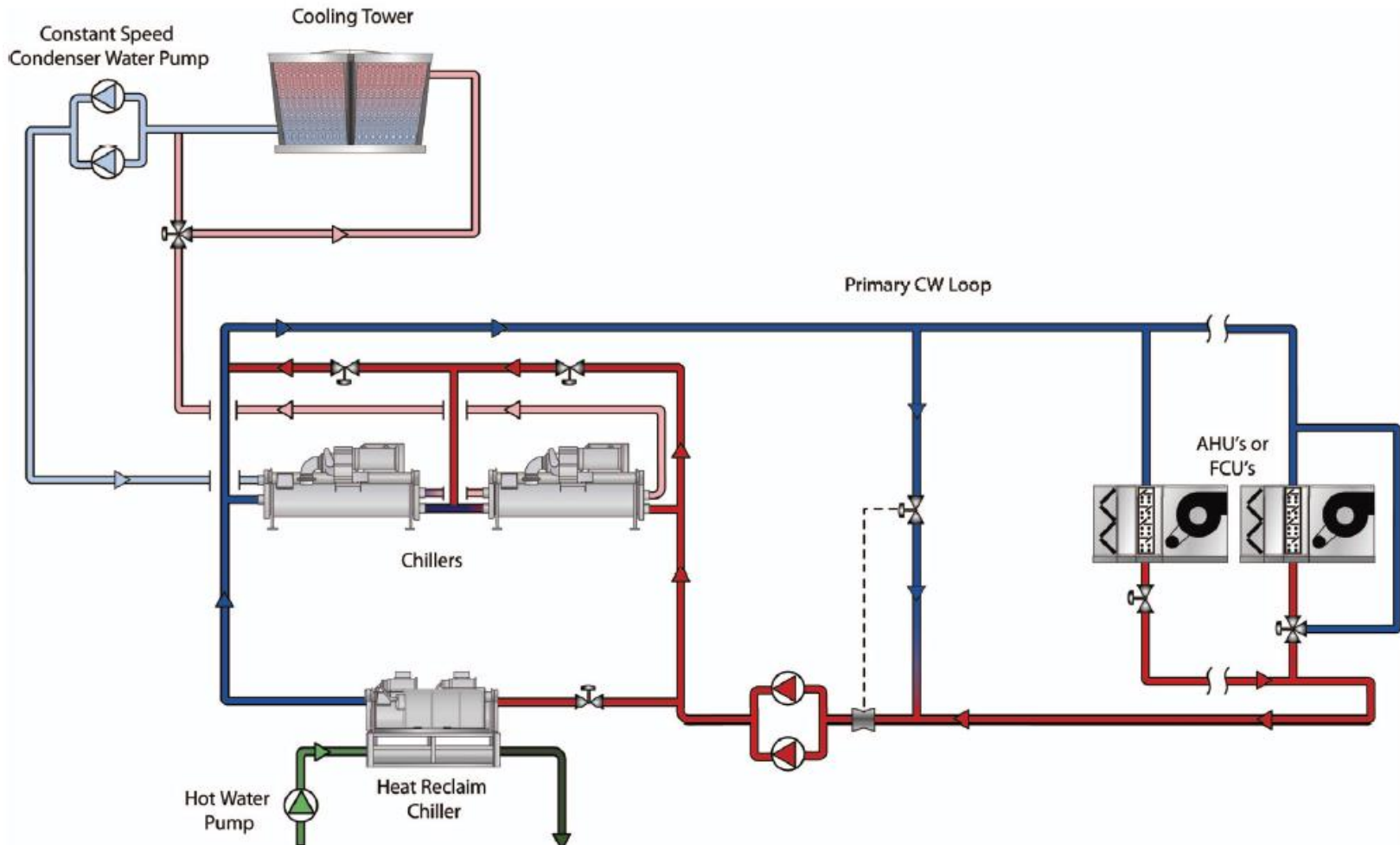
LCWT más alta, aumenta el Lift y Reduce la Eficiencia del Chiller.

Planta de Agua Helada de Múltiples Chillers con Recuperación, en PARALELO

- Chiller de Recuperación conectado a la planta en paralelo.
- Capacidad seleccionada para satisfacer la carga de calentamiento.
- Controlable tanto por LCWT como por LCHWT.



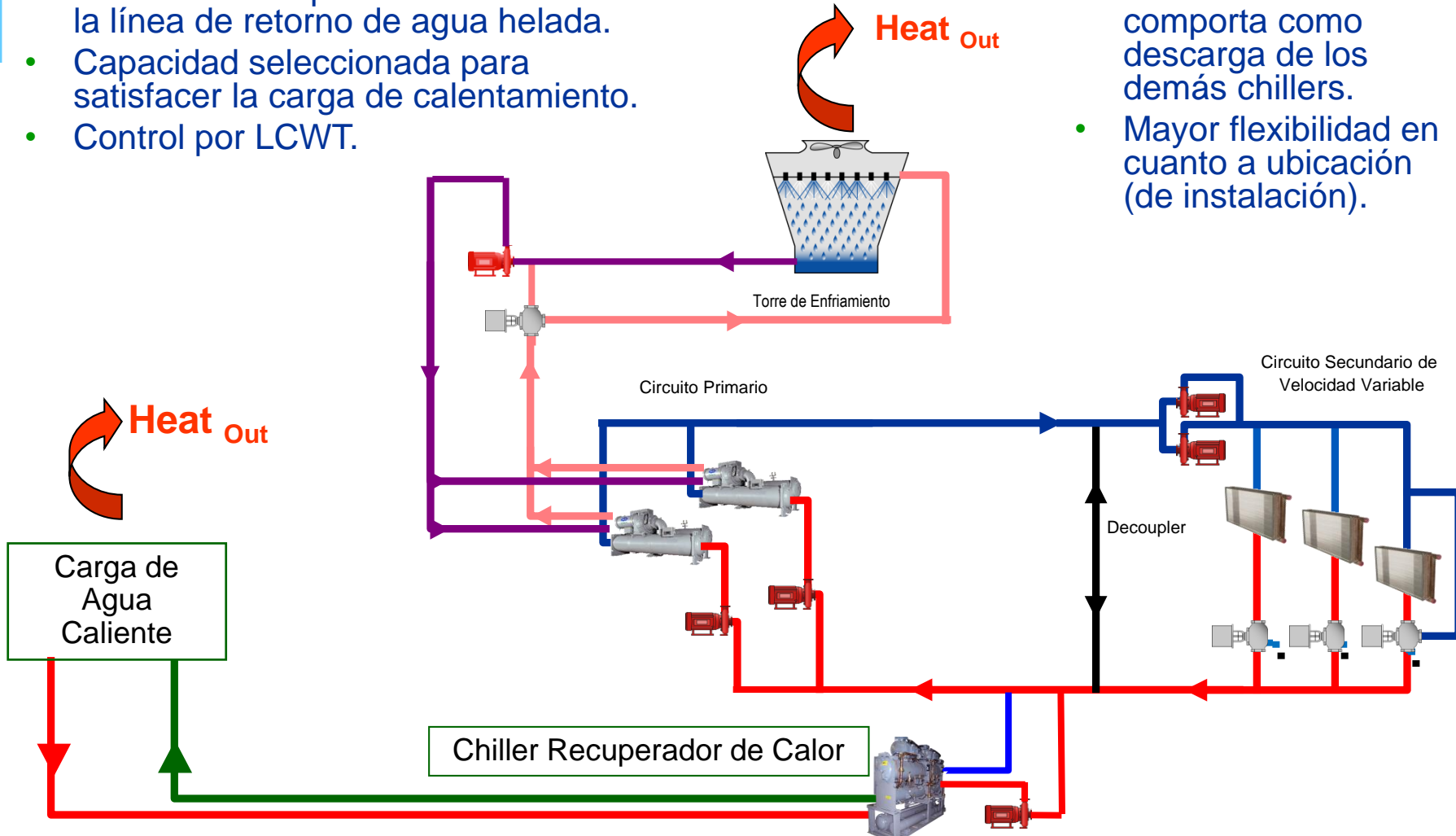
Planta SCF, con recuperador en PARALELO



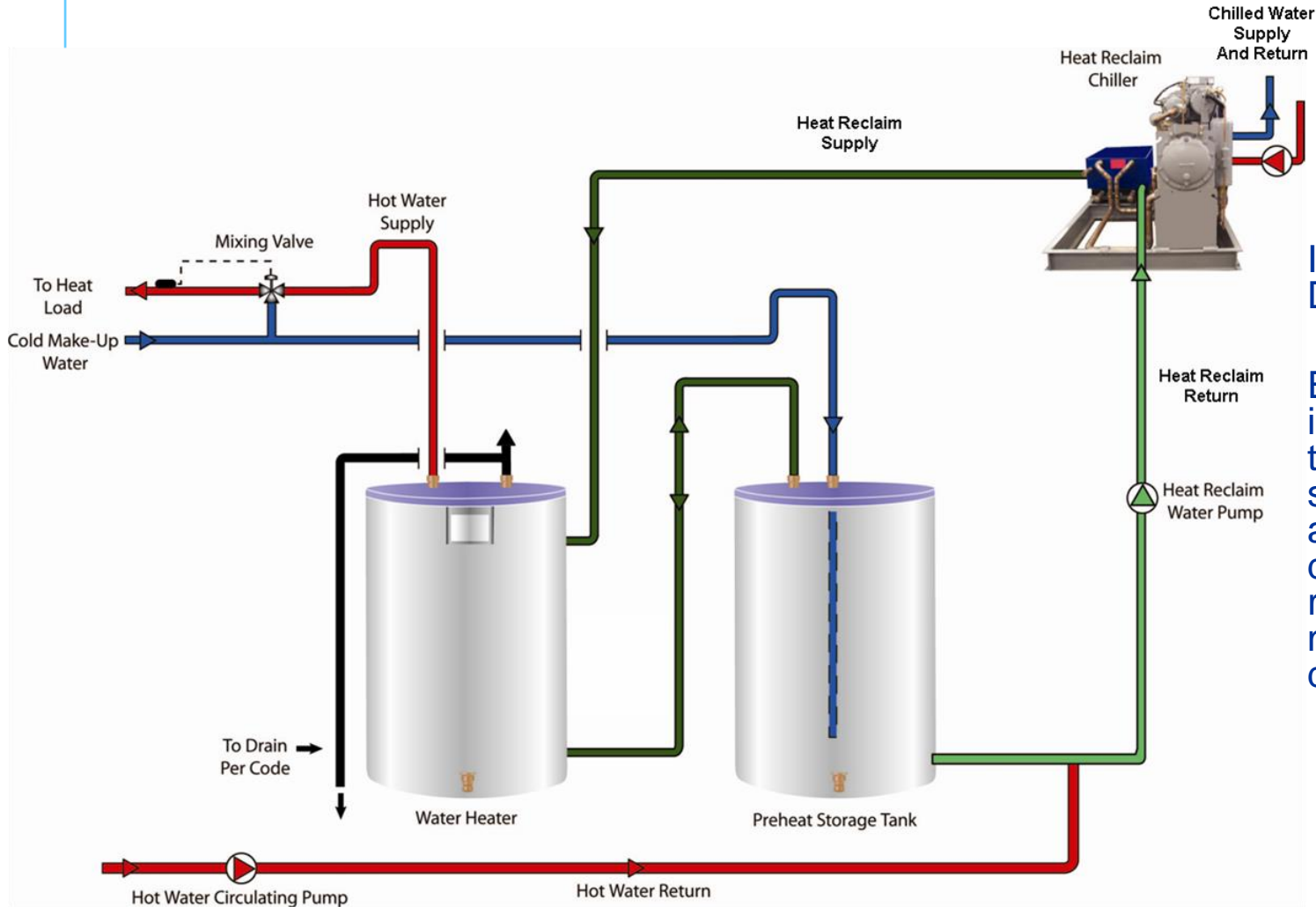
Planta de Agua Helada de Múltiples Chillers con Recuperación, en SERIE

- Chiller de Recuperación conectado a la línea de retorno de agua helada.
- Capacidad seleccionada para satisfacer la carga de calentamiento.
- Control por LCWT.

- LCHWT se comporta como descarga de los demás chillers.
- Mayor flexibilidad en cuanto a ubicación (de instalación).



Planta con Recuperación generando Agua Potable



Intercambiador Doble Pared.

El diseño del intercambiador es tal que existe una separación (llena de aire) entre el circuito de agua potable y el refrigerante, minimizando riesgos de contaminación.

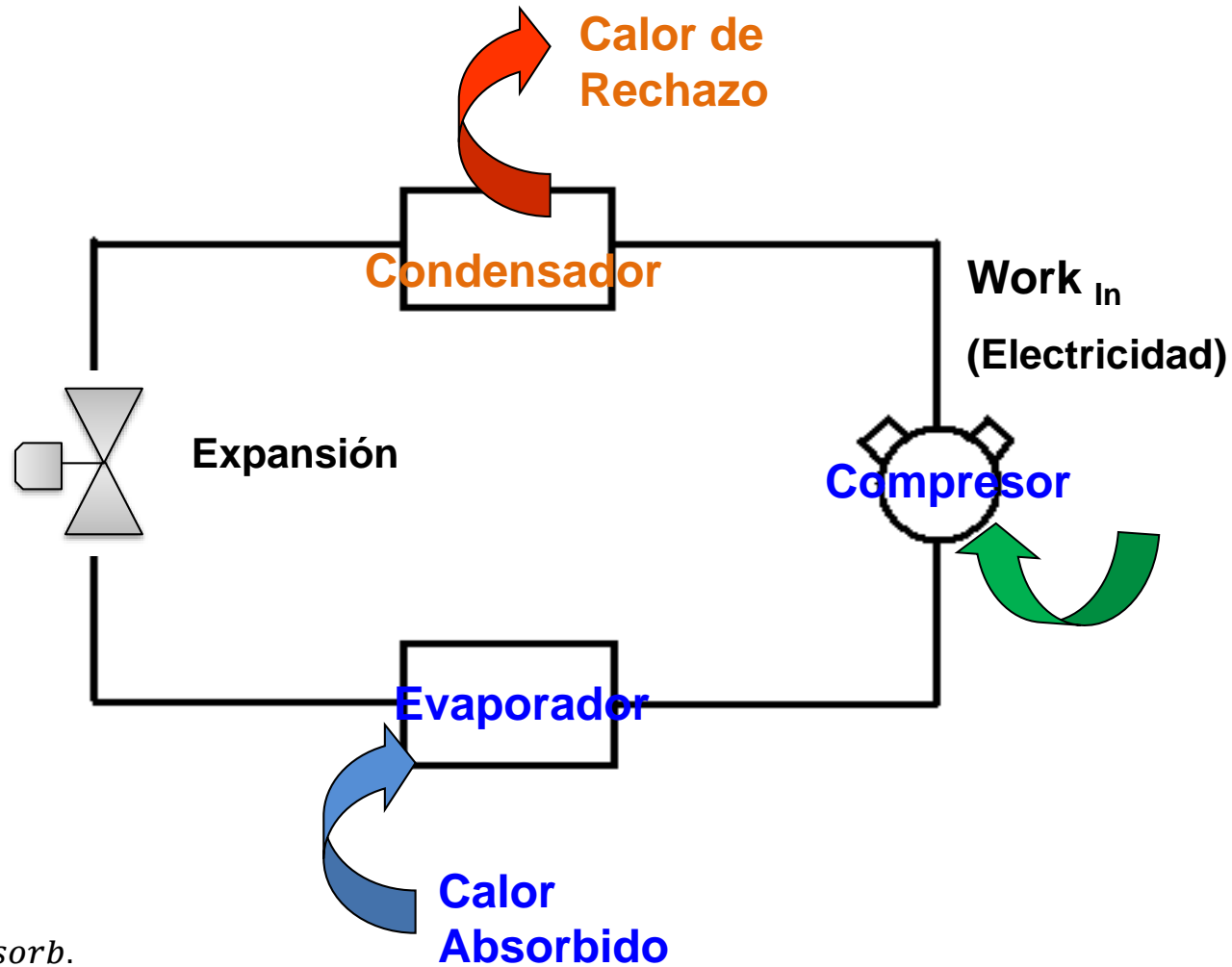


sustainability
symposium

Por que la Recuperación de Calor contribuye al Ahorro Energético?

Efecto en el COP

$$COP_* = \frac{Q_*}{W_*}$$
$$COP_{calent.} = \frac{Q_{Rechazo}}{W_{Compresor}}$$
$$COP_{enfriam.} = \frac{Q_{Absorb.}}{W_{Compresor}}$$
$$COP_{TOTAL} = \frac{Q_{Rechazo} + Q_{Absorb.}}{W_{Compresor}}$$



COP = Coeficiente de Rendimiento

La Clave de la Recuperación de Calor

Enfriamiento y Calentamiento simultáneo



Performance Information

Cooling Capacity:.....	129.4	Tons
Heating Capacity:.....	2015454.2	BTU/hr
Total Unit Power:.....	148.8	kW
Cooling Efficiency:.....	1.150	kW/Ton
Heating Efficiency:.....	13.543	EER

Power [kW]	148.8
Cooling	
Tons	129.4
kw Cooling	455.10
kw/Ton	1.15
kw/kw COP	3.06
Heating	
Btu/h	2,015,454
kW heating	590.5
Tons heating	167.9
EER	13.54
kw/kw COP	3.97
Kw/Ton	0.89
COMBINED	
kw/kw	7.03
kw/ton	2.04



Total

~~(4.11 kW / Ton)~~
~~[0.86 kW/kw]~~

(2 kW / Ton)

AHORRO 50%+

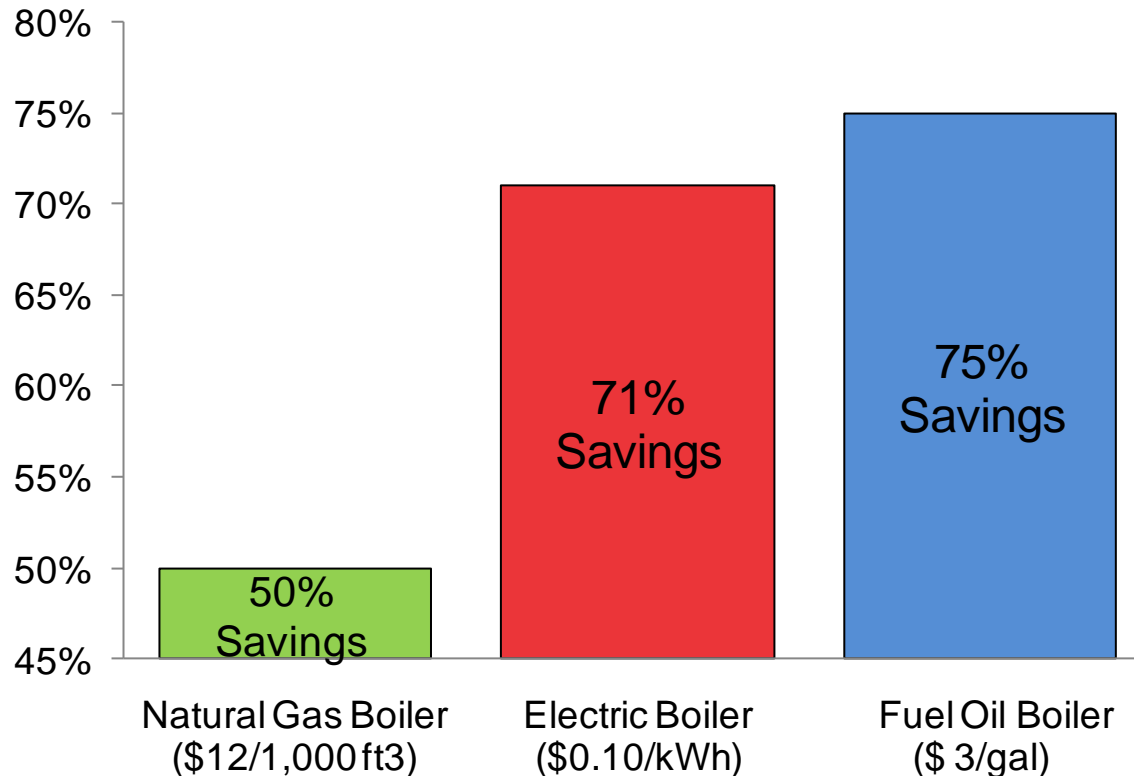
Un Chiller de Recuperación (*Heat Machine*), produce agua helada a 44F y agua caliente a 135F por un consumo del orden de 1.5 a 2.0 kW/Ton

La clave es enfocar el ahorro energético en el mayor consumidor, minimizando el efecto en el chiller.

La Clave de la Recuperación de Calor

Un Chiller de Recuperación (*Heat Machine*) puede transferir calor a un circuito de agua caliente para uso doméstico o de servicio, por el 25% del costo requerido para generar ese calor con una caldera (dependiendo del combustible y la eficiencia de la caldera).

Heat Recovery Chiller Savings vs. Boilers



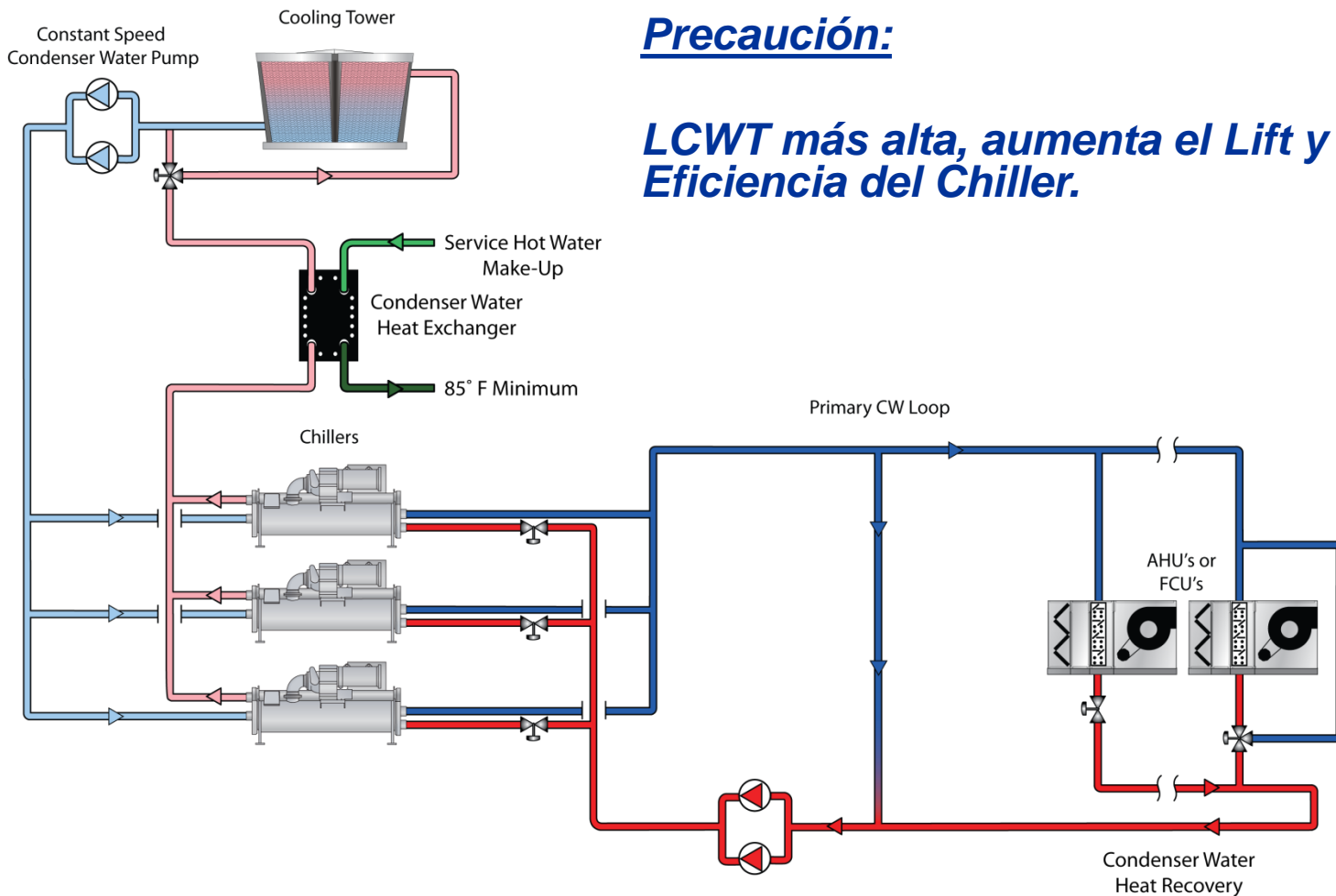
* 75% efficient gas boiler, 100% efficient electric boiler, 75% efficient fuel oil boiler.



sustainability
symposium

Como implementarlo de la forma mas eficiente?

Recuperación de Calor con PENALIDAD

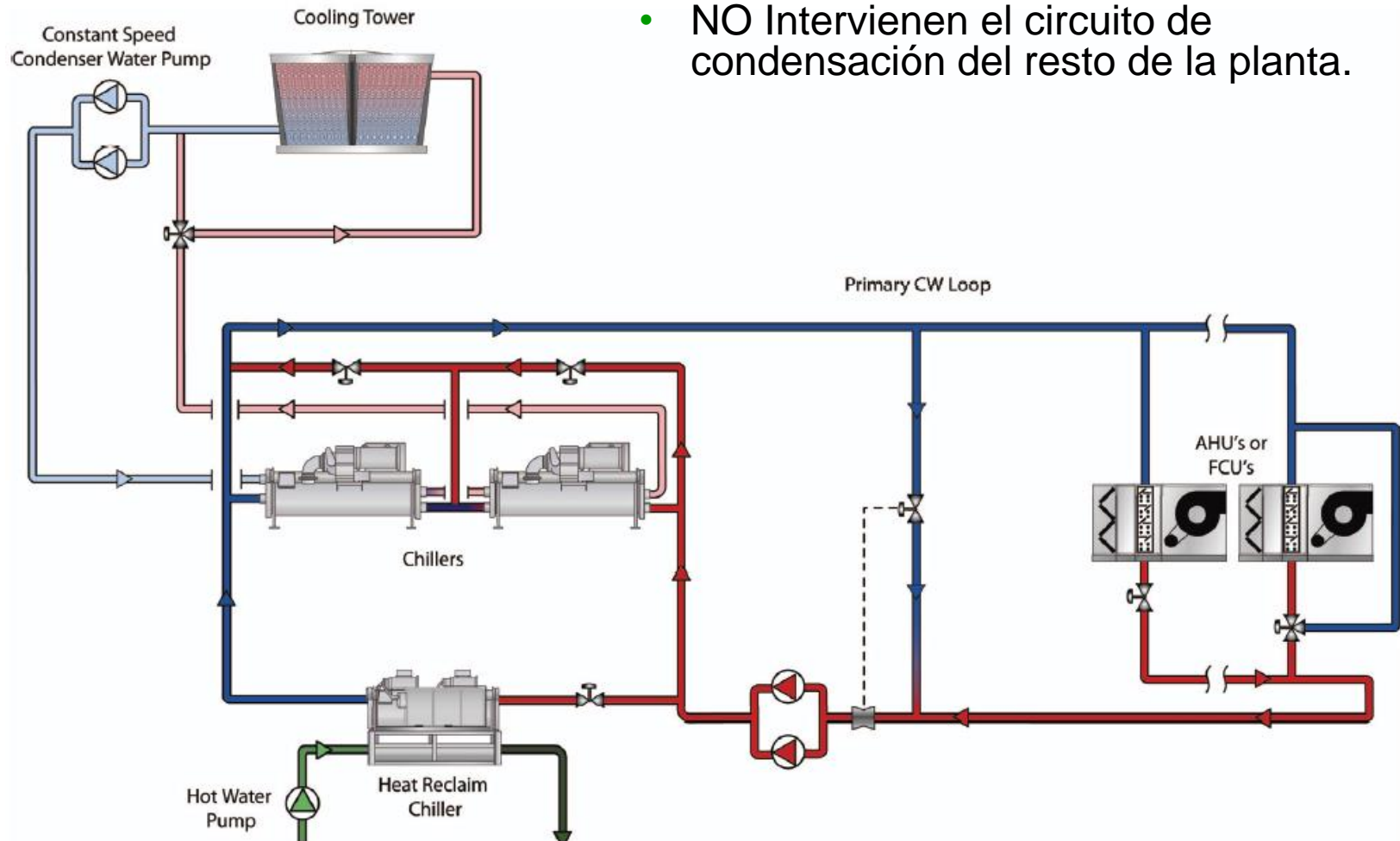


Precaución:

LCWT más alta, aumenta el Lift y Reduce la Eficiencia del Chiller.

Plantas con recuperadores de calor DEDICADOS

- Equipos cuya única función es la producción de agua caliente.
- El agua helada es un Sub-producto.
- NO Intervienen el circuito de condensación del resto de la planta.





sustainability
symposium

Como seleccionar el tamaño del Recuperador de Calor??

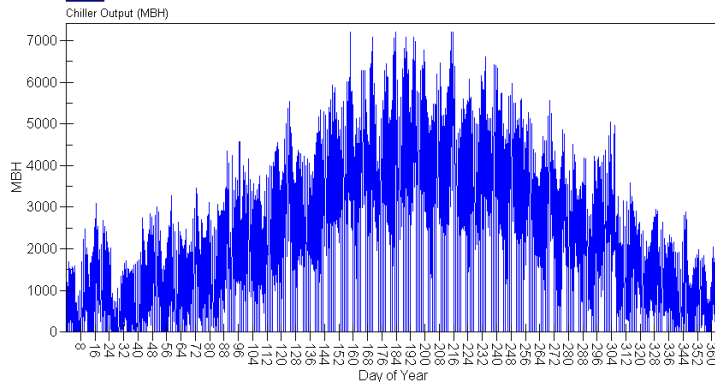
Recuperación de Calor

Domestic Water Heat Reclaim (Minn Air Eng Conr)
Center

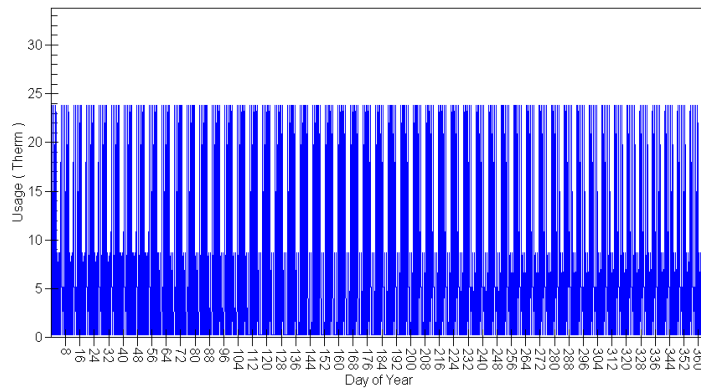
Hourly Simulation Results for Chiller Plant

09/10/2007
61.02PM

Hourly Simulation Results for Wednesday, January 1 (day 1) thru Wednesday, December 31 (day 365)



Natural Gas Use Profiles - Wednesday, January 1 (day 1) thru Wednesday, December 31 (day 365)



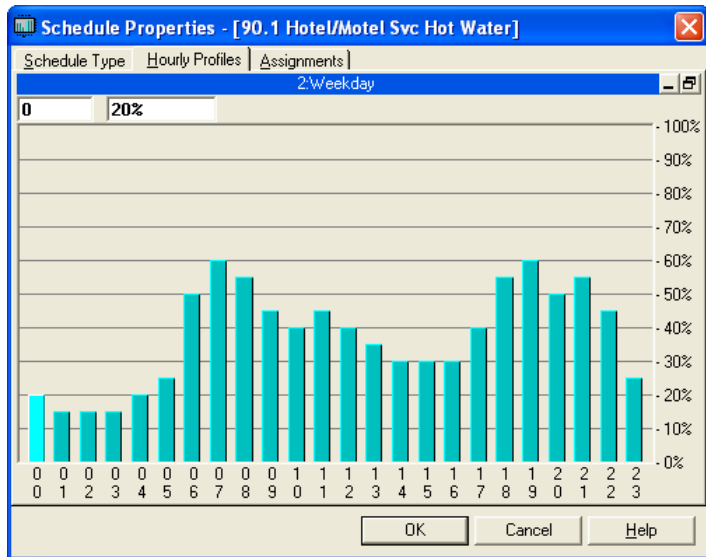
Información que se DEBE conocer:

- Perfil de carga de agua helada.
- Perfil de carga de uso de agua caliente (uso doméstico o de servicio).
- Horas de coincidencia de demanda de agua caliente y agua helada.

Usar HAP para simular ahorro energético.

Perfil de Consumo de Agua Caliente

Se debe determinar el perfil de consumo de agua caliente.



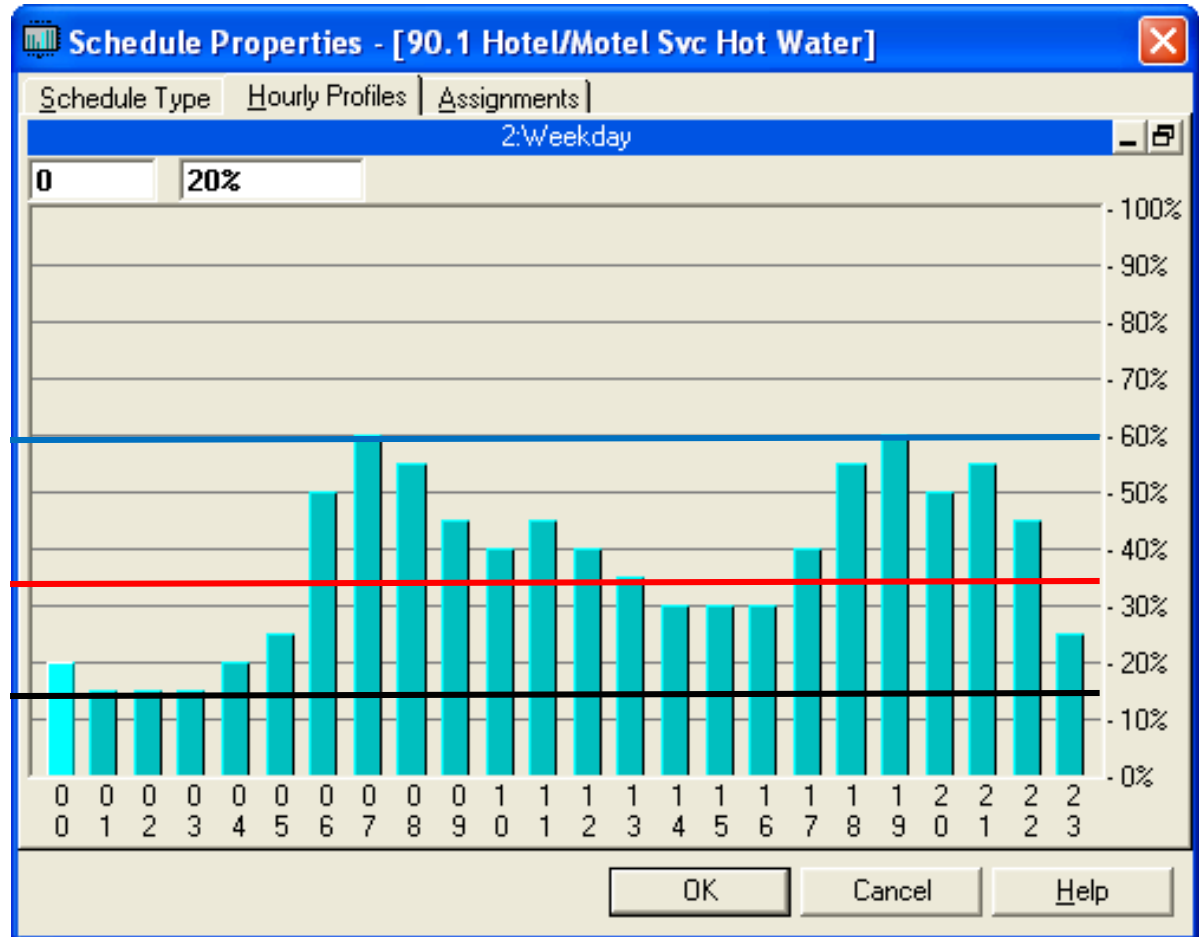
Fixture	Daily Use Factor	Hot, gpd/rm	Cold, gpd/rm	Total, gpd/rm
Toilets	7 uses @ 3.5 gpf	0.0	24.5	24.5
Lavatories & Sinks	1.0 min. @ 2.5 gpm	1.0	1.5	2.5
Showers	12 min. @ 3.5 gpm	28.0	14.0	42.0
Total		29.0	40.0	69.0

Category	Min. gpd/rm	Max. gpd/rm	Median gpd/rm	Comments
Domestic	57	152	73	Includes all staff, public, and guest washrooms.
Laundry	10	72	28	Only those hotels doing all laundry on site included. (17 out of 26)
Kitchen	3	73	17	Only those hotels with a kitchen included. (22 out of 26)
Irrigation	0	14	0	Reflects moderate climate of B. C.
Other (inc. HVAC)	5	246	79	Category with greatest range. High correlation with use of once-through cooling water (OTCW)
Total Use	98	423	190	

- References:
- [1] ASHRAE 90.1-1999 User's Manual Energy Use Profiles and Carrier Hourly Analysis Program, v4.3
 - [2] "Hotel Water Conservation, A Seattle Demonstration", O'Neill & Siegelbaum and The RICE Group, July 2002
 - [3] "Study of Water Consumption and Conservation Potential in Greater Vancouver's Hotel Industry", Greater Vancouver Regional District, information collected at 26 self-selected Vancouver, B. C. area hotels

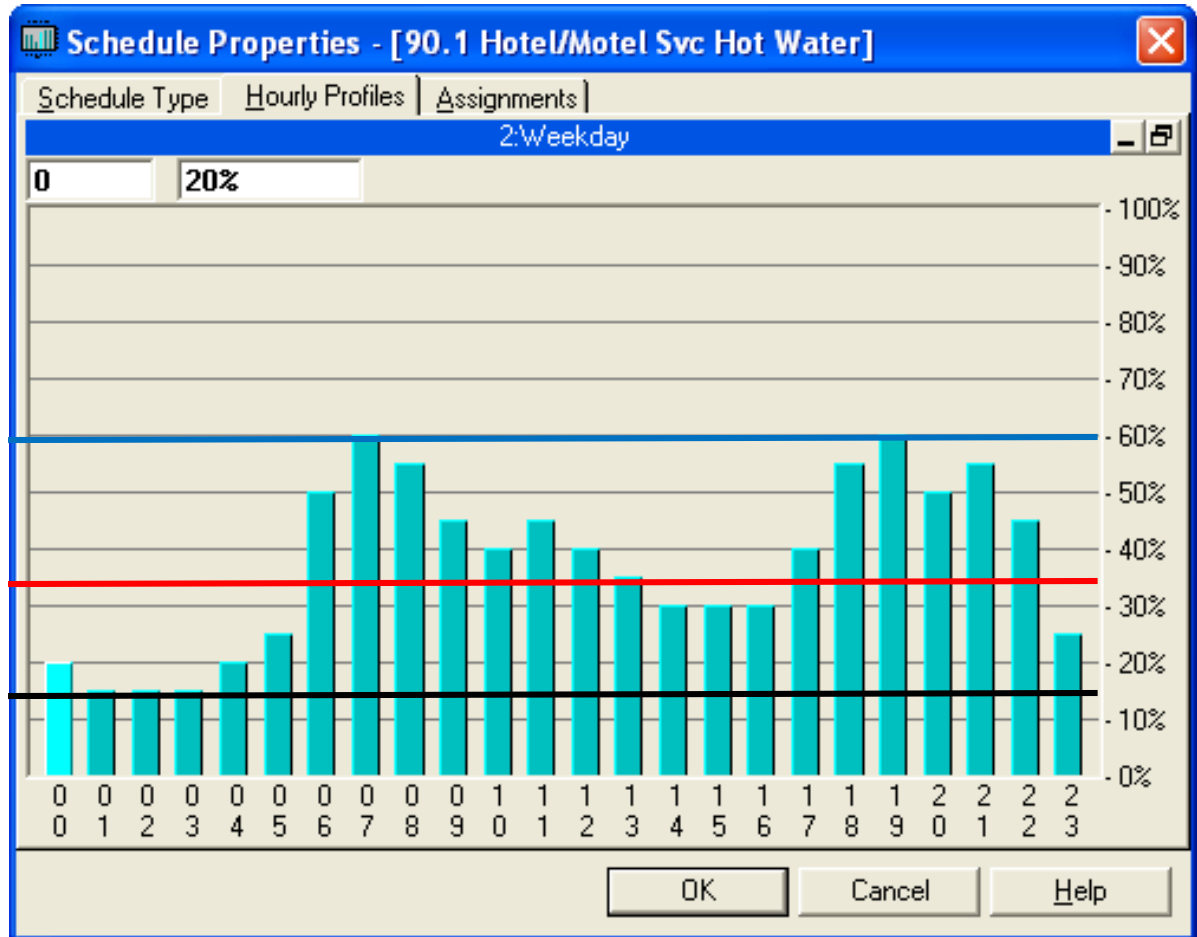
Método de Selección de Capacidad del Chiller Recuperador de Calor

- 1) Maximizando la capacidad; incrementando el ahorro en el punto máximo de recuperación.
- 2) Capacidad seleccionada para recortar el plazo de retorno de inversión (payback).
- 3) Capacidad seleccionada para que el chiller recuperador esté siempre cargado al 100%.



Método de Selección de Capacidad del Chiller Recuperador de Calor

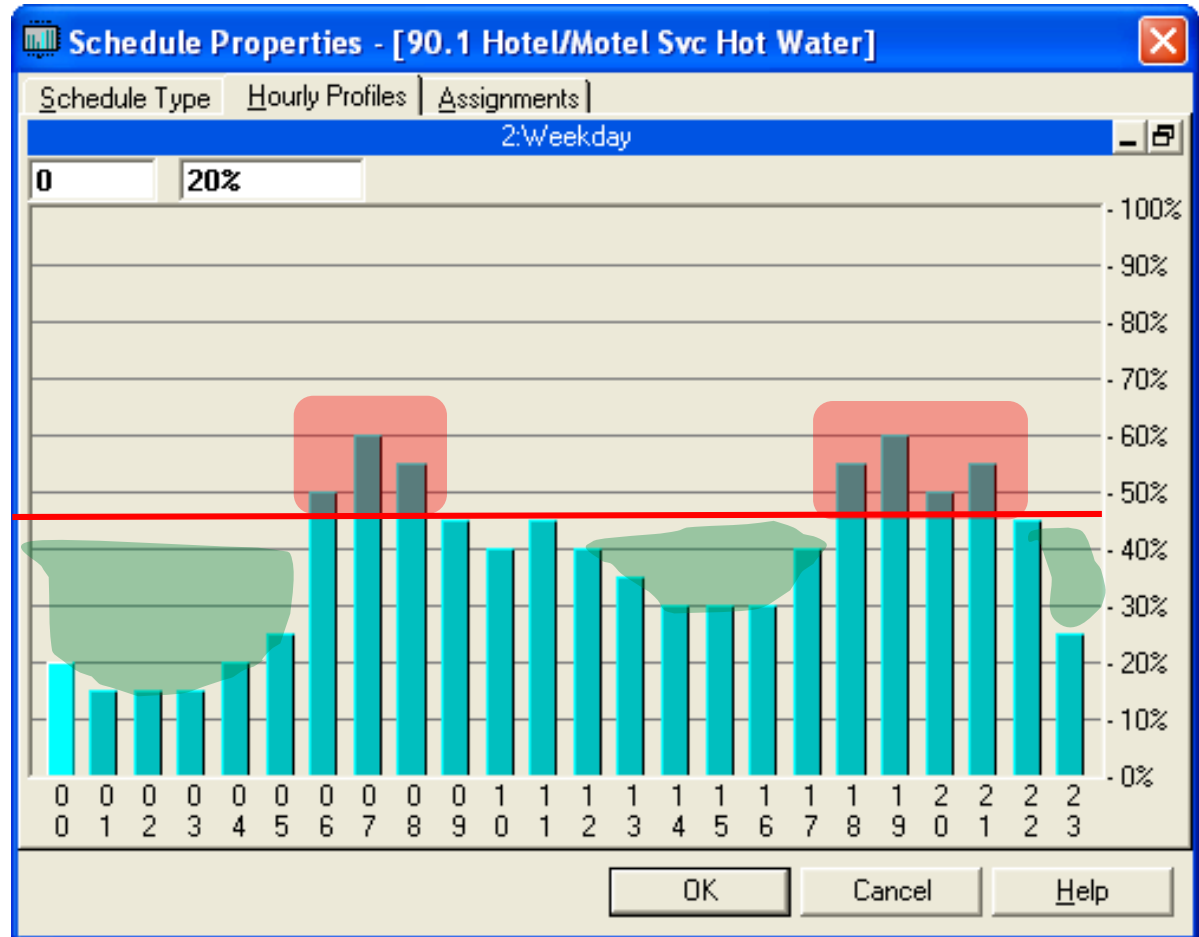
- 1) Mayor ahorro energético pero a la vez, inversión inicial mayor.
- 2) Obtención de ahorro energético durante la mayoría del tiempo de operación, con una inversión inicial mediana.
- 3) Menor costo. Menor ahorro energético.



Método de Selección de Capacidad del Chiller Recuperador de Calor

Cuando se implementan chillers recuperadores, de capacidades en un rango medio o alto (vs. perfil de consumo de agua caliente) se debe implementar un tanque de almacenamiento de agua caliente, para almacenar la energía recuperada en estos periodos:

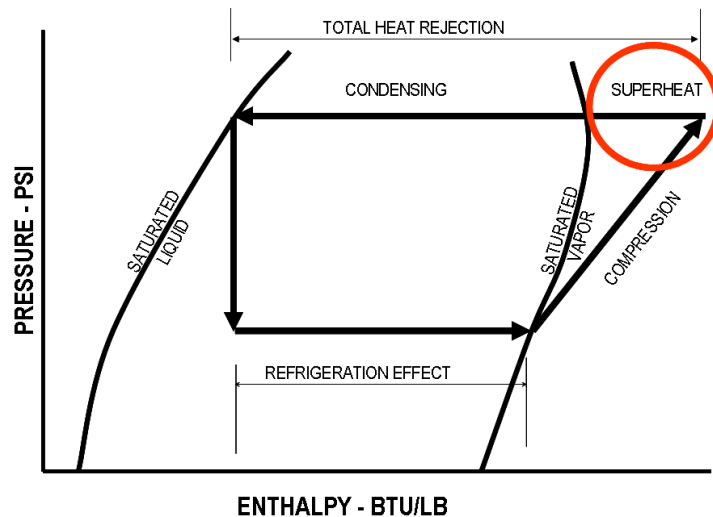
Para su uso durante estos periodos:



Definiciones de Recup. de Calor

2 Formas de Recuperar Calor

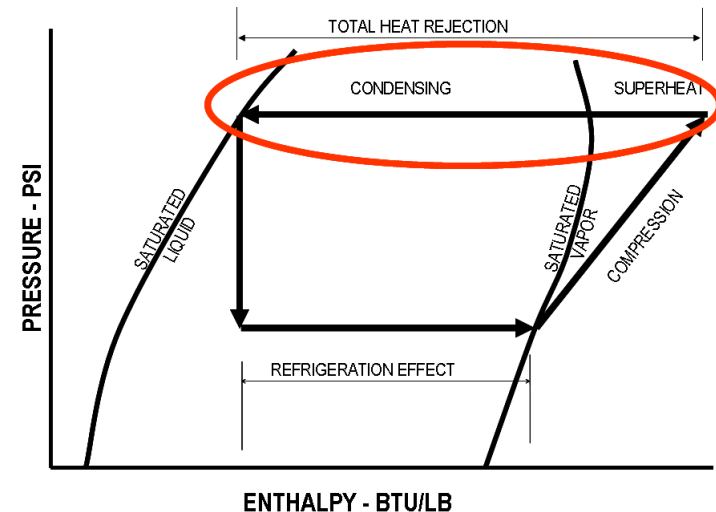
1. Desuperheater



Intercambiador Refrigerante-Aire entre el compresor y el condensador

- ✓ Captura calor del refrigerante sobrecalentado.
- ✓ Cantidad reducida de calor disponible, ya que sólo el sobrecalentamiento del refrigerante se recupera.
- ✓ Suministro de agua caliente a temperatura no controlada.

2. Full Condensing



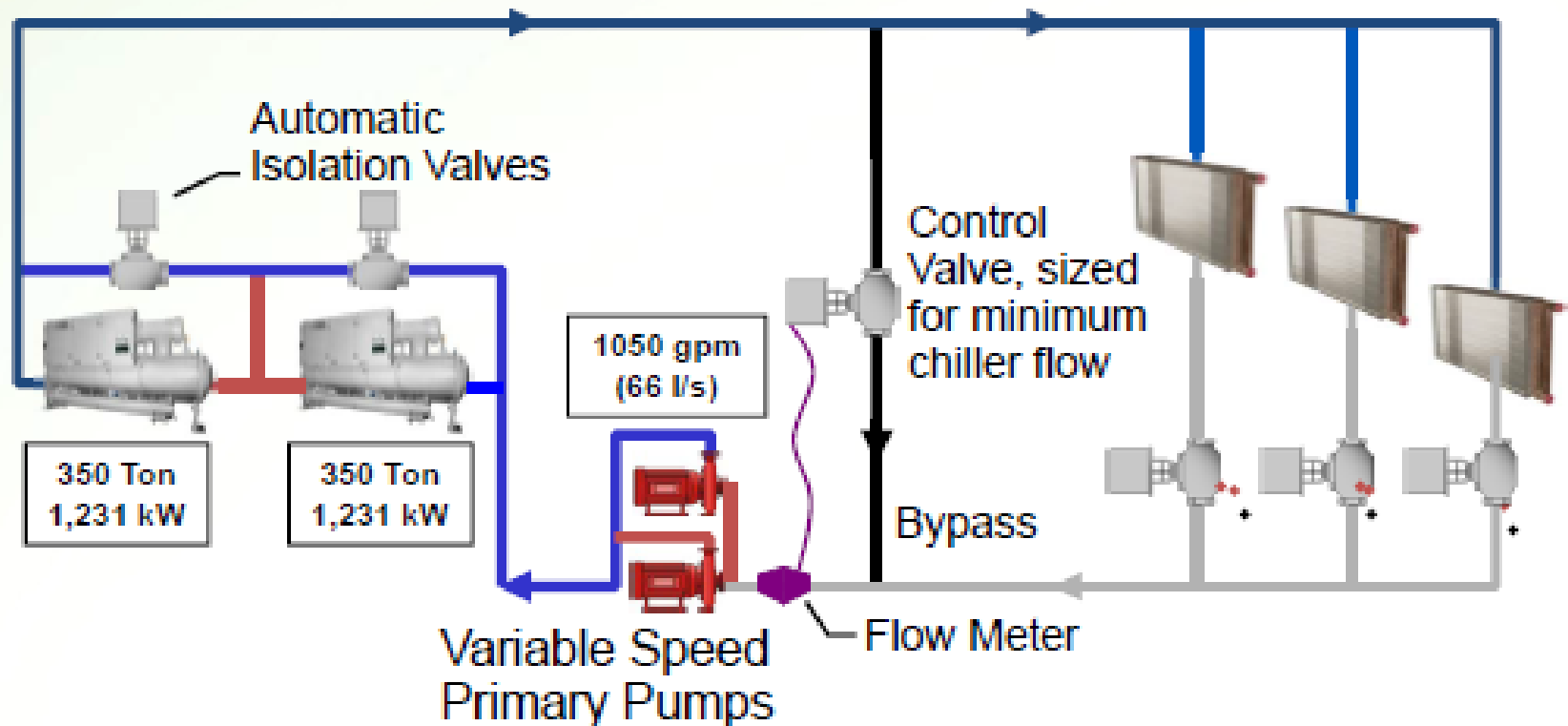
Intercambiador Refrigerante-Aire

- ✓ Captura la totalidad del calor de rechazo del proceso de refrigeración.
- ✓ Mayor cantidad de calor disponible respecto al método de Des-sobrecalentamiento.



Bombeo Primario Variable

Building Load 100% (700 Tons, 2462 kW)

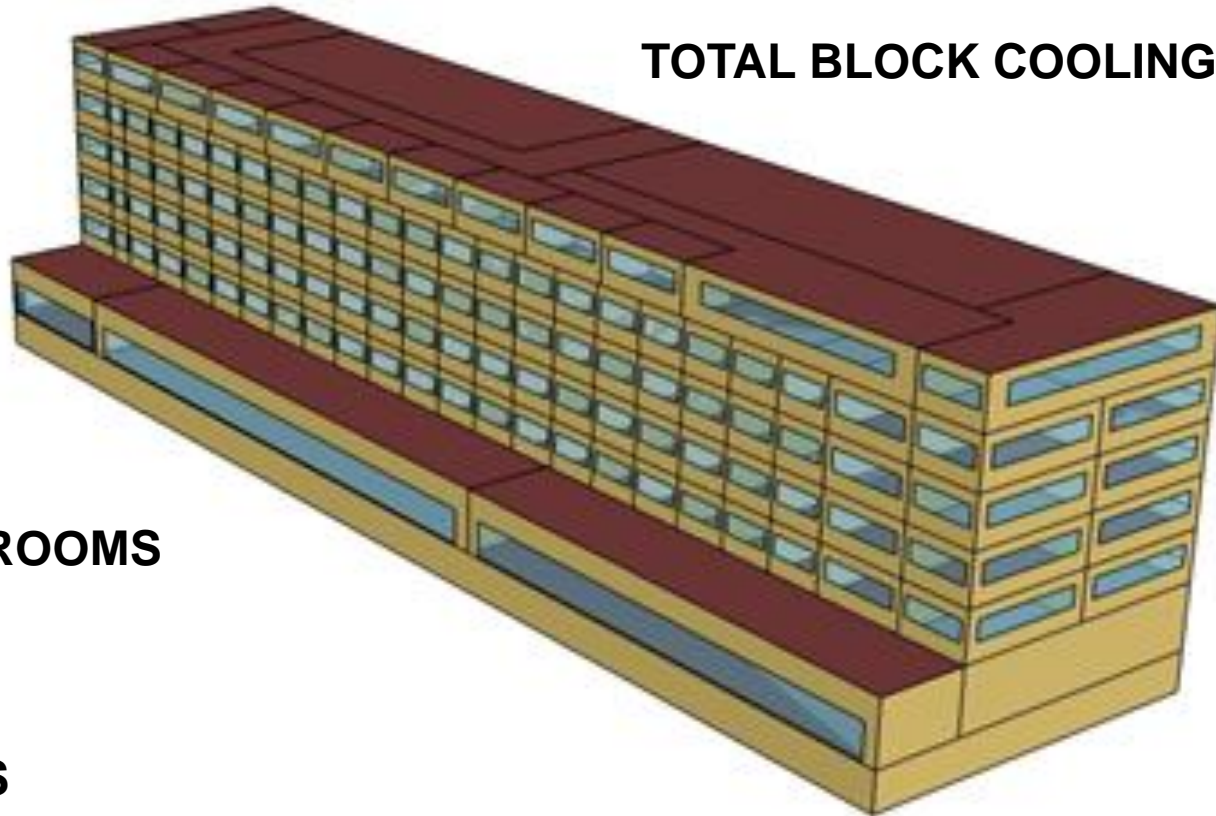


700 tons / 2 chillers = 350 tons (1,231 kW) per chiller



Caso Estudio Hotel

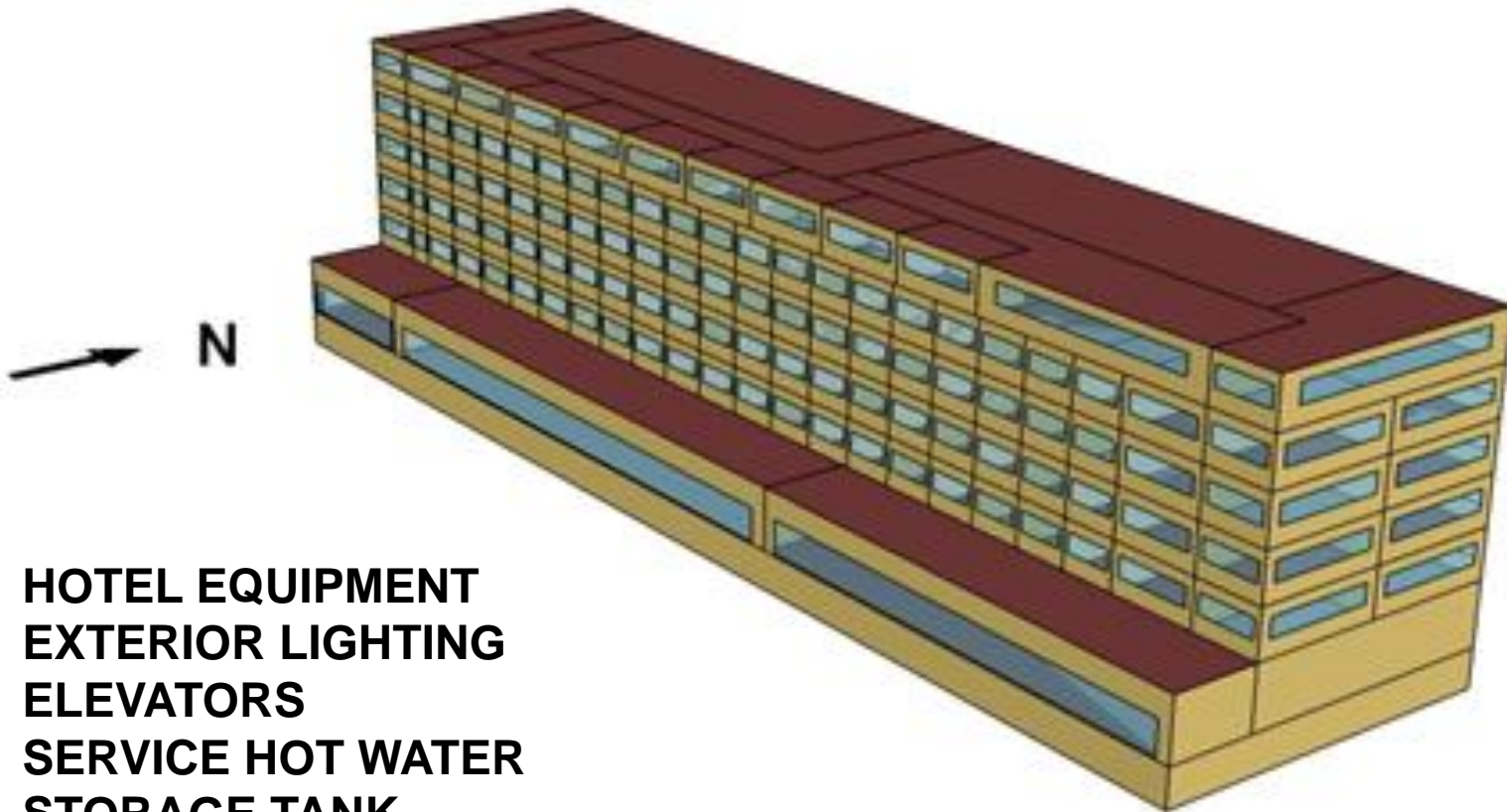
TOTAL BLOCK COOLING 430 TONS



- GUEST ROOMS**
- RETAIL**
- CAFÉ**
- LOBBY**
- OFFICES**
- STORAGE**
- CORRIDORS**
- STAIRS**



Caso Estudio Hotel



**HOTEL EQUIPMENT
EXTERIOR LIGHTING
ELEVATORS
SERVICE HOT WATER
STORAGE TANK
LAUNDRY**



HOTEL MODEL CZ 2 WALL

Wall Properties - [2010 Zone 2 Steel Frame Wall]

Wall Assembly Name: **2010 Zone 2 Steel Frame Wall**

Outside Surface Color: **Medium** Absorptivity: **0.675**

Layers: Inside to Outside	Thickness in	Density lb/ft ³	Specific Ht. BTU/lb/F	R-Value hr-ft ² -F/BTU	Weight lb/ft ²
Inside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.68500	0.0
Gypsum Board	0.625	50.0	0.26	0.56004	2.6
Batt Insulation + Steel St	3.450	50.0	0.16	5.91429	14.4
Gypsum Board	0.625	50.0	0.26	0.56004	2.6
Stucco	0.400	116.0	0.20	0.07994	3.9
Outside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.25000	0.0
Totals	5.100			8.05	23.5

Overall U-Value: 0.124 BTU/hr/ft²/F

OK Cancel Help



HOTEL MODEL CZ 2 GLASS

Window Properties - [2010 Zone 2 Metal Frame]

Window Details

Name:

Detailed Input:

Height: ft Width: ft

Frame Type:

Internal Shade Type:

Overall U-Value: BTU/hr/ft²/F

Overall Shade Coefficient:

Glass Details

Glazing	Glass Type	Transmissivity	Reflectivity	Absorptivity
Outer Glazing	<input type="text"/>			
Glazing #2	<input type="text"/>			
Glazing #3	<input type="text"/>			

Gap Type:

OK Cancel Help



HOTEL MODEL CZ 2 ROOF

Roof Properties - [2010 Zones 2 thru 8 Insulation Above Deck]



Roof Assembly Name: **2010 Zones 2 thru 8 Insulation Above Deck**

Outside Surface Color:

Absorptivity: **0.700**

Layers: Inside to Outside	Thickness in	Density lb/ft ³	Specific Ht. BTU/lb/F	R-Value hr-ft ² -F/BTU	Weight lb/ft ²
Inside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.92000	0.0
▶ 22 gage steel deck	0.034	489.0	0.12	0.00011	1.4
Board Insulation	0.470	2.0	0.22	3.26389	0.1
Built-up roofing	0.375	70.0	0.35	0.33245	2.2
Outside surface resistance	0.000	0.0	0.00	0.25000	0.0
Totals	0.879			4.77	3.6

Overall U-Value: 0.210 BTU/hr/ft²/F

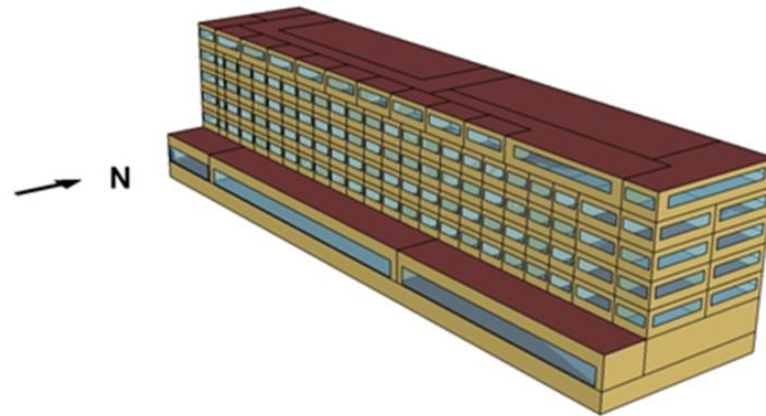
OK









Cancel

Help



HOTEL MODEL HVAC SYSTEMS



	1. DX PUBLIC AREAS PTAC GUEST ROOMS	Simulated
	2. AC CHILLERS NO HEAT RECOVERY	Simulated
	3. WC CHILLERS HEAT EXCHANGER CONDENSER LOOP	Simulated
	4. VRF SYSTEM THROUGHOUT	Simulated
	5. AC CHILLERS DESUPERHEATER	Simulated
	6. AC CHILLERS FULL RECOV ON ONE	Simulated
	7. WC CHILLERS WITH DHRC CHILLER IN PARALLEL	Simulated
	8. 23XR SERIES COUNTER WITH DHRC IN PARALLEL	Simulated



HOURLY ANALYSIS PROGRAM (HAP)

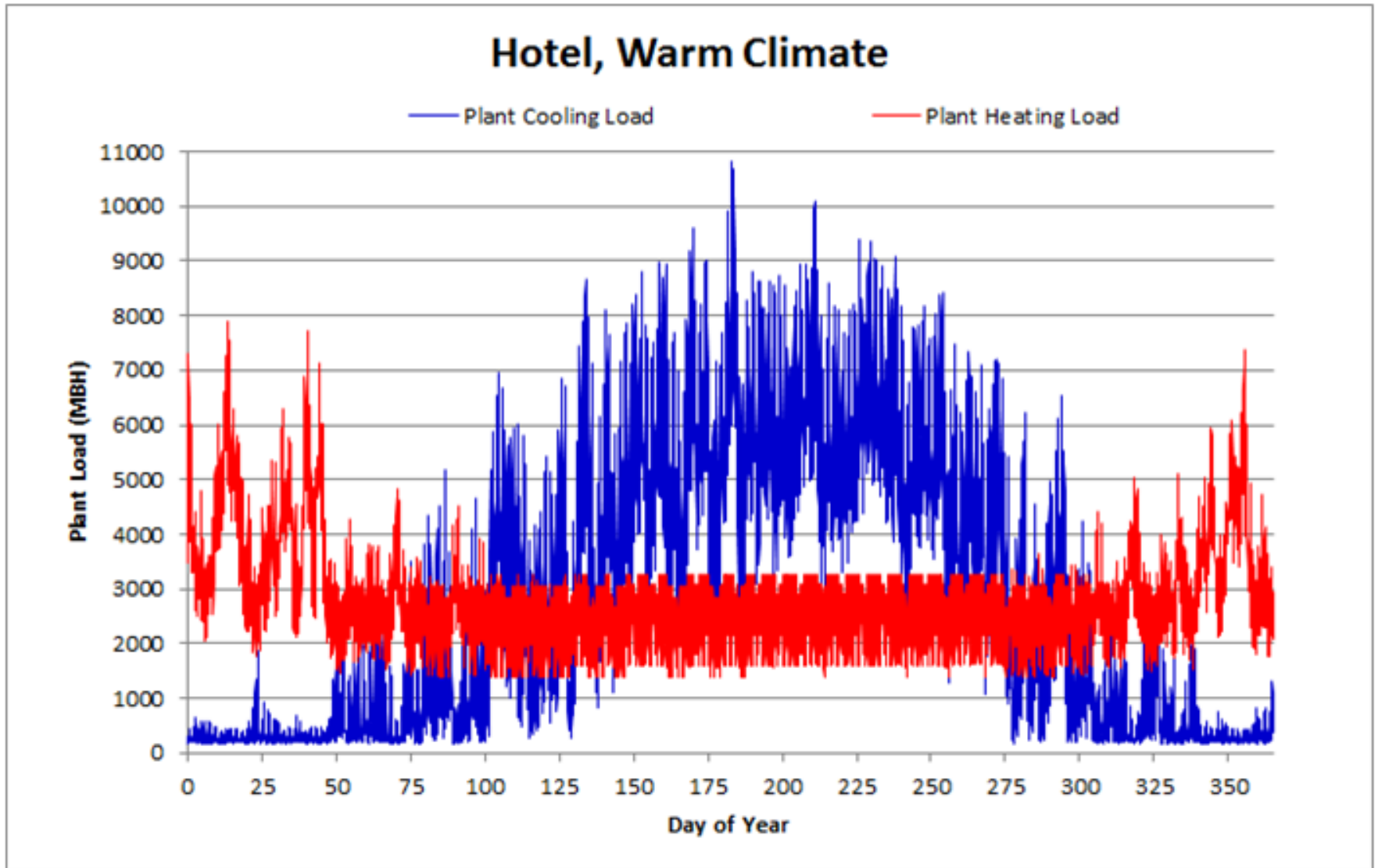
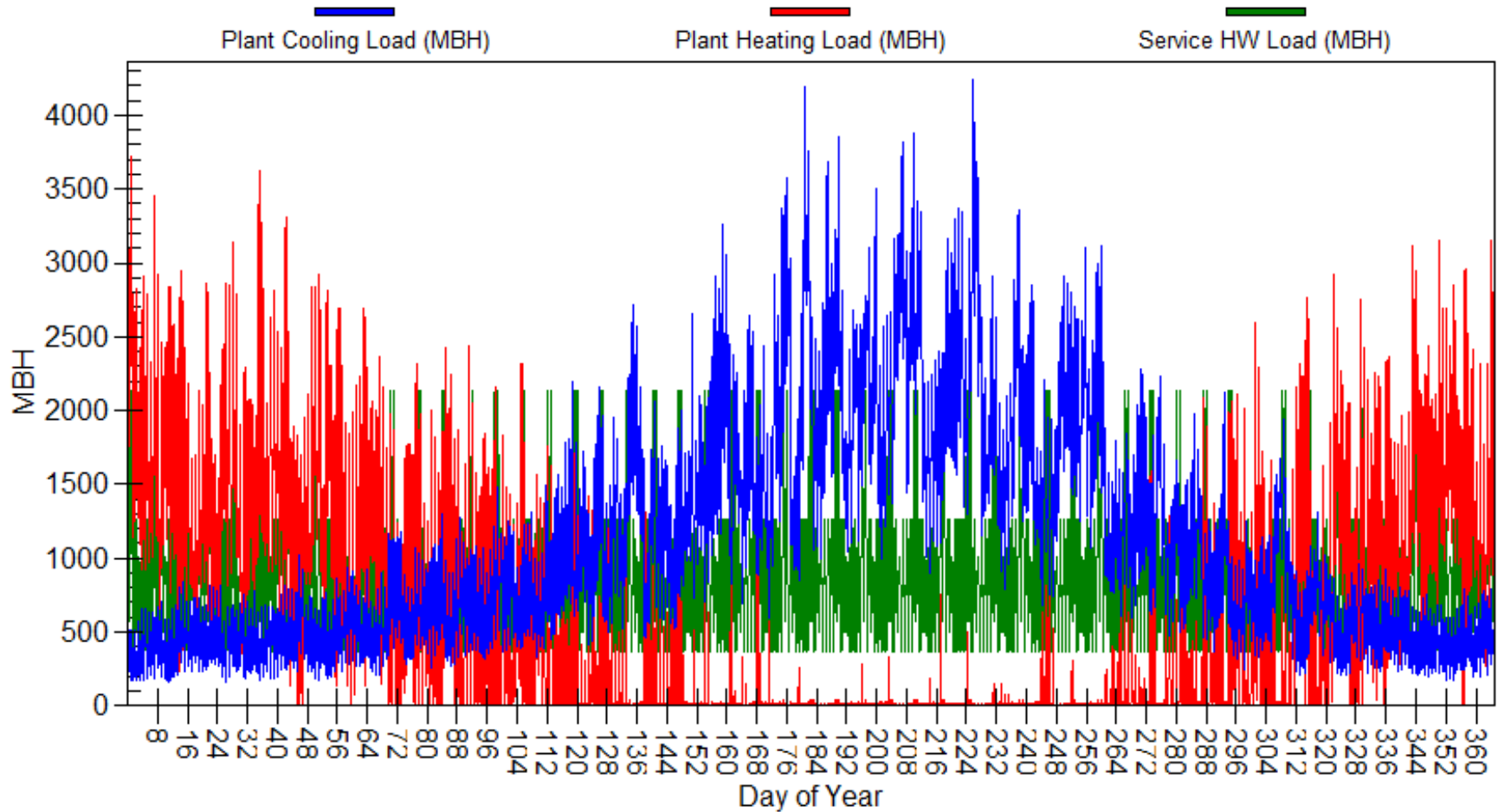


Figure 2. Building with Good Heat Recovery Potential



HOURLY ANALYSIS PROGRAM (HAP)

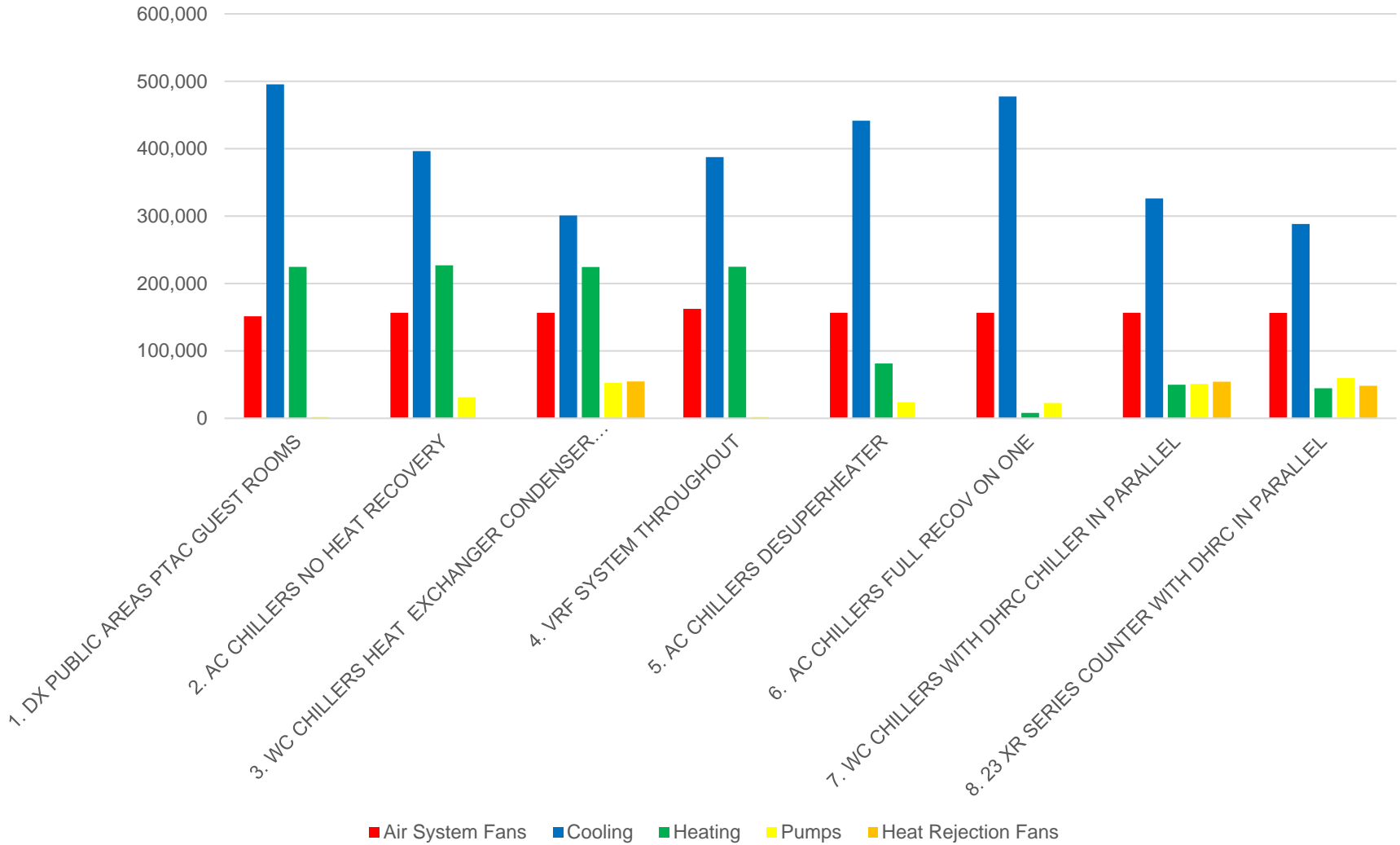
Hourly Simulation Results for Wednesday, January 1 (day 1) thru Wednesday, December 31 (day 365)





RESULTS

COMPARACION DIFERENTES SISTEMAS





RESULTS


	1. DX PUBLIC AREAS PTAC GUEST ROOMS	2. AC CHILLERS NO HEAT RECOVERY	3. WC CHILLERS HEAT EXCHANG ER CONDENS ER LOOP	4. VRF SYSTEM THROUGH OUT	5. AC CHILLERS DESUPER HEATER	6. AC CHILLERS FULL RECOV ON ONE	7. WC CHILLERS WITH DHRC CHILLER IN PARALLEL	8. 23 XR SERIES COUNTER WITH DHRC IN PARALLEL
Air System Fans	151,452	156,510	156,510	162,415	156,510	156,510	156,510	156,505
Cooling	495,480	396,458	301,006	387,541	441,503	477,483	326,218	288,371
Heating	224,648	227,068	224,449	224,921	81,388	7,962	49,824	44,537
Pumps	1,990	31,268	52,658	1,990	23,949	22,830	50,926	59,884
Heat Rejection Fans	0	0	54,716	0	0	0	54,288	48,180
HVAC Sub-Total	873,570	811,304	789,340	776,867	703,350	664,786	637,766	597,477



32% AHORRO ENERGÉTICO VERSUS BASE DE DISEÑO

GRACIAS





Gracias por tu pregunta,
los siguientes *slides* están
enfocados en
responderla, significa que
no me trasnoche en vano.



ASHRAE RP 601

The competition may cite an ASHRAE [research project \(601\)](#) which was published in 1990.

They may use this article to suggest:

1. Chillers without oil must be more efficient.
2. Performance of chillers with oil will get worse over time.

Response:

1. The most efficient chiller on the market is oiled (23XRV with 0.299 iKW/Ton IPLV). Clearly, other factors must be more important to **NET EFFICIENCY** than oil.
2. The study referenced 10 negative pressure (R-11) chillers, ½ of which were built prior to 1970. Implying the results are applicable to modern day R-134a positive pressure chillers built after 3-4 decades of design improvements [is inappropriate at best](#).

Focus on NET Efficiency!



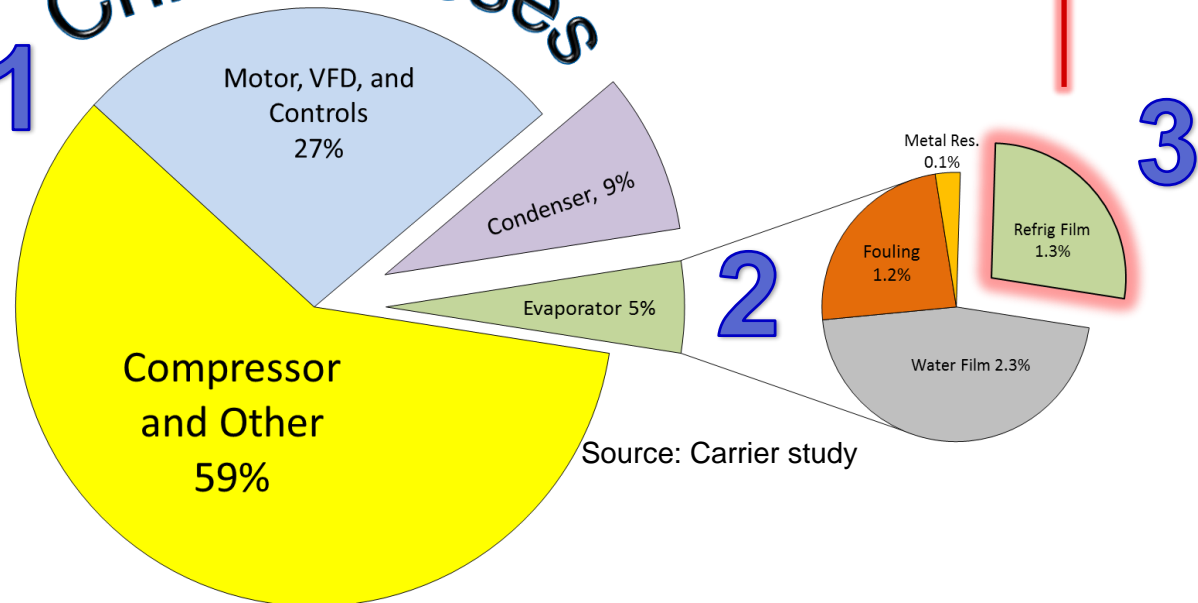
Oil Free Impact <1%

- 1) Start with all chiller losses
- 2) RP751 pertains only to evaporator
- 3) Specifically, only the refrigerant side heat transfer coefficient only (h_o)

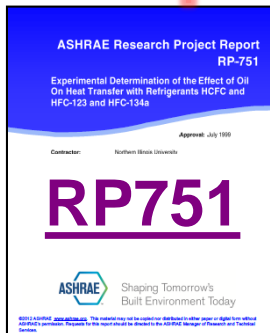
Oil impact: **22-25%** of **1.3%** =<1% @ Full Load
< 0.1% @ 25% Load

the reduction in heat transfer coefficient is between 22% to 25%

1 Chiller Losses



Source: Carrier study

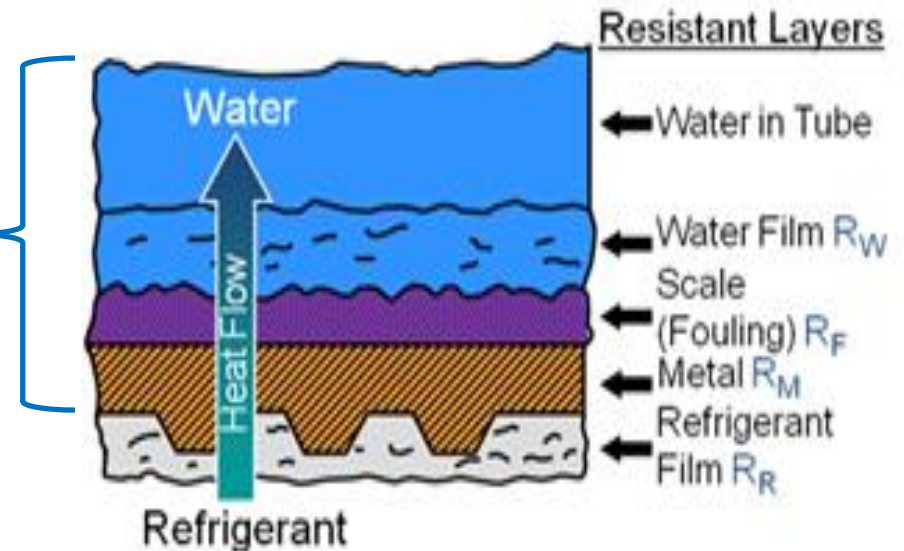




ASHRAE RP 751

73% of heat transfer resistance is on the water side where oil has no impact

R_w	0.000469	46%
R_f	0.000250	24%
R_m	0.000029	3%
R_r	0.000277	27%
R_t	0.00011025	100%



RP751 focused on the other 27% ... and so the impact is a fraction of a fraction of a fraction.

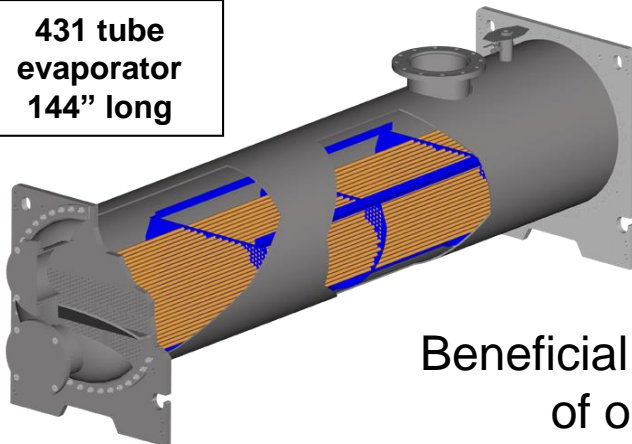


ASHRAE RP 751

Test rig may have inadvertently reduced wetting benefit of oil

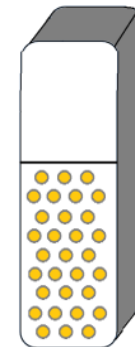
	Chiller	RP751 Test	Impact
Heat Exchanger	144" Long	~8" long 9 rows with drain at the top	Consistent Liquid Level
Refrigerant Feed	Normal	4% overfeed	All Tubes Submerged
Heat Load	Water	Electric Cartridge Heaters	Dry out in subsurface cavities

431 tube evaporator
144" long



Beneficial impact
of oil

31 tube bundle rig
~8" long



**No water used
in test**



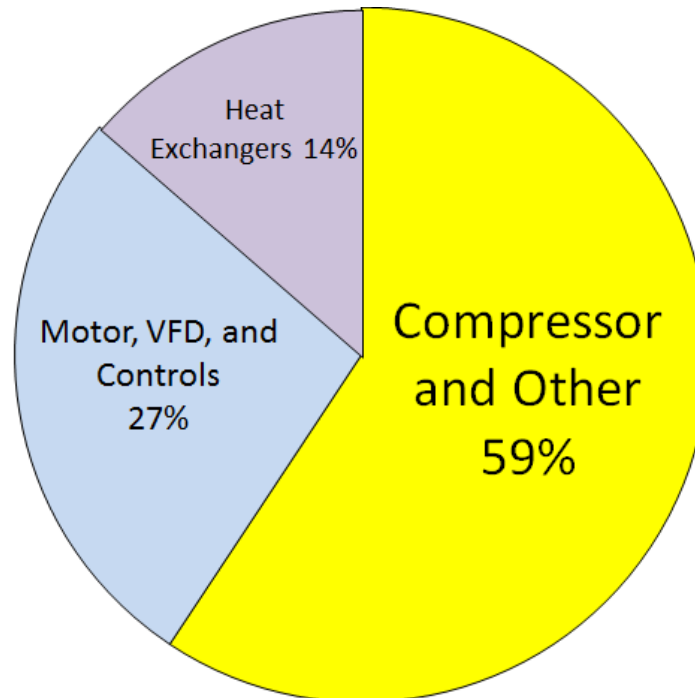
Compression Advantage

To make a more efficient chiller, build a better compressor

Approximately **50%** of the losses are compression related
Oil accounts for **<1%** of losses

Focus on the 50%!

Compression losses represent over half of all the losses in a chiller



Source: Carrier study
Selection at AHRI conditions



Mechanical Unloading

If the centrifugal compressor must operate at 84% speed to develop sufficient head, how do we limit the capacity to 50%?



Inlet Guide vanes in a centrifugal compressor create a pressure drop of 1% to 13% in their wake. This increases the head requirements on the compressor thereby increasing power.



Compression Advantage

To make a more efficient chiller, build a better compressor

50% of the losses are compression related

Oil accounts for **<1%** of losses

Limit the use of hot gas bypass:

Hot gas bypass valves or a “**load balance valves**”, allow high pressure discharge gas to travel directly to the evaporator. This creates a false load on the compressor to avoid surge, but creates performance penalty.

Without hot gas bypass:

Input kW	150
Evap Load	<u>250</u>
kW/Ton	0.600

Bldg Load	<u>250</u>
Effective kW/ton	0.600

With hot gas bypass:

Input kW	180
Evap Load	<u>300</u>
kW/Ton	0.600

Bldg Load	<u>250</u>
Effective kW/ton	0.720



Compression Advantage

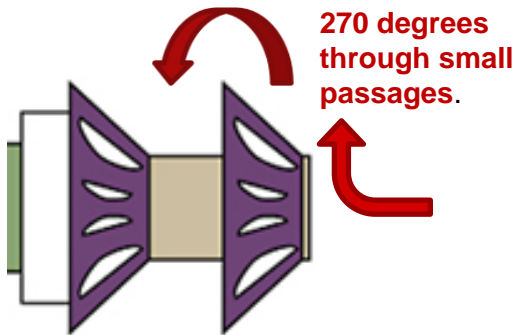
To make a more efficient chiller, build a better compressor

50% of the losses are compression related

Oil accounts for **<1%** of losses

Focus on the 50%!

Pushing flow through **very small** area creates high pressure drop and inefficiency.

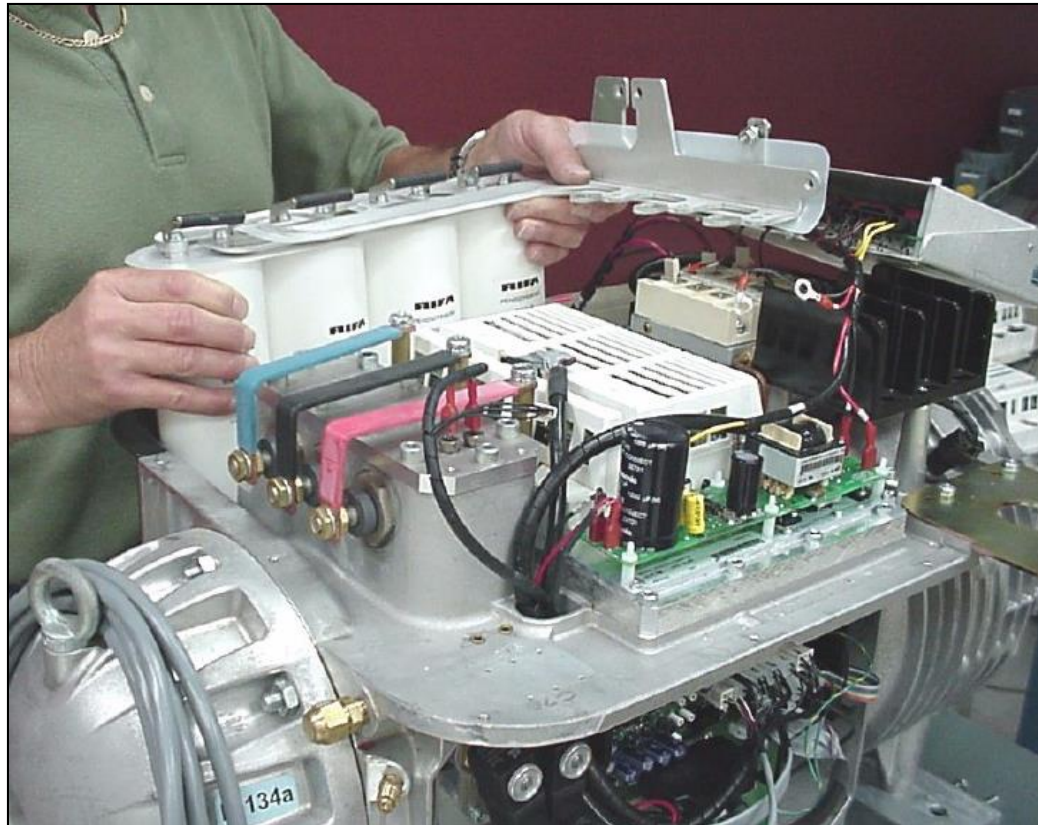


One example of Miniaturization



Capacitors

No Maintenance Claim



Magnetic bearings may require periodic capacitor replacement