

Sistemas de Refrigeración y Acondicionamiento de Aire

EFICIENCIA ENERGÉTICA



INTRODUCCIÓN

El aire acondicionado se requiere para :

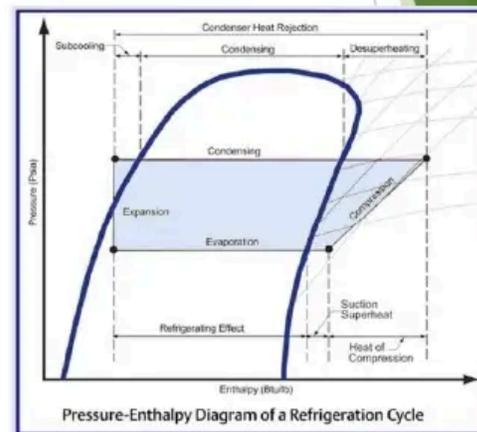
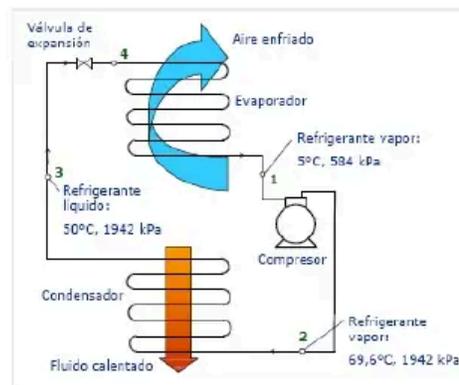
- ✓ **Dar confort a las personas**
- ✓ **Acondicionar espacios con temperatura y humedad relativa controlados**
- ✓ **Conservación de productos y materias primas**
- ✓ **Refrigeración y conservación de productos perecederos**

1. COMPONENTES DEL SISTEMA

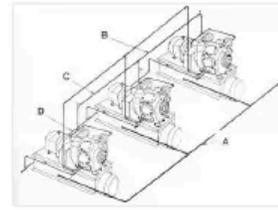
- **COMPRESOR (1):** equipo electromecánico que se encarga de elevar la presión y temperatura del fluido refrigerante convirtiéndolo en vapor.
- **CONDENSADOR (2):** equipo cuya función es la de retirar el calor que posee el refrigerante que sale de la descarga del compresor.
- **VÁLVULA DE EXPANSIÓN (3):** dispositivo que se encarga



CICLO DE REFRIGERACIÓN



REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL



INDICADORES ENERGÉTICOS

Para la caracterización de las condiciones de funcionamiento, en particular las energéticas, se hace uso de los llamados Indicadores Energéticos.

- 1- Coeficiente de Comportamiento (COP).
- 2- Relación de eficiencia energética.(EER)
- 3- Relación de Eficiencia Energética Estacional. (SEER)
4. Relación del consumo de potencia y capacidad de enfriamiento KW/ton

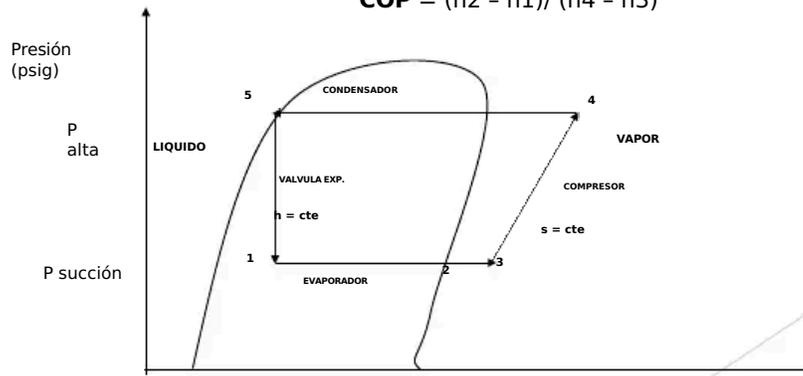
INDICADORES ENERGÉTICOS

COP = (Efecto refrigerante / Capacidad de compresión)

Efecto refrigerante = $h_2 - h_1$

Calor de compresión = $h_4 - h_3$

COP = $(h_2 - h_1) / (h_4 - h_3)$



INDICADORES ENERGÉTICOS

Eficiencia Energética (Energy Efficiency Ratio, EER) Se define como la relación entre el calor

removido (carga frigorífica) y la potencia eléctrica total consumida:

EER = Calor removido / Potencia eléctrica consumida

Eficiencia Energética Estacional (Seasonal Energy Efficiency Ratio, SEER)

SEER = Calor removido en un periodo dado / Potencia eléctrica consumida.

Índice de consumo de potencia (KW/Ton)

AIRE ACONDICIONADO

En lugares con temperatura ambiente de 35°C (95°F), consumen entre el 40% y el 65% del consumo total de energía eléctrica. (Hospitales, Hoteles, Centros Comerciales, Almacenes de cadena).



AIRE ACONDICIONADO

DISTRIBUCIÓN DEL AIRE

- **DUCTOS (1)** : se encargan de transportar y de distribuir el aire frío que sale del evaporador de la unidad de refrigeración por todo el lugar o zona a acondicionar.
- **REJILLAS DE SUMINISTRO (2)**: elementos que se encargan de dar salida y dirección al flujo de aire que viene de los ductos.
- **REJILLAS DE RETORNO (3)**: estas se encargan de dar entrada al aire que se desea enfriar en el evaporador.
- **DAMPERS**: dispositivos que se encargan de graduar el flujo de aire que pasa por los ductos de acuerdo a las necesidades del lugar.



AIRE ACONDICIONADO

CONTROLES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL AIRE

- **TERMOHIGROMETROS (1):** dispositivo que se encarga de controlar la temperatura y la humedad del aire a valores deseados.
- **PROGRAMADORES DE ENCENDIDO Y APAGADOS DE UNIDADES (2):** estos se encargan de encender y apagar los equipos de aire acondicionado a las horas deseadas en el día.

1.



2



TIPOS DE EQUIPOS DE AC

Ventana:

Este es un equipo compacto de aire acondicionado, el cual posee un solo cuerpo en donde se encuentran el compresor, el condensador, capilares de expansión, y el evaporador, y un motor que mueve los ventiladores del condensador y el evaporador. Este generalmente se utiliza en viviendas y oficinas pequeñas.



TIPOS DE EQUIPOS DE AC

Minisplit de una, dos o tres salidas (evaporadores):

Este equipo se encuentra conformado de una unidad condensadora y una o varias unidades evaporadoras, interconectadas por medio tuberías de cobre por donde transita el fluido refrigerante.

El compresor se encuentra ubicado dentro de la unidad condensadora.



TIPOS DE EQUIPOS DE AC

CENTRAL

Unidad de enfriamiento que consta de una unidad manejadora (1), y una unidad condensadora (2) que se encuentran interconectadas por medio tuberías de cobre por donde transita el fluido refrigerante.

El compresor se encuentra ubicado dentro de la unidad condensadora. La unidad



TIPOS DE EQUIPOS DE AC

Chiller:

Unidad de enfriamiento indirecto del aire acondicionado.

Este puede trabajar con dos tipos de condensación: por aire o por agua.

Consta de una unidad de refrigeración que enfría el agua que pasa por un intercambiador; que luego, es impulsada por unas bombas hacia las unidades manejadoras en donde se enfría el aire

Enfriadora de agua condensada por agua con compresor de tornillo



FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

- HORAS DE UTILIZACIÓN
- CONDICIONES DE OPERACIÓN
- CONTROL
- GRADO TECNOLÓGICO Y DE AUTOMATIZACIÓN

FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

HORAS DE UTILIZACIÓN:

La falta de control operacional en el apagado y encendido de estos equipos genera un mayor tiempo de utilización, por ende, un alto consumo de energía.

Para evitar esto se recomienda:

- ❑ Realizar una programación diaria del encendido y apagado del equipo. Generalmente, las unidades se deben encender 30 o 15 minutos antes de iniciar labores.
- ❑ La reducción de energía eléctrica que se puede alcanzar con este control es de un 10%.

FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

CONDICIONES DE OPERACIÓN:

Las condiciones de operación que generan altos consumos de energía eléctrica en las unidades de refrigeración son:

- ❑ Bajas temperaturas de evaporación.
- ❑ Altas presiones de condensación.

FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

BAJAS TEMPERATURAS DE EVAPORACIÓN

- Falta de aislamiento térmico en tuberías de succión (tubería fría).
- Válvulas de expansión descalibradas.
- Falta de fluido refrigerante.
- Fugas de refrigerante.
- Suciedad de los filtros y de los paneles de los evaporadores.
- Bajo flujo de aire a través del evaporador.



FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

ALTAS PRESIONES DE CONDENSACIÓN

- Deterioro de los paneles condensadores.
- Exceso de suciedad de paneles.
- Inadecuado flujo de aire de los ventiladores.
- Condensadoras mal ubicadas.
- Sobre carga de refrigerante.
- Disminución de la eficiencia isentrópica de los compresores ocasionando altas temperaturas



FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA AISLAMIENTOS

Aire Acondicionado:

- ❑ Sistema de distribución ineficientes o mal diseñados, rejillas de suministro y de retorno obstruidas.
- ❑ Fugas de aire frío en ductos, por zonas no climatizadas.
- ❑ Falta de aislamiento térmico en ductos de distribución y de los cuartos en donde se ubican las unidades manejadoras.
- ❑ Falta de aislamiento térmico en tuberías de agua fría y de intercambiadores en unidades CHILLER.

Refrigeración:

- ❑ Fallas de aislamiento en tubería de succión o tanques acumuladores

FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

Refrigeración

- Infiltraciones de aire caliente en cuartos fríos agregan carga térmica extra al sistema, la cual es innecesaria perjudicando el almacenamiento de los productos exigiendo trabajo extra a los compresores.
- Fuentes de calor cercanas a cuarto fríos o neveras también generan carga térmica extra.



FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

Refrigeración

- Infiltraciones de aire caliente en cuartos fríos generan bloqueos de los evaporadores lo cual afecta la temperatura de los productos.
- Las fallas de aislamiento en tubería de succión generan sobrecalentamientos extra elevando la temperatura de succión de los compresores.



FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

Refrigeración

- Deficiente estado técnico de los compresores
- Limpieza inadecuada de filtros y condensadoras de equipos de refrigeración
- Inadecuada automatización y regulación del sistema
- Aislamiento inadecuado de líneas de succión



FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

Refrigeración

➤ Poca capacidad de enfriamiento debido a:

- ✓ Presión de succión muy baja
- ✓ Sistema de regulación del compresor no funciona adecuadamente
- ✓ Fugas en válvulas de succión o descarga
- ✓ Daños en el compresor



FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

Refrigeración

➤ Alto consumo de energía :

- ✓ Presión de descarga muy alta
- ✓ Motor eléctrico defectuoso
- ✓ Válvulas de cierre no abren completamente en el lado de la descarga



FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

Aire Acondicionado

- Sistema de distribución ineficientes o mal diseñados, rejillas de suministro y de retorno obstruidas reducen la capacidad de enfriamiento ocasionando un mayor tiempo de trabajo de las unidades de refrigeración.
- Fugas de aire frío en ductos, por zonas no climatizadas generan pérdidas considerables de energía eléctrica.



FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

Aire Acondicionado

- Falta de aislamiento térmico de ductos de distribución y de los cuartos en donde se ubican las unidades manejadoras, y en tuberías de agua fría y de intercambiadores en unidades CHILLER
- Lo anterior genera un aumento considerable en la temperatura del aire que sale de las rejillas, ocasionando un mayor trabajo para las unidades de refrigeración.



FACTORES QUE INCREMENTAN EL CONSUMO DE ENERGÍA

Aire Acondicionado

CONTROL

- La no existencia de control de temperatura para un lugar ocasiona el trabajo continuo de las unidades de refrigeración.
- Termostatos descalibrados, de lenta respuesta o que estén deshabilitados generan sobre consumos de energía eléctrica.
- La falta de presostatos en las líneas de succión y de descarga del compresor, genera la falta de control de las presiones y esto aumentan el consumo de energía.
- La falta de controles de temperatura del agua fría, o su mal funcionamiento genera pérdidas de energía eléctrica en los CHILLERS.

OPORTUNIDADES DE AHORRO

Aire Acondicionado

Variadores de velocidad

- Bombas centrífugas
- Ventiladores en las torres de enfriamiento
- Unidades manejadoras de aire en sistemas de volumen variable

OPORTUNIDADES DE AHORRO

NUEVAS TECNOLOGÍAS

- Tecnologías de nuevos compresores con altas eficiencias y de sistemas de regulación de carga brindan mayores ventajas en el ahorro de energía, permiten una reducción del consumo en un 30% al 40%.
- Su inversión se recupera en menos de dos años con base a los ahorros alcanzados.



EJEMPLOS

INEFICIENCIA: La unidad condensadora posee 6 etapas de condensación de las cuales solo funcionan tres, esto ocasiona valores elevados de presión de condensación entre 200 y 225 psi.

MEDIDA DE AHORRO:

1. Se debe configurar las 6 etapas de condensación con un set de presión de 170 psi y un diferencial pequeño que nos permita mantener la presión entre 170 y 180 psi.
2. Se debe realizar limpieza mensual de la unidad condensadora con equipo de agua a presión y desincrustante.
3. Se debe instalar manómetro de control para la presión de condensación.

PORCENTAJE DE AHORRO : 8 % en MT y 7,5% en BT para un ahorro mensual en pesos de 641.000 \$

AHORRO ANUAL DE : 7.692.000 \$



EJEMPLOS

INEFICIENCIA: El compresor de la nevera de lácteos funciona con R22 lo cual eleva su factor de carga por que su configuración actual aplica para alta temperatura y la potencia real es mayor que la nominal del equipo

MEDIDA DE AHORRO: Se debe cambiar refrigerante a R502 lo cual nos modifica los rangos de funcionamiento para media temperatura y ajustar temperatura de evaporación en 7°F según lo recomendado por normas de calidad

PORCENTAJE DE AHORRO : 28% para un ahorro mensual en pesos de 290.000 \$

AHORRO ANUAL DE : \$3.480.000



EJEMPLOS

INEFICIENCIA:

- En el grupo de compresores de media temperatura se presentan sobrecalentamientos de 31°C lo cual es causado por mal estado del aislamiento de las tuberías. Esto ocasiona altas temperaturas de descarga.
- En el grupo de compresores de baja temperatura se presentan sobrecalentamientos de 50°C lo cual es causado por mal estado del aislamiento de las tuberías. Esto ocasiona altas temperaturas de descarga.

MEDIDA DE AHORRO:

- Se debe cubrir con aislamiento las tuberías de succión y cambiar el aislamiento del tanque acumulador de succión. Preferiblemente utilizar aislamiento en chaqueta de aluminio con poliuretano.
- Se debe revisar el aislamiento de las tuberías de succión y reemplazar los tramos defectuosos con el fin de disminuir los sobrecalentamientos.

PORCENTAJE DE AHORRO: 5% en BT y 10% en MT para un ahorro mensual en pesos de \$514.000

AHORRO ANUAL DE : \$6.168.000

EJEMPLOS

Ineficiencia

Ducto de distribución que se encuentra a la intemperie sin ningún tipo de aislamiento térmico, ocasionando un incremento en la temperatura del aire de climatización en 9°C.

Medida de ahorro

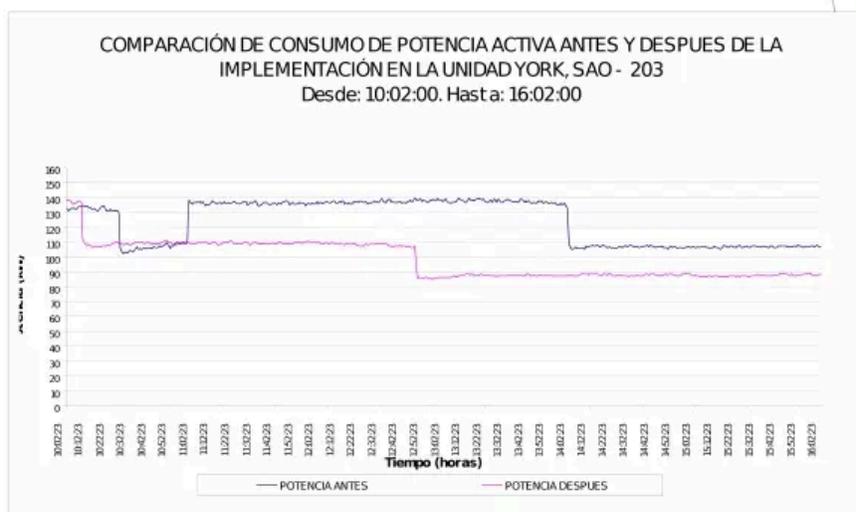
Se recomendó instalar unos toldos con el fin de generar sombra sobre el ducto; el resultado fue una disminución del incremento en 8,3°C.

El ahorro de energía eléctrica alcanzado fue de 9.000 kWh /mes que equivalen a \$1.800.000 mensuales



Sistemas de Aire

Acondicionado. CASOS PARTICULARES DE EQUIPOS INEFICIENTES.



EJEMPLOS

Ineficiencia

Una unidad de aire acondicionado de 20 TR (240.000 Btu/h), presenta condiciones de operación no adecuadas que generaban un incremento en el consumo de energía.

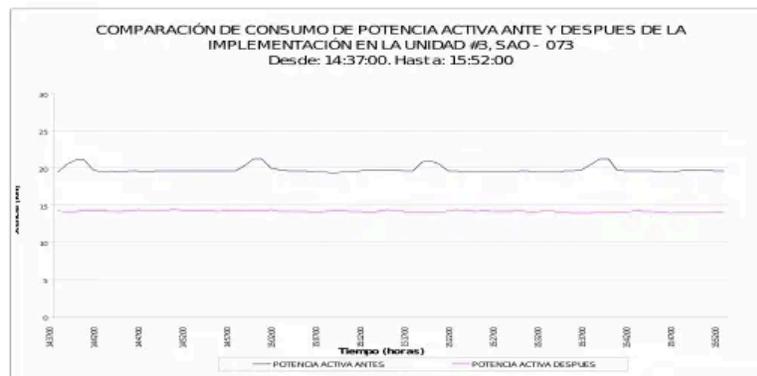
Medidas de ahorro

Para ajustarlas, se realizaron varias tareas de mantenimiento:

- Cambio de los aislamientos térmicos de las tuberías de succión.
- Cargue con refrigerante hasta tener presiones de succión de 65 psi
- Limpieza de filtros de manejadoras.
- Limpieza de panel condensador.
- Ajuste de transmisión de ventiladores de condensadora y manejadora.

EJEMPLOS

Como resultado se dio una disminución del consumo de energía eléctrica en aproximadamente 2.875 kWh/mes que equivalen a \$575.000 mensuales.



EJEMPLOS

Ineficiencia

Una unidad de aire acondicionado de 40 TR (480.000 Btu/h), presenta condiciones de operación no adecuadas que generaban un incremento en el consumo de energía.

Medidas de Ahorro

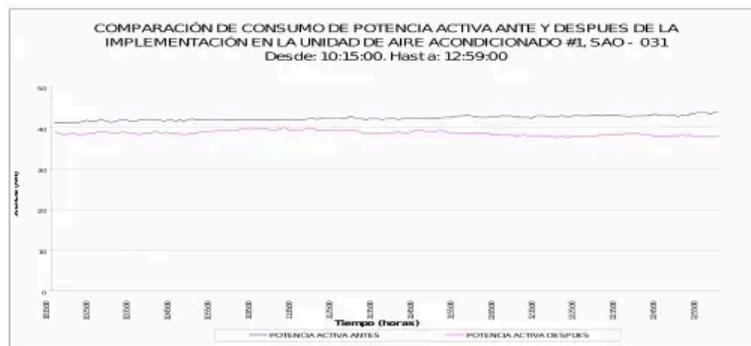
Para ajustarlas, se realizaron varias tareas de mantenimiento:

- Cambio de los aislamientos térmicos de las tuberías de succión.
- Ajuste del setpoint del termostato en 75°F (23,8°C)
- Cargue con refrigerante hasta tener presiones de succión de 70 psi y sobrecalentamientos de 20°F.
- Limpieza de filtros de manejadoras.
- Limpieza de panel condensador.
- Ajuste de transmisión de ventiladores de condensadora y manejadora.



EJEMPLOS

Como resultado se dio una disminución del consumo de energía eléctrica en aproximadamente 1.180 kWh/mes que equivalen a \$236.000 mensuales con una tarifa de \$200/kWh.



Presentación Refrigeración y Acondicionamiento de Aire

EFICIENCIA ENERGÉTICA

Ing. Jairo Daza