

AIRE ACONDICIONADO - COEFICIENTES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

JHP marzo 2016

Cuando se habla de las características de un equipo de aire acondicionado, normalmente se observan alguna de estas siglas: **EER, COP, SEER y SCOP**. Este artículo intenta explicar lo que representan esas abreviaturas, cuyos valores, permite conocer la eficiencia de un equipo de aire acondicionado, y por lo tanto han inducido a los fabricantes a desarrollar equipos con tecnologías, que requieran menor consumo de energía.

Antes de entrar a este enigma de letras, es necesario analizar algunos conceptos básicos, esenciales, para comprender el comportamiento energético de una máquina frigorífica.

Es común hablar de equipos acondicionadores con bomba de calor, pero muy pocas veces se analiza con claridad en qué consiste esa tecnología, cuáles son sus ventajas y sus inconvenientes, por lo tanto, se debe explicar cómo trabajan esos equipos.

El ingeniero Willis H. Carrier definió la refrigeración como “La transferencia de calor desde un lugar donde es necesario retirarlo a otro lugar donde puede ser cedido”.

En otras palabras se “bombee” calor de un lugar a otro. De ese criterio se desprende el nombre de acondicionador con bomba de calor, cuando el mismo invierte el modo de trabajo para poder suministrar enfriamiento o calefacción.

Un acondicionador con bomba de calor es, a grandes rasgos, una máquina que se basa en un ciclo termodinámico reversible. Este sistema tiene dos sectores fundamentales, la fuente fría y la fuente caliente. Cuando se aplica energía eléctrica al equipo, este comienza a funcionar, una de las fuentes aumenta su temperatura, desprende energía (en forma de calor) mientras que la otra baja su temperatura, absorbe energía (también en forma de calor).

Para entenderlo mejor tomar como ejemplo un equipo “Split” comercial con bomba de calor (unidad acondicionadora muy conocida).

Previamente es importante aclarar un concepto que suele presentar confusiones. El intercambio que se realiza entre las unidades es solamente de energía (transmitida por el fluido refrigerante), no existe intercambio de aire entre la unidad interior y la unidad exterior. Por lo tanto, a no ser que exista un sistema que aporte ventilación extra, el aire que toma el equipo exterior no entra nunca en el interior del local.

La figura siguiente muestra el equipo “Split” funcionando en modo refrigeración. Para que la unidad interior (llamada “evaporador” enfrié el aire del local, es necesario que la unidad exterior (llamada “condensador”) caliente el aire exterior.

ACONDICIONADOR TIPO SPLIT TRABAJANDO EN MODO ENFRIAMIENTO



En la nueva figura es el esquema del equipo trabajando en el modo calefacción. En este caso para calentar el aire del local con la unidad interior, es necesario que simultáneamente la unidad exterior enfríe el aire “de la calle”.

ACONDICIONADOR TIPO SPLIT TRABAJANDO EN MODO CALEFACCIÓN



En este modo de funcionamiento (calefacción) es común que un equipo con bomba de calor presente algunos problemas.

Uno de los problemas más comunes es la formación de hielo en la unidad exterior. Dado que el equipo tiene que enfriar el aire exterior para que el sistema funcione, cuando la temperatura del aire exterior es inferior a 5° C, es posible, que en el proceso de enfriamiento la temperatura baje a 0 °C, por lo tanto puede aparecer hielo en ciertas partes del equipo (serpentina), provocando que la máquina entre en modo “descarche” y se detenga por un periodo de tiempo para fundir ese hielo, mientras tanto no se tendrá calefacción.

Otro fenómeno es la producción de agua. Es común que la gente se extrañe y se moleste, cuando descubre que la unidad exterior o la unidad interior de un acondicionador con bomba de calor les gotea en la cabeza al pasar por debajo de una de ellas. El motivo de esto es, fundamentalmente, que el “Instalador” es un improvisado, ha dejado el desagote mal conectado o incluso no ha conectado un tubo de desagüe.

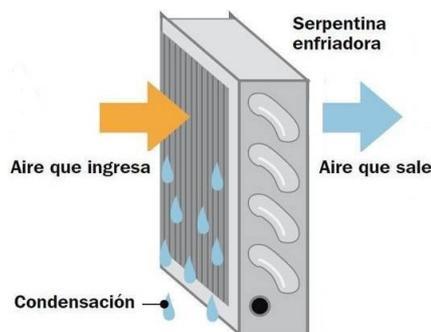


Figura 3 – Proceso de condensación en una serpentina de enfriamiento

Retomado el fenómeno de la generación de agua en los equipos acondicionadores, es necesario tener en cuenta que cuando una corriente de aire húmedo (el aire siempre contiene una cantidad de vapor de agua) pasa por una serpentina fría que se encuentra a una temperatura inferior al **punto de rocío** del aire que la atraviesa, se produce la condensación del vapor agua, pasando al estado líquido. Por lo tanto, es sencillo deducir que durante el funcionamiento en modo calefacción, se puede producir agua en la unidad exterior y durante el funcionamiento en refrigeración en la unidad interior. Obviamente esa agua es necesario canalizarla hasta la red de desagüe si no se quiere tener problemas.

Punto de rocío	Cuando se enfría una mezcla de aire y vapor de agua (aire húmedo), la temperatura a la cual, el vapor de agua contenido en el aire, comienza a condensarse se denomina temperatura de punto de rocío del aire.
-----------------------	--

CAPACIDAD TÉRMICA y ENERGÍA

Los equipos acondicionadores tienen dos características técnicas que suelen crear confusiones, una es la capacidad térmica o energía térmica y otra es la potencia eléctrica o energía eléctrica. Es importante conocer que quiere decir cada una y qué relación hay entre ellas.

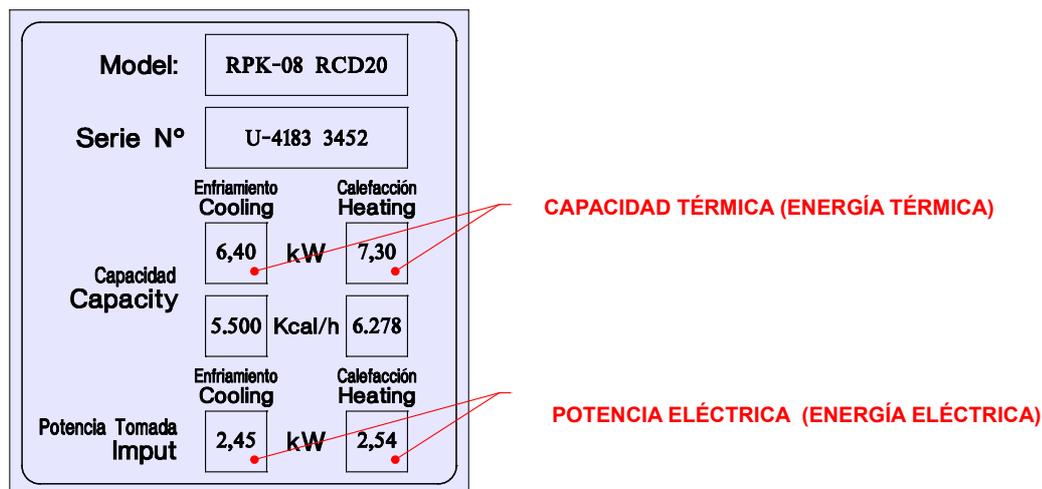


Figura 4 – Etiqueta de características de un acondicionador

En primer lugar, es necesario entender la diferencia entre energía y potencia: **Energía y potencia** son dos conceptos que son utilizados innumerables veces, aunque parecen dos definiciones sencillas es común equivocarse, incluso [los medios de comunicación las confunden](#). Lo siguiente trata de ser una explicación simple para que todo el mundo lo pueda entender.

Abreviadamente, estas son las definiciones “oficiales” que dan algunas enciclopedias:

- **Energía:** capacidad para realizar un trabajo.
- **Potencia:** cantidad de trabajo por unidad de tiempo.

Las unidades más utilizadas para expresar estos dos conceptos son las siguientes:

- **Energía:** kWh, kilocalorías, Julios, etc.
- **Potencia:** kW, kilocalorías/h, caballos, etc.

Por favor, no caer en el error de **confundir kW con kWh** o, incluso peor, no [utilizar la expresión kW/h, ya que esa, no existe](#).

Es de suponer que a la mayoría de gente esto no le habrá aclarado nada, consecuentemente se debe intentar utilizar unas definiciones más “caseras” para comprender estos términos.

Energía: el concepto es sencillo, hay que pensar en la energía como algo que **se puede acumular**, o como un **total utilizado** o un **total generado** durante un periodo de tiempo. Por ejemplo:

- “A lo largo de este mes el consumo de energía fue de 360 kWh”
- “Esta comida contiene una energía de 300 kcal”.
- “El generador durante todo el día entregó 2.400 kWh”

Potencia: representa la cantidad de energía por unidad de tiempo. Para comprenderlo es necesario tener siempre presente que **es un término instantáneo**, no se puede acumular potencia ni utilizar una cantidad de potencia por hora. Unos ejemplos útiles serían:

- “Este coche ofrece 200 HP de potencia al pisar el acelerador a fondo”
- “Ahora mismo esa lámpara toma 60 W de potencia”
- Otro ejemplo sencillo de ambos conceptos es **nuestra factura de la luz**, cuando nos cobran en concepto de **energía consumida**, nos dan el dato en kWh y representa la cantidad de “luz” que hemos gastado durante un bimestre sin embargo en el **término de potencia** nos

dan un dato en kW, el cual representa la potencia máxima que podemos utilizar en un instante determinado.

Si ahora estos conceptos están claros, se puede apreciar que representan los valores indicados en un equipo acondicionador (ver figura 4).

- **Capacidad térmica o energía térmica** (Capacidad, cooling power, heating power, etc.) Es la cantidad de calor (o frío) que un equipo acondicionador puede entregar. En los equipos con bomba de calor la capacidad térmica en calefacción es mayor a la de enfriamiento dado que el calor generado en el compresor “trabaja” a favor de la calefacción.
- **Potencia eléctrica:** (Consumo, input, power, etc.) Es el consumo eléctrico nominal del equipo acondicionador. Este valor no es constante en el tiempo, puede variar en un rango bastante amplio, sobre todo si el equipo es “Inverter”.

Suele suceder que algunas personas se asustan al ver la capacidad térmica del equipo pensando que es el consumo, imaginándose una factura de “luz” descomunal (esto ocurre porque en los equipos ya no se expresa la capacidad en Kcal/h sino en kW). Por lo tanto los dos términos se suelen medir en kW ya que representan potencias, pero el concepto es diferente.

Si se analizan las características de un calefactor con resistencias eléctricas, ya sea una estufa de “cuarzo”, un caloventilador, o un radiador eléctrico los términos de capacidad térmica y potencia eléctrica son iguales, ya que la transformación de energía eléctrica en energía térmica por efecto Joule tiene un equivalente fijo, por cada kW consumido, se emite 1 kW de calor, que son 860 Kcal/h. Consecuentemente en esos equipos solo se indica una sola potencia.

Por otra parte, si hablamos de equipos acondicionadores con bomba de calor la capacidad térmica puede ser hasta de 4 veces la potencia eléctrica, dado que como se analizó anteriormente la energía se extrae de la fuente fría (o caliente), de forma que cada kW de electricidad consumido, puede generar hasta 4 kW de calor (o frío) 3.440 Kcal/h.

Para obtener datos de un equipo acondicionador, la mejor fuente es la etiqueta de características, suele estar ubicada en el frente o en el lateral de la unidad exterior.

Esa etiqueta suministra bastante información: fluido refrigerante, potencias, EER, COP, etc. pero lo que nos interesa es el consumo eléctrico. Este puede estar indicado como: “consumo” “Input power”, potencia, etc. si se trata de un equipo con bomba de calor indicara los consumos en refrigeración y en calefacción (figura 4).

Es importante no confundir capacidad térmica con potencia eléctrica, seguramente las dos están indicadas en kW pero se debe tener atención en la eléctrica, que debe ser un tercio de la capacidad térmica.

Coeficientes EER y COP

Desde hace bastantes años todos los equipos acondicionadores vienen etiquetados con estos dos parámetros: el EER y el COP. En caso de que el equipo no tenga función de calefacción solo se indica el EER. Sus significados son los siguientes:

El **coeficiente de eficacia frigorífica EER** (Energy Efficiency Ratio). Representa el rendimiento energético en el ciclo de refrigeración. Expresado kW de calor absorbido en el evaporador y la potencia absorbida por el compresor indicada kW. Es decir: **kW/kW**.

El **COP coeficiente de desempeño energético**, (Coefficient Of Performance). Es la relación entre el calor entregado por el equipo, expresado en kW y la potencia absorbida también en kW Se utiliza para indicar la eficiencia en el ciclo de calefacción.

$$\text{COP} = \frac{\text{Energía calorífica (kW)}}{\text{Energía consumida (kW)}} \quad \text{EER} = \frac{\text{Calor absorbido en el evaporador (kW)}}{\text{Energía tomada por el compresor (kW)}}$$

Resumiendo esto quiere decir que estos valores dirán **cuantos kW térmicos (calor o frío) nos dará el equipo por cada kW eléctrico que consuma**.

Ejemplo: si una habitación en un determinado momento necesita 4 kW de calefacción para mantenerse a 20°C y el equipo tiene un COP de 3, entonces (teóricamente) estaría consumiendo:

4 kW (térmicos) / 3 = 1,33 kW (eléctricos)

Esto puede parecer muy sencillo, pero en la realidad no lo es tanto. Las condiciones normales a las que un fabricante certifica el EER y COP de su producto son con el equipo a plena carga y a valores nominales normalizados del equipo. Es decir la capacidad medida según las normas vigentes, indicadas en la siguiente tabla:

EQUIPOS DE EXPANSIÓN DIRECTA	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO		ENFRIAMIENTO	CALEFACCIÓN
	Temperatura de entrada a la unidad interior	Bulbo seco:	27 °C	20 °C
		Bulbo húmedo:	19 °C	
	Temperatura de entrada a la unidad exterior	Bulbo seco:	35 °C	7° C
Bulbo húmedo:		--	6 °C	

Esto quiere decir que la máquina estará dando el 100% de la potencia que es capaz de suministrar, cosa que en la realidad no sucede en la mayoría de las ocasiones.

En la actualidad los equipos de aire acondicionado de expansión directa con bomba de calor suelen ser "Inverter", lo que permite que regulen, para adaptar a la demanda el régimen de giro del compresor, pudiendo funcionar a cargas parciales consumiendo menos energía.

La clasificación de eficiencia energética de equipos de aire acondicionado con bomba de calor (clase A, B...) se basa en estos parámetros, obteniéndose la siguiente tabla:

Eficiencia en enfriamiento (EER)	Eficiencia en calefacción (COP)
A 3.20 < EER	A 3.60 < COP
B 3.20 ≥ EER > 3.00	B 3.60 ≥ COP > 3.40
C 3.00 ≥ EER > 2.80	C 3.40 ≥ COP > 3.20
D 2.80 ≥ EER > 2.60	D 3.20 ≥ COP > 2.80
E 2.60 ≥ EER > 2.40	E 2.80 ≥ COP > 2.60
F 2.40 ≥ EER > 2.20	F 2.60 ≥ COP > 2.40
G 2.20 ≥ EER	G 2.40 ≥ COP

Dado que los valores de EER y COP se certifican con el equipo a plena carga (al 100%), muchos fabricantes "afinan" sus equipos para que den buenos resultados cuando funcionan "al máximo", a veces incluso a costa de peores resultados con cargas parciales.

Coeficientes SEER y SCOP

Todo lo anterior hace pensar que el EER y el COP no se pueden considerar completamente fiables a la hora de conocer la eficiencia de un equipo, por eso ahora se utilizan dos nuevos coeficientes el **SEER** y **SCOP**.

En varios países se ha reglamentado que los equipos de aire acondicionado deben venir etiquetados con su factor de Eficiencia Energética Estacional **SEER** (Seasonal Energy Efficiency Ratio) y su Coeficiente de Rendimiento Estacional **SCOP** (Seasonal Coefficient Of Performance) en vez de los anteriores **EER** y **COP**. Estos nuevos coeficientes pretenden ser más reales y adecuados al análisis del consumo de un equipo de aire acondicionado. Aunque el procedimiento de cómo se calculan es complejo es importante conocer dos parámetros importantes que no se consideraban para el EER y COP:

- **Consumo del equipo cuando está apagado**, desactivado por termostato o en espera.
- **Funcionamiento del equipo con cargas parciales** (al 100%, 74%, 47%, 21%)

De esto se deduce que estos nuevos parámetros son mucho más fiables a la hora de comparar equipos que los anteriores EER y COP, aunque utilizarlos para estimar el consumo anual de un equipo todavía puede llevar a cometer errores.

Clasificación energética de equipos de aire acondicionado

La clasificación de eficiencia energética estacional de equipos de aire acondicionado con bomba de calor (clase A, B...) se basa en estos parámetros, obteniéndose la siguiente tabla:

	SEER  Eficiencia en frío (SEER)	SCOP  Eficiencia en calor (SCOP)
A+++	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10
A++	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10
A+	5,60 ≤ SEER < 6,10	4,00 ≤ SCOP < 4,60
A	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4,00
B	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40
C	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10
D	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80

Todo esto puede llevarnos a situaciones bastante paradójicas. Un ejemplo sería un equipo etiquetado con un EER de 2,7 (clase energética D), que con el nuevo etiquetado se rotula con un SEER de 5,73 y por lo tanto es clase A+. Se ve que esta máquina tendría una eficiencia mala al 100% de carga pero buenos valores de rendimiento con cargar parciales, por lo tanto aunque antes era considerada como energéticamente “mala”, realmente no lo es tanto, ya que dándole un uso normal el consumo es mucho menor de lo que parece. Es de suponer que también es posible encontrar el caso contrario.

MÁS COEFICIENTES: EER (EEUU), SEER (EEUU) e IEER

Los coeficientes anteriormente analizados son utilizados en el mercado europeo y en Japón, para complicar un poco más las cosas en los Estados Unidos se utilizan otros coeficientes. Por lo tanto en nuestro mercado se encuentran catálogos técnicos con una variedad de coeficientes de eficiencia energética muy amplios.

Coeficiente EER (EEUU)

El coeficiente de rendimiento energético de un equipo acondicionador **EER**, utilizado por los fabricantes de los Estados Unidos es el cociente de la capacidad de refrigeración (en BTU) y el consumo de energía eléctrica (en Wh) es decir: BTU/Wh. Se calcula normalmente tomado una temperatura exterior de 35 °C (95 °F) y una temperatura interior (en realidad temperatura del aire de retorno) de 26,7°C (80 °F) con una humedad relativa del 50%.

La relación entre los coeficientes estadounidenses y los europeos es:

$$EER \text{ (BTU/Wh)} = 3,41214 \text{ ERR (kW/Kw)} \quad \text{o} \quad ERR \text{ (kW/Kw)} = 0,29307 \text{ EER (BTU/Wh)}$$

Coeficiente SEER (EEUU)

Este coeficiente de eficiencia energética estacional **SEER** es también expresada en BTU/Wh, pero en lugar de ser evaluado en una sola condición de funcionamiento, representa el rendimiento total esperado para un tiempo de funcionamiento típico en un lugar determinado. El SEER se calcula con la misma temperatura interior 26,7°C (80 °F), pero en un rango de temperaturas exteriores entre 18 °C (65 °F) y 40 °C (104 °F), en ocho pasos con un cierto porcentaje especificado de tiempo en

cada uno de ellos No hay ninguna relación entre los coeficientes SEER (EEUU) y el coeficiente europeo SEER.

Coeficiente de eficiencia energética integral IEER

El coeficiente de rendimiento en cargas parciales **IPLV** (Integrated Part Load Performance) de los equipos de aire acondicionado utilizado hasta el 01/01/2010 ha sido reemplazado por una nueva metodología definida como coeficiente de rendimiento energético integral **IEER** (Integrated Energy Efficiency Ratio).

El coeficiente **IEER** intenta utilizarse como un coeficiente universal del rendimiento energético en carga parcial de sistemas de expansión directa, como ser: Sistemas de Flujo de Refrigerante Variable (VRF), Sistemas Multi Split y Equipos Split. El estándar 1230 del Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración **AHRI** (Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute) define el proceso para calcular IEER. En forma simple, El coeficiente IEER debe ser calculado para un equipo en cuatro diferentes capacidades de funcionamiento. El cálculo básico es como sigue:

$$IEER = (0,02 \times A) + (0,617 \times B) + (0,238 \times C) + (0,125 \times D)$$

Donde:

A = Al valor del coeficiente EER al 100% de capacidad neta en condiciones estándar del AHRI Temperatura exterior 35 °C (95 °F)

B = Al valor del coeficiente EER al 75% de capacidad neta y temperatura exterior de 27 °C (81,5 °F).

C = Al valor del coeficiente EER al 50% de capacidad neta y temperatura exterior de 20 °C (68 °F).

D = Al valor del coeficiente EER al 25% de capacidad neta y temperatura exterior de 18 °C (65 °F).

Ejemplo:

$$\begin{aligned} A &= 11.0 \text{ EER}, B = 16.0 \text{ EER}, C = 19.0 \text{ EER}, D = 23.0 \text{ EER} \\ IEER &= (0.02 \times 11) + (0.617 \times 16) + (0.238 \times 19) + (0.125 \times 23) \\ IEER &= 0.2 + 9.8 + 4.5 + 2.9 = \mathbf{17.4 \text{ IEER}} \end{aligned}$$

Algunos puntos a analizar a partir de este cálculo:

1. El EER a plena carga (100% capacidad) representa sólo el 2% de la calificación global del IEER porque el sistema raramente funcionaría en esta condición.
2. Al reducir la capacidad del sistema el coeficiente EER aumenta significativamente
3. Un sistema con Inverter operando a una carga parcial de 50% puede resultar en un aumento de la eficacia de más del 70% sobre el valor del EER al 100 % carga.
4. La eficacia real podría superar el IEER dependiendo de tamaño del equipo, medio ambiente y uso del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

PANASONIC – Boletín Técnico
NERGIZA – Post Técnico
HITACHI – Datos de Ingeniería.
INESEM – Revista Digital.
CARRIER – Boletín Técnico.
TRANE – Catálogos Técnicos.