



# Guía de conmutación

Bombas de calor de fuente de aire de doble combustible con conductos

# Guía de conmutación

Bombas de calor de fuente de aire  
de doble combustible con conductos

## Índice

» <b>Introducción</b> .....	<b>3</b>
» <b>Puntos de equilibrio</b> .....	<b>4</b>
» <b>Punto de equilibrio térmico o de capacidad</b> .....	<b>6</b>
» <b>Punto de equilibrio económico</b> .....	<b>8</b>
Regla general.....	10
Mesa estática.....	10
COP de equilibrio.....	11
Calculadora de ahorro.....	14
» <b>Punto de equilibrio de confort</b> .....	<b>17</b>
Estimación típica.....	17
Estimación del confort en cuestión.....	17
Sensor de temperatura del suministro de aire.....	17
» <b>Resumen</b> .....	<b>18</b>
» <b>Recursos</b> .....	<b>19</b>

# Introducción

El compromiso de ComEd con un futuro energético bajo en carbono se describe en la visión “ComEd 2030”. Un elemento clave de esta visión es la promoción de los objetivos políticos de la Ley del Clima y el Empleo Equitativo (Climate and Equitable Jobs ACT, CEJA) para un futuro energético limpio y equitativo a través de sus inversiones en infraestructuras y programas para clientes. A medida que aumenta el suministro de energía renovable en la red, la electrificación de la calefacción y la refrigeración de los edificios es tan importante como la electrificación del transporte en la transición hacia un futuro de energía limpia. ComEd cree que las bombas de calor, tanto los sistemas completamente eléctricos como los de doble combustible, son un componente importante para lograr la descarbonización de toda la economía como parte de sus objetivos para 2030”.

Para impulsar la adopción de las bombas de calor por parte de los clientes, debemos asegurarnos de que tengan una experiencia positiva con ellas. Los contratistas pueden garantizar esta experiencia positiva al entender las necesidades de confort de los clientes y facturas de energía asequibles, al establecer expectativas y educar a los consumidores sobre la mejor manera de gestionar su bomba de calor y sus fuentes de calefacción suplementarias.

Del mismo modo, todas las prácticas recomendadas deben funcionar para los contratistas, a fin de garantizar que su participación repercuta positivamente en sus negocios. Para ello, esta guía sobre la temperatura de conmutación está diseñada para ofrecer opciones y oportunidades que se ajusten a la experiencia y los modelos de negocio de los contratistas, en especial en el caso de las bombas de calor de fuente de aire de doble combustible con conductos. Todos los sistemas eléctricos no se incluyen en esta guía, ya que están pensados para funcionar con la operación simultánea de la bomba de calor primaria y el calentador por cinta de resistencia eléctrica/plénium suplementario.

En este documento, se utilizan las tarifas de los servicios públicos a modo de ejemplo. Estas tarifas son solo para fines demostrativos. Las tarifas reales de gas natural, electricidad y combustibles suministrados cambiarán con el tiempo y deben actualizarse siempre en sus propios cálculos para reflejar la factura actual del cliente o la prevista para la próxima temporada de calefacción o refrigeración.

» Hoja de ruta 2030 de ComEd



# Puntos de equilibrio/temperaturas de conmutación

**Definiciones: el punto de equilibrio es una TEMPERATURA (ajuste) a la que se produce la conmutación de la bomba de calor a la fuente de calefacción suplementaria.**

Algunos fabricantes no utilizan ninguno de los dos términos en los termostatos y manuales, sino que utilizan el término “bloqueo del compresor” para las temperaturas de conmutación de las bombas de calor de doble combustible.

## Punto de equilibrio térmico o de capacidad:

Es la temperatura exterior por debajo de la cual la bomba de calor ya no puede satisfacer la carga de calefacción de la vivienda. El instalador puede determinar este valor de temperatura analizando el cálculo de la carga de calefacción y la curva de capacidad calorífica de la propia bomba de calor. Este es el punto de equilibrio más fácil de calcular, ya que no cambia mucho con el tiempo.

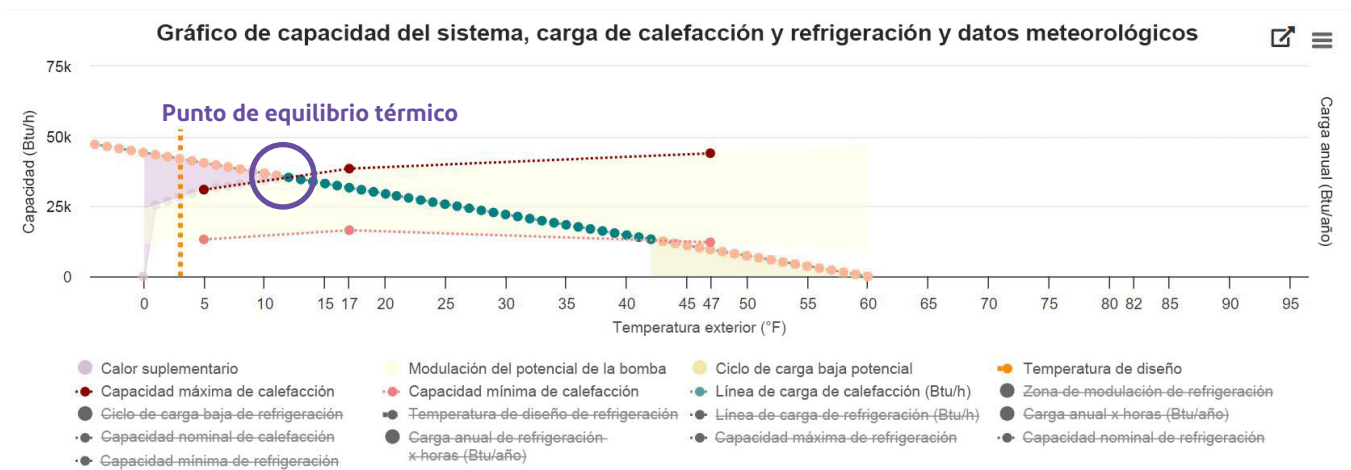


Imagen de cortesía Lista de productos de bombas de calor de fuente de aire para climas fríos de la Northeast Energy Efficiency Partnership (NEEP) y herramienta avanzada de dimensionamiento

## Punto De Equilibrio Económico:

Es la temperatura exterior a la que el cambio a la fuente de calor suplementaria iguala los costos o supone un ahorro en el funcionamiento de la bomba de calor. Esto variará mucho según la fuente de combustible suplementario, la eficiencia del equipo y las tarifas locales de los servicios públicos. El punto de equilibrio económico ideal se establece de forma que el funcionamiento del nuevo sistema de bomba de calor cueste lo mismo que el sistema antiguo si no se hubiera sustituido (suponiendo que el tamaño y la eficiencia del sistema de calefacción suplementario sigan siendo los mismos). Para determinar esta temperatura suele ser necesario un programa informático o se puede estimar mediante un coeficiente de rendimiento de equilibrio (Break-even coefficient of performance, BeCOP).

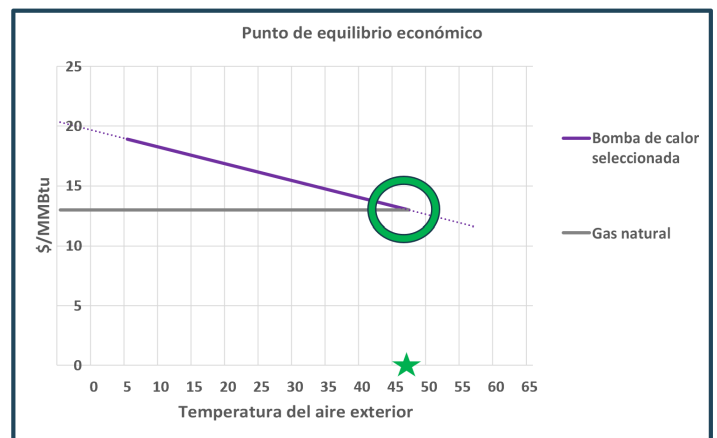


Imagen cortesía de Dan Wildenhaus



El BeCOP es una estimación o un punto de partida, ya que requiere las tarifas y los costos de los servicios públicos disponibles al momento de la instalación o el ajuste del punto de equilibrio económico, que no reflejan las experiencias del mundo real y pueden sobreestimarse o subestimarse en función de los cambios de las tarifas de los servicios públicos mes a mes. Es posible que una temperatura de conmutación económica sea una temperatura inferior a la del punto de equilibrio térmico. **Los sistemas no deben configurarse para pasar a calor suplementario por debajo del punto de equilibrio térmico** Para obtener más información sobre el COP de equilibrio, consulte la sección sobre el cálculo del COP de equilibrio.

### Punto de equilibrio de confort:

Es completamente experiencial y cambiará en función de las percepciones y experiencias de los ocupantes. Debido a que las bombas de calor suministran aire caliente, mientras que los hornos de combustible fósil suministran aire caliente en los registros cuando la bomba de calor está funcionando, el primer paso para abordar el confort es reconocer la ubicación del registro de suministro de aire y la orientación de las rejillas y los registros. Si es posible, considere la posibilidad de retirar, mover o modificar las rejillas o registros que dirigen el aire a los pies en cocinas y cuartos de baño o directamente a los asientos principales de las salas comunes (salones, comedores, salas familiares, etc.) a ubicaciones o direcciones alternativas. Cuando no es posible modificar el suministro y el confort se considera una prioridad máxima para los sistemas de clima frío, se recomienda ajustar el punto de equilibrio de confort entre 1 °F a 5 °F por encima del punto de equilibrio económico. Tanto los puntos de equilibrio de confort como los económicos deben revisarse anualmente con los ocupantes.

#### PUNTO DE EQUILIBRIO TÉRMICO

- » Temperatura exterior a la que la bomba de calor ya no puede producir el calor necesario para la vivienda.
- » También llamado punto de equilibrio de capacidad.

#### PUNTO DE EQUILIBRIO ECONÓMICO

- » Temperatura exterior a la que el costo de calentar la vivienda con la bomba de calor (heat pump, HP) es igual o más costoso que el costo de la calefacción de apoyo.
- » Depende tanto del costo del combustible primario como del suplementario.

#### PUNTO DE EQUILIBRIO DE CONFORT

- » Temperatura exterior a la que el propietario experimenta molestias al hacer funcionar la bomba de calor.
- » Por lo general, el punto de equilibrio económico + 1 °F a 5 °F o controlado con un sensor de temperatura del aire de suministro



# Punto de equilibrio térmico o de capacidad

## Capacidades de la bomba de calor

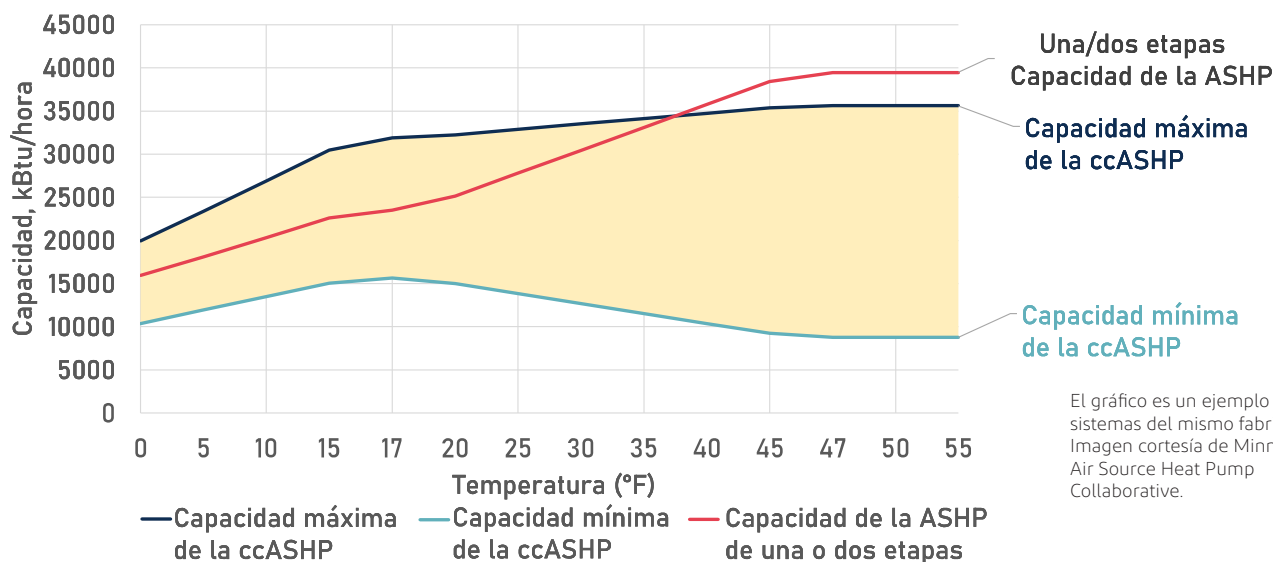
Las bombas de calor con conductos centrales vienen con compresor de una variedad de tipos y velocidades. Con cada tipo diferente de compresor hay coincidencias recomendadas para: horno de gas natural o propano que actuará como calor suplementario y **punto de partida** ideal para las temperaturas de conmutación. La temperatura de conmutación más baja recomendada en la tabla siguiente sería válida para cualquier sistema de calefacción suplementario de combustible fósil. Esta tabla no indica qué temperatura debe seleccionarse, ya que eso lo determinarán las motivaciones del cliente y los costos de las fuentes de combustible primarias y secundarias.

Tipo de compresor	HP de una etapa	HP de dos etapas	HP con inversor	HP con inversor independiente	Bombas de calor de fuente de aire para climas fríos (Air Source Heat Pumps, ASHP)
Temperatura mínima de conmutación	Punto de equilibrio (balance point, BP) económico o de confort	Punto de equilibrio (balance point, BP) económico o de confort	BP económico, térmico, de confort	BP económico, térmico, de confort	BP económico, térmico, de confort

El punto de partida para seleccionar la temperatura de conmutación es la recomendación en los ajustes del termostato, pero siempre debe finalizarse entendiendo las motivaciones y las principales preocupaciones de los consumidores. Ajustar la temperatura de conmutación basándose en un conocimiento más completo de los objetivos deseados por el cliente no solo es recomendable, sino que es el enfoque ideal.

## Determinación del punto de equilibrio térmico o de capacidad

Para determinar el punto de equilibrio térmico o de capacidad, será necesario conocer tanto la carga de calefacción de la vivienda como las curvas de capacidad del sistema. Las cargas de calefacción de la vivienda representan las necesidades del edificio en términos de mantenimiento de temperaturas estables en un punto de ajuste determinado (70 °F en invierno, 75 °F en verano) y deben calcularse utilizando las matemáticas del Manual de fundamentos de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE) detrás del Manual J de Contratistas de Aire Acondicionado de América (Air Conditioning Contractors of America, ACCA) (o calculadoras o programas informáticos equivalentes) o mediante el análisis de la factura de servicios públicos de los equipos existentes. Las curvas de capacidad se basan en los datos de rendimiento ampliados proporcionados por el fabricante de la bomba de calor. La curva de capacidad máxima es el factor determinante para las bombas de calor de fuente de aire de varias velocidades, capacidad variable y clima frío.



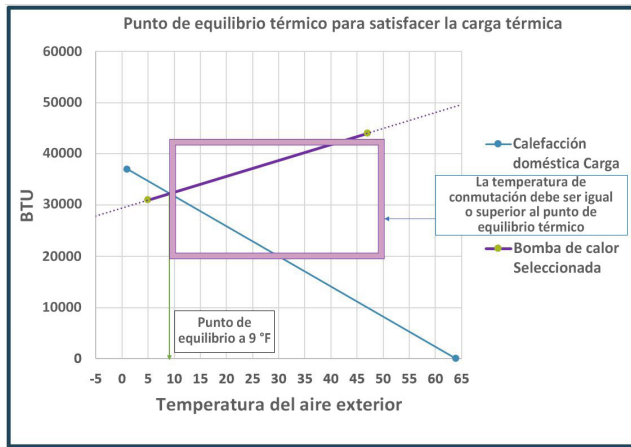


Gráfico cortesía de Dan Wildenhaus y Minnesota Air Source Heat Pump Collaborative

La temperatura de conmutación debe fijarse siempre en el punto de equilibrio térmico o de capacidad o por encima de este punto. Aunque algunos fabricantes facilitan curvas de capacidad, es mucho más habitual que se limiten a proporcionar tablas de datos de rendimiento ampliadas. Los contratistas pueden comparar estas capacidades con la carga de calefacción de la vivienda o utilizar herramientas disponibles en el mercado, como la de la Northeast Energy Efficiency Partnership (NEEP), cuyo enlace figura a continuación. La mayoría de las bombas de calor de capacidad variable y para climas fríos figuran actualmente en la lista de productos para climas fríos de la NEEP.

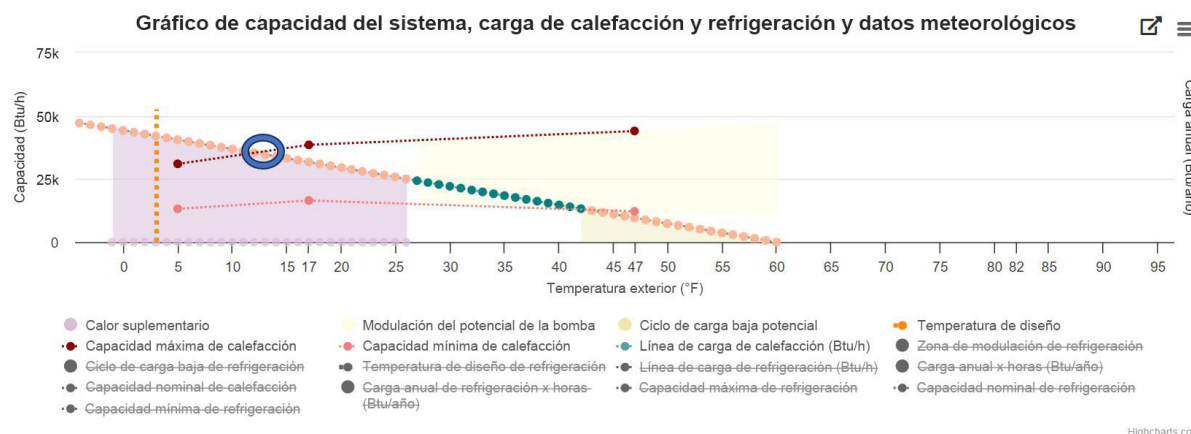


Gráfico y tabla cortesía de la lista de productos de bombas de calor de fuente de aire para climas fríos (Cold Climate Air Source Heat Pump, ccASHP) y herramienta avanzada de dimensionamiento.

### Dimensionamiento de productos para calefacción

Ver efectos del sobredimensionamiento **i**

Definición / casos de uso **i**

Punto de equilibrio de capacidad (°F)	12
Umbral de capacidad mínima (°F)	42
Capacidad máxima a la temperatura de diseño (Btu/h)	28,667
Porcentaje de carga de diseño servida	0.0 %
Carga de calefacción anual (MMBtu)	89.1
Porcentaje de carga de calefacción anual servida	63.5 %

Definición / casos de uso **i**

Btu anuales cubiertos por calor suplementario (MM Btu)	32.5
Horas que requieren calor suplementario	253
Porcentaje de horas que requieren calor suplementario	4.5 %
Modulación del porcentaje de carga anual	81.0 %
Porcentaje de carga anual con ciclo de carga baja	17.3 %

En este gráfico, elaborado por la herramienta de dimensionamiento avanzado de la lista de productos de bombas de calor para climas fríos de la NEEP, el punto de equilibrio de la capacidad se muestra tanto en el gráfico, donde la capacidad máxima del sistema se cruza con la carga de calefacción de la vivienda, como en la tabla que aparece debajo del gráfico, junto con el porcentaje de carga de calefacción anual servida por la bomba de calor y las horas que requieren calor suplementario.

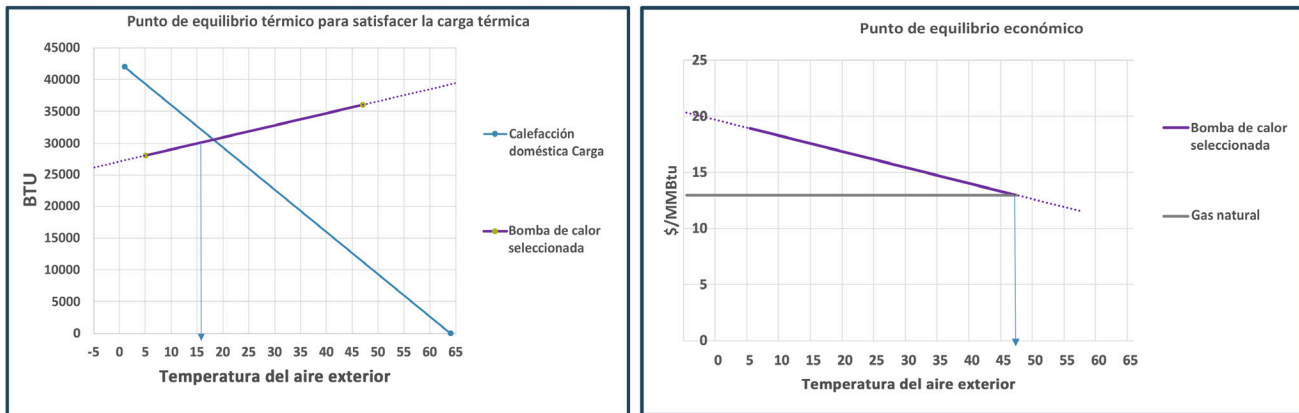
» **Para obtener más información sobre el uso de la herramienta de la NEEP, visite y descargue la [Guía del usuario de Herramientas de apoyo para el dimensionamiento de bombas de calor en climas fríos.](#)**

# Punto de equilibrio económico

## Caso práctico

El punto de equilibrio económico se utiliza cuando el objetivo principal o secundario del consumidor es la equivalencia operativa o el ahorro de costos en comparación con su sistema actual. El punto de equilibrio económico es la temperatura de conmutación a la que el costo anual de funcionamiento del sistema de bomba de calor de doble combustible es igual o similar al del antiguo sistema de calefacción y aire acondicionado de combustible fósil.

En ocasiones muy poco comunes el punto de equilibrio económico es igual o inferior al punto de equilibrio térmico o de capacidad para un sistema de doble combustible con calefacción suplementaria de gas natural, pero puede serlo para los sistemas de horno de propano debido a los costos del combustible.



Supuestos: carga de calefacción de 42,000 BTU, horno de gas al 80 % con tarifas de gas natural a \$1.15/termia y bomba de calor de 3 toneladas con un COP de 47 °F de 3.5 con tarifas eléctricas a \$0.16/kWh. Las tarifas fijas no se incluyen en este cálculo.

Gráficos cortesía de Dan Wildenhaus

Utilizando el ejemplo de estas imágenes, al observar una curva de capacidad máxima de una bomba de calor de 3 toneladas, el punto de equilibrio térmico o de capacidad, o temperatura de conmutación, se sitúa en torno a los 11 °F. En este caso, el funcionamiento de la bomba de calor es más costoso que el de la calefacción suplementaria cuando las temperaturas exteriores descienden por debajo de 49 °F. Teniendo en cuenta el rendimiento previsto de la bomba de calor y los costos esperados de electricidad y gas, establecer la conmutación de 46 °F a 50 °F minimizará los cambios en las facturas de los clientes, manteniendo los costos de funcionamiento similares a los del sistema antiguo.

## Encontrar el punto de equilibrio económico

El punto de equilibrio económico depende de varios factores, algunos de los cuales cambian regularmente, como el precio de la electricidad, el precio del combustible suplementario, las tarifas por tiempo de uso y las tarifas especiales “todo eléctrico” o “doble combustible”. Además, la eficiencia de la bomba de calor y del sistema suplementario, la precisión de la carga de calefacción de la vivienda, el tamaño y la selección adecuados de la bomba de calor, la calidad de la instalación y la puesta en marcha, así como otras estrategias de control, como los ajustes de estadismo y el calentamiento por etapas, también pueden influir en este punto de equilibrio. En esta guía, nos centraremos en los costos del combustible, la carga de calefacción de la vivienda y la curva de capacidad nominal de la bomba de calor (mientras que los puntos de equilibrio térmico o de capacidad siempre utilizan la curva de capacidad máxima del equipo seleccionado, el punto de equilibrio económico suele utilizar la curva de capacidad nominal, ya que los sistemas tienden a funcionar entre la capacidad máxima y mínima durante la mayor parte de su tiempo de funcionamiento).

- » **Para obtener más información sobre los ajustes y las opciones de control, consulte la Guía de controles de ComEd, disponible en el sitio web de GoElectric: [GoElectric.ComEd.com](http://GoElectric.ComEd.com) en la página “For Contractors” (Para contratistas).**



Debido a estos factores complejos, esta guía describirá y comparará cuatro enfoques para determinar un punto de equilibrio económico o de temperatura de conmutación.

**En cada uno de los siguientes casos, utilizaremos una bomba de calor Amana de 3.5 toneladas con fuente de aire con una eficiencia/COP nominal de 3.61 a 47 °F, con tarifa de gas natural de \$1.15/termia y tarifa eléctrica de \$0.16/kWh.**

### Uso de tablas de rendimiento ampliadas para determinar coeficientes promedio de rendimiento a diferentes temperaturas exteriores

Para realizar la mayoría de los cálculos del punto de equilibrio económico, el contratista deberá acceder a las tablas de rendimiento ampliadas o expandidas del equipo que vaya a seleccionar. Estos datos pueden encontrarse en los datos suministrados por el fabricante, en el programa informático Manual S aprobado por la ACCA o en la lista de productos para climas fríos de la NEEP (la mayoría de los equipos de capacidad variable se encuentran ahora en la lista de la NEEP).

CALEFACCIÓN/ REFRIGERACIÓN	EXTERIOR BOMBILLA SECA	INTERIOR BOMBILLA SECA	UNIDAD	MIN	NOMINAL	MÁX.
<b>Refrigeración</b>	95 °F	80 °F	Btu/h	14,600	44,000	44,000
			kW	1.23	4.34	4.34
			COP	3.48	2.97	2.97
<b>Refrigeración</b>	82 °F	80 °F	Btu/h	15,100	-	47,040
			kW	0.73	-	3.85
			COP	6.06	-	3.58
<b>Calefacción</b>	47 °F	70 °F	Btu/h	12,200	44,000	44,000
			kW	0.75	3.57	3.57
			COP	4.77	3.61	3.61
<b>Calefacción</b>	17 °F	70 °F	Btu/h	16,500	28,000	38,500
			kW	1.67	3.07	5.66
			COP	2.9	2.67	1.99
<b>Calefacción</b>	5 °F	70 °F	Btu/h	13,200	31,000	31,000
			kW	1.58	4.1	4.1
			COP	2.45	2.22	2.22

Tabla cortesía de la lista de productos ccASHP de la NEEP

## Reglas generales

Las reglas generales pueden ser guías útiles en la vida, pero siempre hay que reconocerlas como lo que son: una regla simplista y fácil de aplicar que, a veces, puede representar la respuesta más promedio, pero que también puede basarse en suposiciones erróneas o que no tienen los matices suficientes para ofrecer respuestas específicas asociadas a la vivienda en la que se encuentra y al equipo que seleccionó.

En el caso de las bombas de calor de fuente de aire, muchos contratistas utilizan una regla general de un COP de 3 de las tablas de rendimiento ampliadas para determinar la temperatura exterior para una conmutación. A partir de la tabla anterior, la temperatura exterior correspondiente que se ajusta al COP nominal de 3 sería aproximadamente la mitad entre 17 °F y 47 °F o 32 °F. Se estima que a 17 °F, este sistema tiene un COP nominal de 2.67, mientras que a 47 °F, este sistema tiene un COP nominal de 3.61.

» **Nivel de dificultad:** Relativamente fácil      » **Precisión:** A veces, preciso; a menudo, inexacto

» **La regla general estimada sería 32 °F en este ejemplo.**

## Estimaciones de tablas estáticas

En ocasiones, los programas de las compañías eléctricas, los gobiernos locales o incluso los fabricantes pueden elaborar “tablas de consulta estáticas” para calcular un punto de equilibrio económico o temperatura de conmutación. Estas tablas simplifican la toma de decisiones y tienen en cuenta la fluctuación de los costos del combustible. Dicho esto, hay una serie de supuestos que se utilizan entre bastidores en relación con las capacidades y eficiencias de una bomba de calor “promedio” que podría seleccionarse. Al utilizar estas tablas, también es importante que la zona climática o las temperaturas invernales promedio y la temperatura invernal de diseño sean similares a las de la región en la que el contratista va a instalar las bombas de calor. ComEd no utiliza este tipo de tablas.

En este ejemplo de Minnesota Air Source Heat Pump Collaborative, se utiliza una bomba de calor de clima frío “promedio” para elaborar la tabla. El clima de Minnesota suele ser un poco más fresco en los meses más fríos del año. No se recomienda utilizar las tablas estáticas que se encuentran en Internet sin conocer bien los supuestos utilizados para las eficiencias de las bombas de calor, las capacidades y las condiciones ambientales (temperatura de diseño de invierno, días de grados de calefacción y zona climática). Sin un conocimiento firme de estas variables, este método no proporciona una precisión que pueda repetirse.



## PUNTO DE EQUILIBRIO ECONÓMICO PARA DOBLE COMBUSTIBLE

El siguiente cuadro muestra cómo seleccionar la temperatura de conmutación económica de una instalación de ASHP de doble combustible -

Nota: Esto supone que el producto para clima frío está dimensionado para satisfacer la carga de calefacción de la vivienda.

Tarifa de gas natural, \$/termia (hornos y calderas)

	\$0.60	\$0.65	\$0.70	\$0.75	\$0.80	\$0.85	\$0.90	\$1.00	\$1.15	\$1.33	\$1.50	\$2.00	\$2.50	\$2.75
\$0.05	25°	20°	15°	10°	5°	0°	-5°	-10°	-10°	-10°	-10°	-10°	-10°	-10°
\$0.06	35°	30°	25°	20°	15°	15°	10°	0°	-10°	-10°	-10°	-10°	-10°	-10°
\$0.07	45°	40°	35°	30°	25°	25°	20°	10°	0°	-10°	-10°	-10°	-10°	-10°
\$0.08	50°	45°	40°	40°	35°	30°	25°	20°	10°	0°	-10°	-10°	-10°	-10°
\$0.09	60°	55°	50°	45°	40°	40°	35°	30°	20°	10°	0°	-10°	-10°	-10°
\$0.10	60°	60°	55°	50°	50°	45°	40°	35°	25°	15°	10°	-10°	-10°	-10°
\$0.11	60°	60°	60°	60°	55°	50°	45°	40°	30°	25°	15°	-5°	-10°	-10°
\$0.12	60°	60°	60°	60°	60°	55°	50°	45°	35°	30°	20°	0°	-10°	-10°
\$0.13	60°	60°	60°	60°	60°	60°	55°	50°	40°	35°	25°	5°	-10°	-10°
\$0.14	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	55°	45°	35°	30°	10°	-5°	-10°
\$0.15	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	50°	40°	35°	15°	0°	-5°
\$0.16	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	60°	55°	45°	40°	20°	5°	0°
										\$1.22	\$1.37	\$1.83	\$2.29	\$2.52

Tabla cortesía de Minnesota Air Source Heat Pump Collaborative

Tarifa de propano, \$/galón (hornos y calderas)

- » **Nivel de dificultad:** Muy fácil.
- » **Precisión:** A veces, preciso; a menudo, inexacto debido al número de variables y a la aplicabilidad a las condiciones meteorológicas locales.
- » **La estimación de la tabla estática sería 55 °F en este ejemplo.**

### Cálculo del coeficiente de rendimiento de equilibrio (BeCOP)

Un cálculo más avanzado y normalmente más preciso del punto de equilibrio económico o temperatura de conmutación es utilizar el COP de equilibrio para el sistema específico seleccionado. Este método tiene la ventaja de tener en cuenta los precios del combustible y de utilizar los COP nominales publicados a 5 °F, 17 °F y 47 °F. El problema de este método es que implica cálculos matemáticos y es más preciso cuando se representa gráficamente.

El cálculo matemático utilizando las mismas tarifas eléctricas y de gas que en el ejemplo anterior sería el siguiente:

$$\text{BeCOP} = \frac{(E \times C \times e)}{G}$$

#### Donde:

- » El BeCOP es su COP de equilibrio
- » Para la factura de energía, reste primero las cuotas fijas, ya que seguirán siendo las mismas independientemente del uso
- » E es \$/kWh (tome su factura eléctrica menos las cuotas fijas y divídala entre kWh = 0.16 de promedio en el ejemplo)
- » C es kWh/termia, que es 29.3 (un valor constante)
- » e es la eficiencia de su horno específico (promedio de 0.90 en el ejemplo)
- » G es \$/termia (tome su factura de gas \$/termia menos las tasas fijas \$1.15 por ejemplo)
- » A continuación, introduzca los números y resuelva. ¡El ejemplo es 3.3!

## Utilización del COP de equilibrio para estimar el punto de equilibrio económico o temperatura de conmutación

Para convertir un BeCOP en una temperatura de conmutación se sigue el mismo proceso descrito en la sección de reglas generales. A partir de la tabla siguiente, la temperatura exterior correspondiente que se ajusta al BeCOP de 3.3 estaría entre 17 °F y 47 °F. Se estima que a 17 °F, este sistema tiene un COP nominal de 2.67, mientras que a 47 °F, este sistema tiene un COP nominal de 3.61. Utilizar una hoja de cálculo para representar gráficamente estos datos puede ser muy útil, como se muestra a continuación.

- » BeCOP = 3.3
- » COP a 47 = 3.61
- » COP a 17 = 2.67
- » Estimación aproximada = 34 °F - 36 °F

Los sistemas bien diseñados, instalados y controlados funcionarán probablemente a su capacidad mínima durante los meses de invierno, pero ES probable que funcionen a un COP comprendido entre el 33 % y el 60 % de la diferencia entre la capacidad mínima y máxima de los COP. Utilizar el COP nominal es la estimación más segura.

**Un dimensionado correcto, un diseño inteligente, la formación de los propietarios de las viviendas y una puesta en servicio adecuada garantizan que la temperatura de conmutación del BeCOP sea una estimación razonable.**

CALEFACCIÓN/ REFRIGERACIÓN	EXTERIOR BOMBILLA SECA	INTERIOR BOMBILLA SECA	UNIDAD	MIN	NOMINAL	MÁX.
Refrigeración	95 °F	80 °F	Btu/h	14,600	44,000	44,000
			kW	1.23	4.34	4.34
			COP	3.48	2.97	2.97
Refrigeración	82 °F	80 °F	Btu/h	15,100	-	47,040
			kW	0.73	-	3.85
			COP	6.06	-	3.58
Calefacción	47 °F	70 °F	Btu/h	12,200	44,000	44,000
			kW	0.75	3.57	3.57
			COP	4.77	3.61	3.61
Calefacción	17 °F	70 °F	Btu/h	16,500	28,000	38,500
			kW	1.67	3.07	5.66
			COP	2.9	2.67	1.99
Calefacción	5 °F	70 °F	Btu/h	13,200	31,000	31,000
			kW	1.58	4.1	4.1
			COP	2.45	2.22	2.22

Tabla cortesía de la lista de productos ccASHP de la NEEP

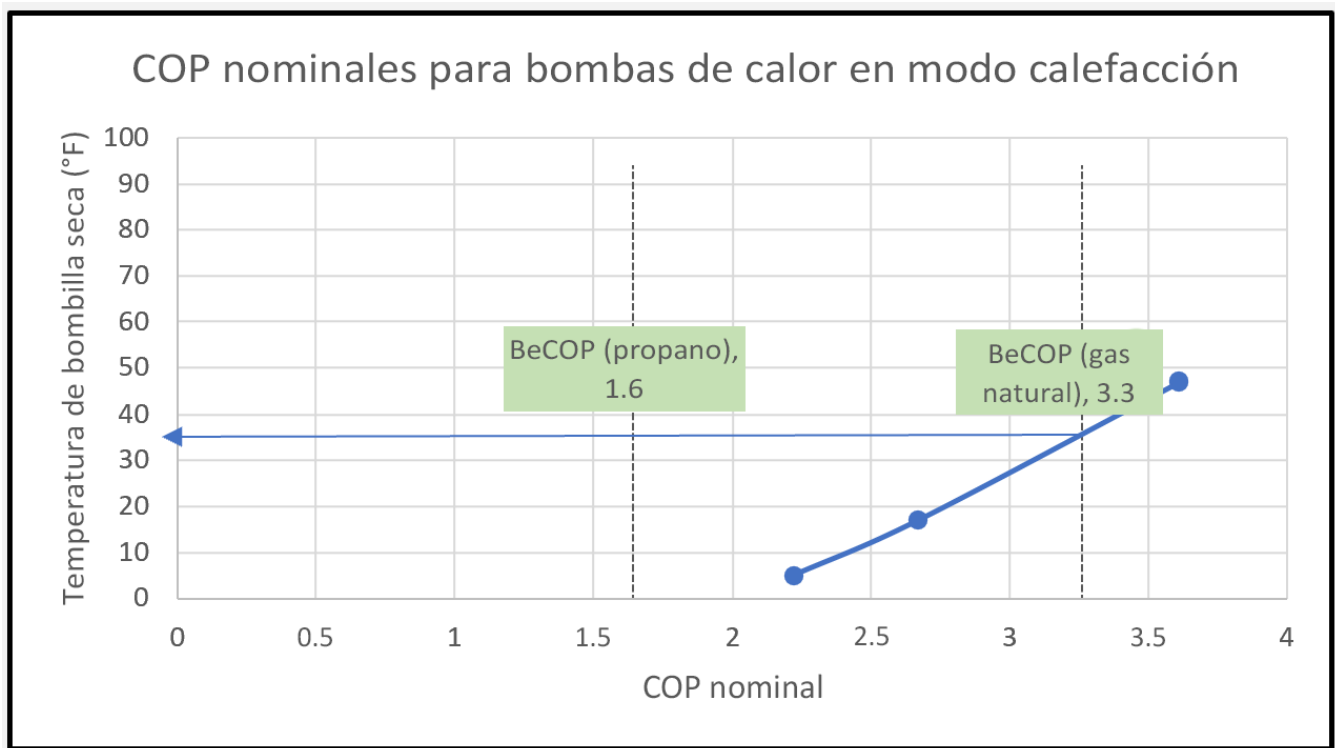


Esto también puede mostrarse como calculado en una hoja de cálculo:

BECOP	=	(E	X	C	X	EF)	/	G
COP de equilibrio	=	\$/kWh	X	kWh/termia	X	Eficiencia del horno	/	Gas \$/termia
<b>3.3</b>	=	<b>0.16</b>	<b>X</b>	<b>29.3</b>	<b>X</b>	<b>90 %</b>	<b>/</b>	<b>1.15</b>

**Ejemplo de bomba de calor con fuente de aire Amana de 3.5 toneladas**

TEMPERATURA DE BOMBILLA SECA (°F)	COP NOMINAL
47	3.61
17	2.67
5	2.22



En el gráfico inferior, la curva se creó trazando los coeficientes de rendimiento de 47 °F, 17 °F y 5 °F frente a las temperaturas exteriores tomadas de nuestra tabla de rendimiento ampliada para el sistema de ejemplo. El BeCOP se ha superpuesto al gráfico según nuestro cálculo del BeCOP. Gráfico cortesía del Centro de Energía y Medio Ambiente.

- » **Nivel de dificultad:** Un poco difícil y toma tiempo (al principio).
- » **Precisión:** Potencialmente preciso cuando el sistema se dimensiona, diseña, selecciona, instala, pone en marcha y los propietarios reciben la formación adecuada. El BeCOP parte de la base de que los sistemas funcionan con la eficiencia y la capacidad nominales de forma estacional, lo que puede no reflejar el rendimiento real. Aun así, se trata de un método excelente para crear una temperatura de conmutación inicial estimada.
- » **La estimación de BeCOP sería de 36 °F en este ejemplo.**

# Método de la calculadora de ahorro

ComEd invirtió en una calculadora dinámica de ahorro, ahora disponible en el sitio web GoElectric: [GoElectric.ComEd.com](http://GoElectric.ComEd.com) en la página de inicio "For Customers" (Para clientes).

Esta calculadora hace algunas preguntas sobre la vivienda existente, utiliza las tarifas reales de los servicios públicos y proporciona tanto los costos energéticos como los ahorros medioambientales asociados a las distintas temperaturas de conmutación. Un ejemplo de las preguntas que se hacen son la antigüedad y el tamaño de la vivienda, si ha sido climatizada y si se va a cambiar el horno.

En este ejemplo, los costos de los servicios públicos se ajustaron en el fondo para alinearlos con los otros ejemplos, no necesariamente con las tarifas de los servicios públicos al momento de su uso en el sitio web (\$0.16/kWh y \$1.15/termia).

Según sus datos, podría ahorrar hasta:

**\$57 al año**

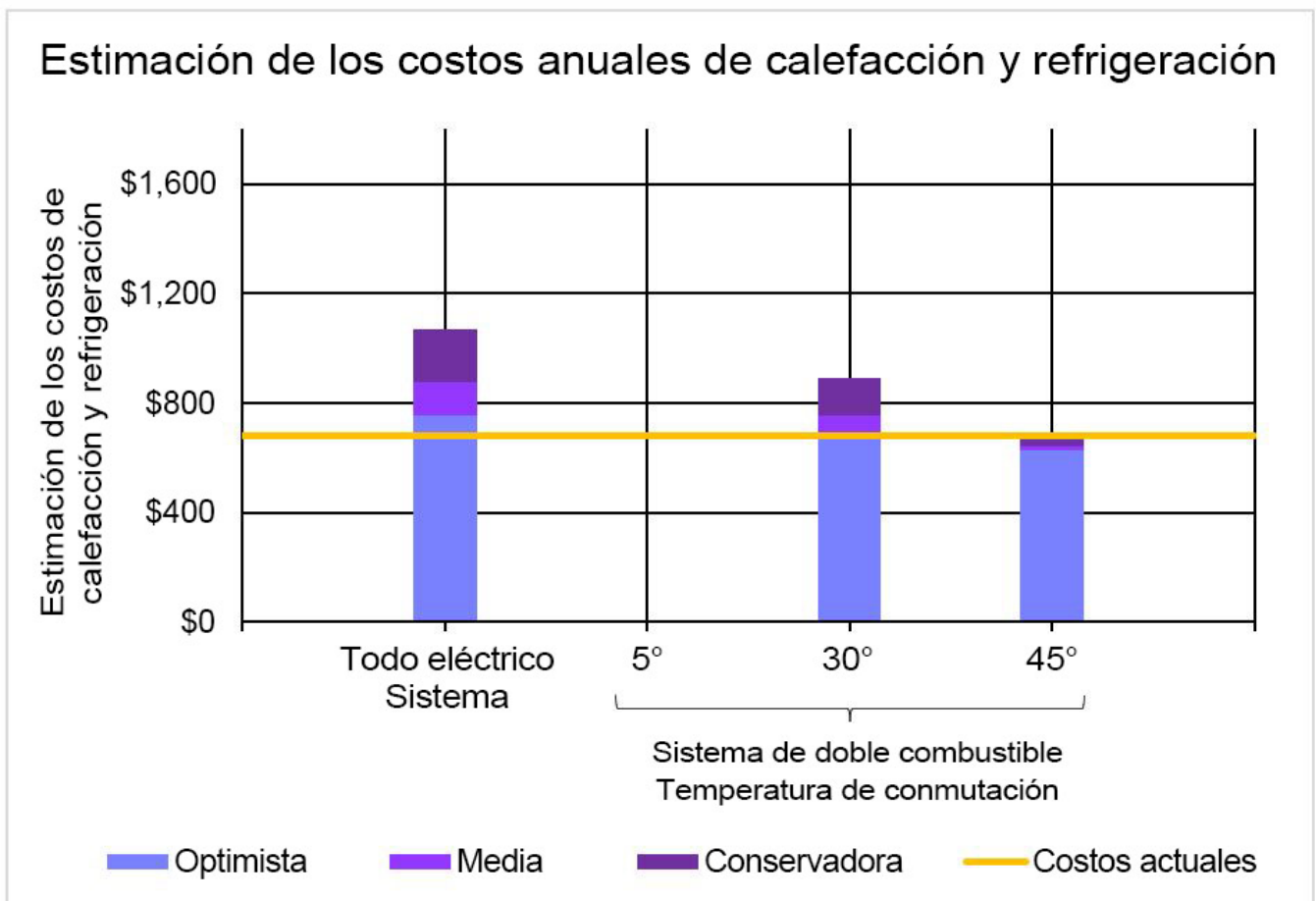


Gráfico cortesía de GoElectric.ComEd.com

Ahora que ya se calcularon los costos anuales estimados de calefacción y refrigeración, conviene tener en cuenta que esta calculadora hace suposiciones sobre el rendimiento y la eficiencia de la bomba de calor. En parte para proporcionar estimaciones honestas, los costos operativos anticipados se muestran para las realidades optimista (20 % de las viviendas verán este precio más probable), media (promedio de 60 % de las viviendas verán este precio más probable) y conservadora (20 % de las viviendas verán este precio más probable) de la instalación de la bomba de calor. El rendimiento real de la bomba de calor puede situarse en cualquier punto de este intervalo en función de los factores que rigen el COP instalado, como la selección del producto, la climatización/fugas, el funcionamiento, los cambios meteorológicos, etc. El gráfico compara estos costos con los costos actuales estimados de las viviendas que se ajustan a las selecciones realizadas. Dado que esta herramienta no acepta datos reales sobre la carga de calefacción de los hogares, un cliente determinado puede tener cargas de calefacción muy diferentes de la media de las viviendas asumida en este cálculo.

El siguiente paso para los resultados mostrados es interpolar entre el costo medio a 30 y 45 °F. Si se confirma que el proyecto está dimensionado, diseñado, seleccionado, instalado, puesto en marcha y el propietario entiende cómo controlar el sistema, podrían utilizarse los costos optimistas. Tras la interpolación, el punto de intersección de la nueva línea con los costos actuales puede servir de punto de partida para establecer el punto de equilibrio económico o temperatura de conmutación.

Según sus datos, podría ahorrar hasta:

**\$57 al año**

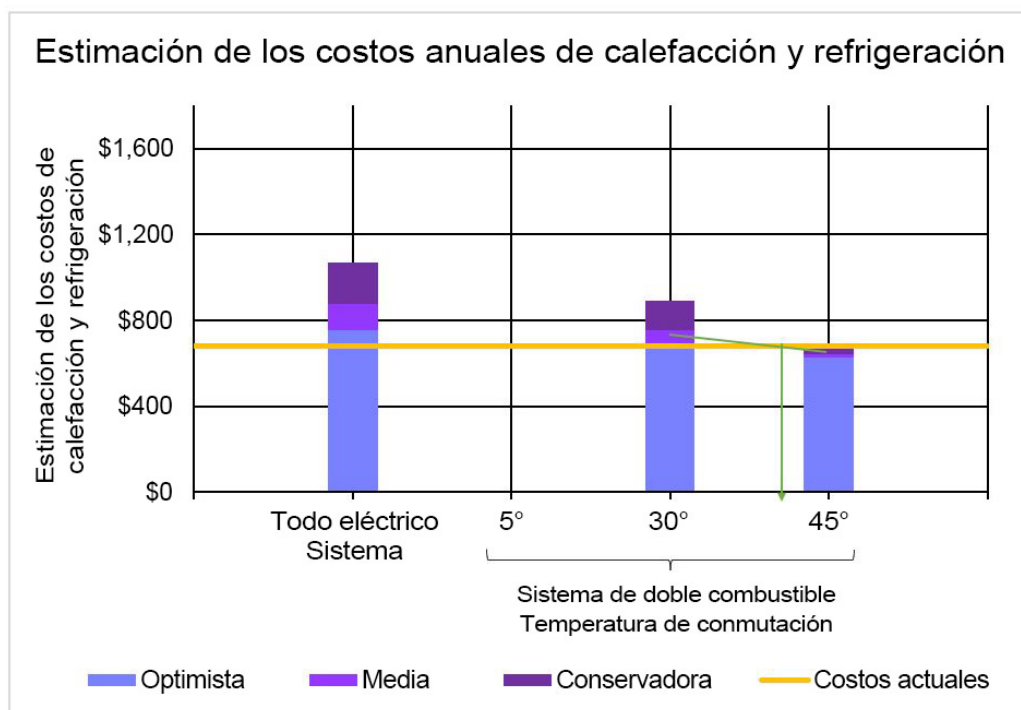


Gráfico cortesía de GoElectric.ComEd.com

Con estas entradas y suposiciones, se estima que un punto de equilibrio económico o temperatura de conmutación de 40 °F sería un ajuste inicial ideal.

Además de poder estimar los costos y producir un punto de equilibrio económico o temperatura de conmutación, esta herramienta también proporcionará impactos medioambientales estimados comparando el ahorro de carbono con el número de árboles plantados y cultivados durante 10 años.

## Impactos medioambientales durante la vida útil del equipo

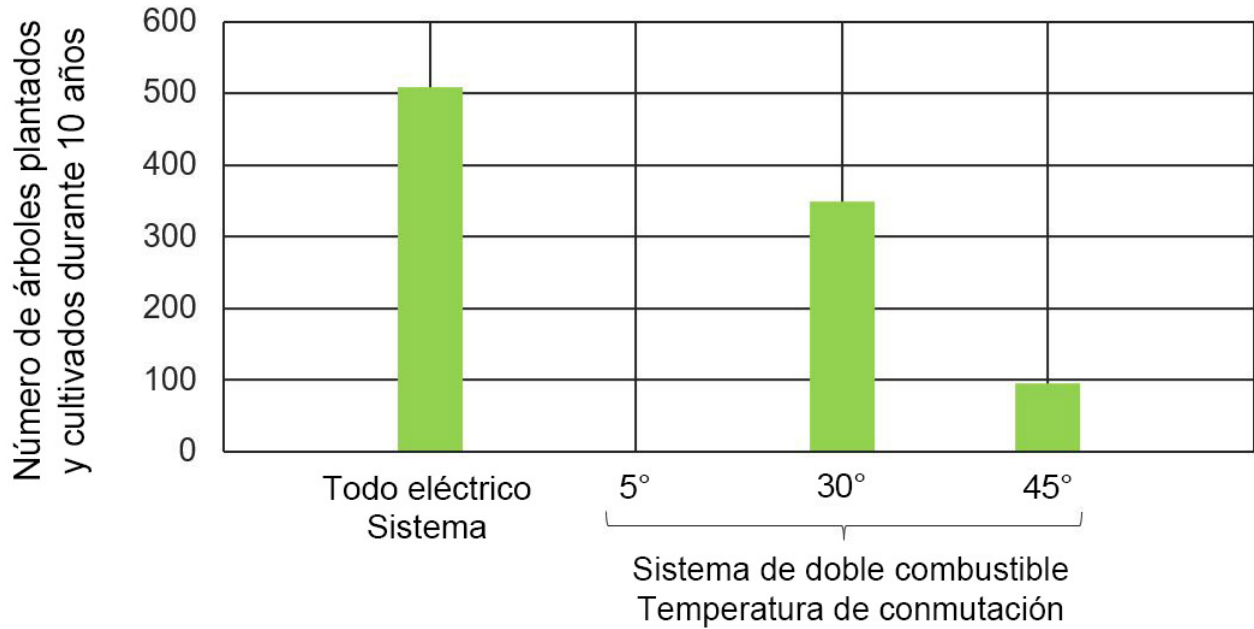


Gráfico cortesía de GoElectric.ComEd.com

- » **Nivel de dificultad:** Muy fácil
- » **Precisión:** Potencialmente preciso cuando el sistema se dimensiona, diseña, selecciona, instala, pone en marcha y los propietarios reciben la formación adecuada. Este es un método excelente para crear una temperatura de conmutación inicial estimada.
- » **La estimación de la calculadora de ahorro sería de 40 °F en este ejemplo.**

### Resumen y comparación de los puntos de equilibrio económico o temperaturas de conmutación

Al comparar estos cuatro métodos de punto de equilibrio económico o temperaturas de conmutación encontramos:

	REGLA GENERAL	TABLA ESTÁTICA	BECOP	CALCULADORA DE AHORRO
<b>Temperatura de conmutación</b>	<b>32 °F</b>	<b>55 °F</b>	<b>36 °F</b>	<b>40 °F</b>

### ComEd recomienda usar:

- A. La calculadora de ahorros en la página [GoElectric.ComEd.com](http://GoElectric.ComEd.com) o
- B. El método BeCOP para seleccionar un punto de equilibrio económico inicial o temperatura de conmutación.



# Punto de equilibrio de confort

Los puntos de equilibrio de confort se escriben intencionalmente como "estimaciones", ya que se basan en la percepción y no en datos concretos, como los costos. En este sentido, suele dividirse en dos categorías: típica y de confort.

Para los clientes que afirman que tanto el confort como el costo son igual de importantes, se utiliza el método típico. Para los clientes que están preocupados por las capacidades de la bomba de calor o que han comentado problemas de confort actuales, se utiliza el método del confort en cuestión.

El método típico es fijar el punto de equilibrio de confort o temperatura de conmutación en el punto de equilibrio económico o ligeramente superior (normalmente 1°F - 3 °F). Para el método de confort en cuestión, el punto de equilibrio de confort o temperatura de conmutación suele fijarse entre 3 °F - 5 °F más alto. Para ambos métodos, un componente importante de la instalación de bombas de calor que tenga en cuenta el confort es la ubicación de los registros de los pies y del techo, de modo que el aire no llegue a los pies descalzos o con calcetines, ni directamente a la cabeza ni al cuello.

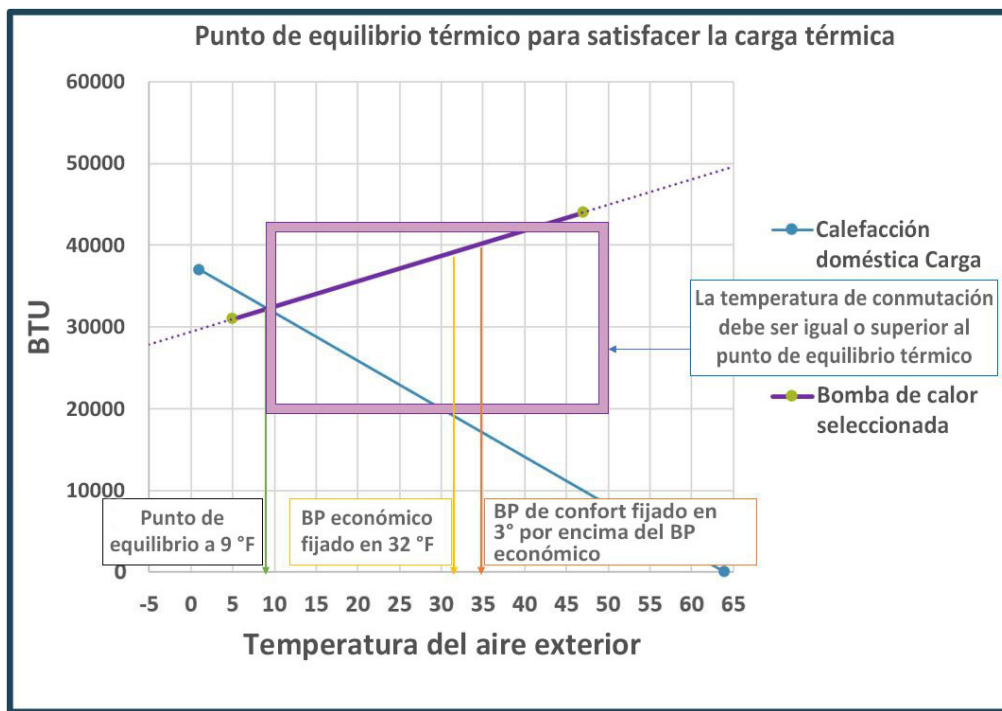


Gráfico cortesía de Dan Wildenhaus

Una alternativa al ajuste de un punto de equilibrio de confort o temperatura de conmutación utilizando las temperaturas exteriores sería utilizar un sensor de temperatura de aire de suministro. Estos sensores se instalan en los conductos de suministro, fuera de la línea directa de los intercambiadores de calor y se ajustan a una temperatura de aire de suministro. Se ha evaluado que un ajuste de la temperatura del aire de suministro de 85 °F proporciona el mejor equilibrio entre garantizar el confort y contribuir al ahorro de energía.



**Sensor del suministro de aire**

Imagen cortesía de Zak Paine

# Resumen

El establecimiento de una temperatura de conmutación debe basarse en uno de los puntos de equilibrio descritos para maximizar el costo operativo, el rendimiento y las consideraciones medioambientales. El punto de equilibrio es una temperatura a la que se produce la conmutación del funcionamiento de la bomba de calor a la fuente de calor de reserva.

- » En los **sistemas totalmente eléctricos** en los que la calefacción por cinta puede funcionar junto con la bomba de calor, la temperatura de conmutación puede fijarse en el punto de equilibrio térmico o capacidad o por debajo de este, siempre que la calefacción por cinta tenga el tamaño adecuado.
- » Para el **propano como combustible suplementario en sistemas de doble combustible**, la mayoría de las veces la temperatura de conmutación debe fijarse en el punto de equilibrio térmico o capacidad.
- » Para el **gas natural como combustible suplementario en sistemas de doble combustible**, la temperatura de conmutación debe fijarse en el punto de equilibrio económico o de confort.
- » Para los **cálculos económicos del punto de equilibrio o temperatura de conmutación**, se recomienda utilizar la calculadora de ahorro de ComEd o el BeCOP.
- » Para el **punto de equilibrio de confort o temperatura de conmutación**, se recomienda primero abordar la ubicación y orientación de la rejilla o registro de suministro y, a continuación, si es necesario, ajustar el sistema a 1 °F a 5 °F por encima del punto de equilibrio económico o utilizar un sensor de aire de suministro para controlar la conmutación, ajustado a 85 °F o menos.



# Recursos

Para obtener información de apoyo adicional, los siguientes recursos han resultado ser útiles y accesibles:

- » **Recursos para instaladores de la NEEP: Guía para dimensionar y seleccionar bombas de calor**
- » **Guía de selección y dimensionamiento de bombas de calor de fuente de aire: NRCAN**
- » **Guía de la NEEP para usuarios de calefacción**
- » **Sitio web GoElectric de ComEd:** con recursos en las páginas de inicio "For Customer" y "For Contractor".





