

El análisis de consumos en edificios del AMBA revela que los sistemas de calefacción central suelen ser ineficientes y generan un alto gasto energético. Este artículo compara su desempeño con alternativas más eficientes, como las bombas de calor con tecnología inverter. Un aporte clave para repensar el confort térmico en zonas templadas del país.



Los servicios energéticos representan una parte significativa del presupuesto de los hogares, especialmente para las familias de ingresos medios y bajos. Comprender cómo se utiliza la energía en el hogar es fundamental para gestionarla de manera eficiente, evitar facturas con costos inesperados, optimizar recursos y contribuir a la protección del medio ambiente. El acondicionamiento térmico de viviendas (calefacción y refrigeración), es en general uno de los principales consumos en Argentina y en el mundo. En nuestro país, es el principal consumo residencial, ver Figura 1.

El confort térmico en las viviendas depende principalmente de la temperatura y la humedad relativa del ambiente. En general, la mayoría de las personas se sienten cómodas dentro

de un rango de temperatura que va de los 18 °C a los 25 °C, dependiendo de la estación del año, la vestimenta, para condiciones de humedad relativa, entre el 30 % y el 75 %. Por ejemplo, en verano, con ropa liviana, un buen confort suele lograrse entre los 24 °C y 26 °C; en invierno, con ropa más abrigada, la mayoría se siente cómoda con temperaturas interiores entre los 18 °C y 21 °C.

Estas diferencias de temperatura de confort están estrechamente relacionadas con la vestimenta estacional, pero también con la intención de reducir el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Como se ha señalado [1], la ropa juega un rol clave: en invierno, el uso de prendas abrigadas permite mantener ambientes a temperaturas más bajas, y viceversa en

verano. Además, es recomendable evitar saltos térmicos bruscos entre el interior y el exterior del hogar, ya que pueden afectar tanto al confort como a la salud. No se aconsejan diferencias térmicas mayores a los 10 °C [2], [3].

Además, se sabe que pequeños ajustes en el termostato pueden tener un gran impacto en el consumo: aumentar la temperatura en invierno apenas 2 °C puede elevar el gasto energético hasta en un 50 % [2], [4].

La reducción del consumo energético no solo implica un ahorro económico, sino que también conlleva beneficios ambientales al reducir la huella de carbono del sector residencial. En Argentina, este sector representa el 26 % del consumo energético total, siendo la calefacción y la refrigeración responsables del 43 % de ese consumo. Es decir, el

Eficiencia en la calefacción: edificios con sistemas centralizados

Por **Leila Iannelli** (ENARGAS y Universidad de San Martín) y **Salvador Gil** (Universidad de San Martín)

El acondicionamiento térmico (AT) de viviendas representa en sí mismo el 11 % del consumo total de energía del país (Figura 1).

En esta primera parte del informe, se enfoca en el análisis del consumo de gas natural en el AMBA, mediante una metodología combinada de análisis estadístico (Top-Down) y auditorías energéticas detalladas (Bottom-Up).

Consumo de gas natural por redes en el sector residencial

Para llevar a cabo un estudio detallado del consumo global de gas natural en Argentina, los datos

proporcionados por ENARGAS [7] son una fuente invaluable. En el sector residencial, el gas se utiliza principalmente para tres servicios: cocción, calefacción y agua caliente sanitaria (ACS). En la zona centro-norte de Argentina, es decir, al norte del Río Colorado, durante los meses de verano (diciembre, enero y febrero) no se utiliza calefacción debido a las condiciones climáticas, lo que reduce el consumo únicamente a cocción y ACS, lo que se denomina “consumo base”.

A continuación, se representa los consumos específicos medios, esto es, los consumos por usuario¹ y por día, en función de los meses del año para los usuarios residenciales (R), se obtienen los resultados que se muestra en Figura 2 para la zona del AMBA [8].

En la región del AMBA como para toda la zona centro y norte de Argentina, [8] los consumos de verano, meses de enero, febrero y diciembre, coinciden con el consumo base, que tiene una muy leve dependencia con la temperatura, representada por el área verde de esta figura. Sustrayendo este consumo del total residencial, se obtiene el consumo de calefacción, representado por el área superior (amarilla) de la Figura 2. [9] En esta región, el consumo de calefacción, según este análisis Top-Down, es de unos 4500 kWh/año, teniendo en cuenta que el tamaño de las viviendas en esta región es de unos 60 m² [10], resulta que el consumo medio de calefacción en esta región es de unos 75 ±15 kWh/m²/año.

Consumo de cocción: el consu-

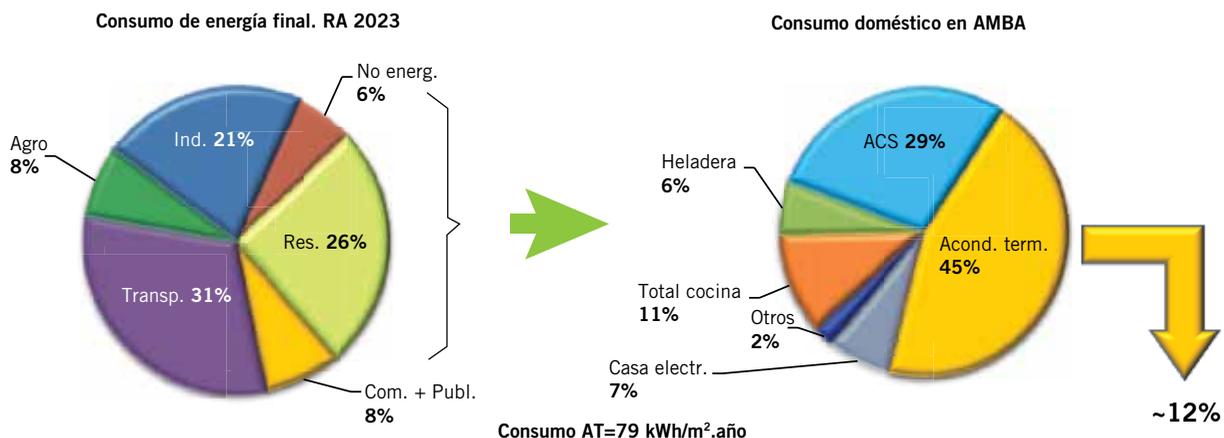


Figura 1. A la izquierda, distribución del consumo energético final en Argentina. “Transp.” se refiere al consumo de transporte, “RES.” es el consumo residencial, “Com+ Públ.” es el consumo comercial y de edificios públicos, “Ind.” es el consumo industrial, “Agro.” es correspondiente al uso agropecuario y “No Energ.” es el uso de combustibles como materia prima de manufacturas. A la derecha, composición del consumo energético residencial en 2023, en la región del AMBA. AT se refiere al acondicionamiento térmico. Fuente: Elaboración propia con datos de Balance Energético Nacional (BEN) [5], [6].

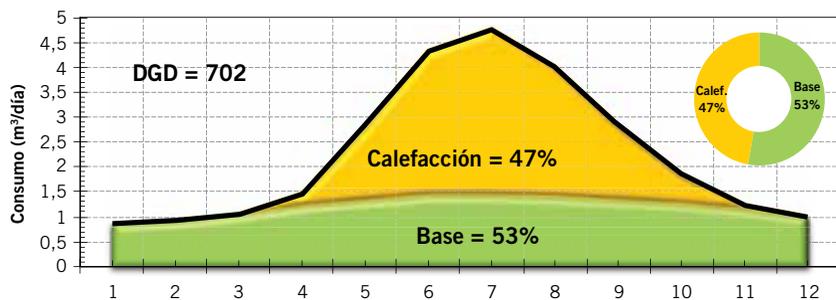


Figura 2. Consumos diarios promedio R a lo largo del año. Estos datos corresponden a los años 2018-2022. Los consumos de los meses de verano permiten caracterizar los consumos base. En los meses más fríos, el incremento en el consumo se debe al uso de calefacción, el cual es del orden del $49 \pm 4\%$ del total del consumo R, dependiendo de la rigurosidad del invierno de cada año. DGD se refiere al Déficit Grado Día anual. Los datos corresponden a la región AMBA, ENARGAS. [7]

mo de cocción puede obtenerse del análisis de los datos de consumo de edificios que tienen servicios de calefacción y calentamiento de agua centrales. En este caso, el consumo de cada unidad funcional o departamento está asociado sólo al consumo de cocción.

Dado que en el país hay muchos edificios y cada uno de ellos con decenas de unidades habitacionales, con estas características, este estudio puede realizarse en forma muy confiable, ya que las distribuidoras disponen por lo general del registro de estos consumos por más de una década. [11] El consumo en cocción obtenido por este método es de $0,27 \pm 0,14$ m³/día, equivalente a unos 2,9 kWh/día². Dado que el promedio de personas por vivienda es del orden de 2,6; el consumo medio para la cocción por persona es del orden de $\sim 1,1 \pm 0,4$ kWh/día por persona.

Consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS): este es un consumo importante en los hogares. Otro consumo muy prevalente en el país, asociado a este servicio, es el asociado a las llamas piloto, como así también el ligado a mantener el agua

caliente en los termotanques. Estos consumos pasivos, cuando están presentes, son del orden de 0,5 m³/día y tienen una magnitud similar al asociado para calentar 200 litros/día, que es lo que necesita una familia tipo para satisfacer sus necesidades de ACS en el AMBA. Así, los consumos pasivos de los equipos de ACS en general (los que funcionan con GN, o electricidad) son muy significativos. Según la Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares (ENGHO) del INDEC de 2018, [10] alrededor del 95% de los equipos de ACS a GN en Argentina tienen una llama piloto encendida de forma permanente. Los equipos de acumulación de agua caliente o termotanques (TTQ) tienen un consumo de gas aun superior al de los pilotos, denominado consumo de mantenimiento. Esto se debe a que aun sin consumo de agua caliente, el quemador se enciende periódicamente para mantener la temperatura del agua en su interior, cuyo consumo se suma al de los pilotos. Estos consumos pasivos ocurren las 24 horas, se use o no agua caliente. Los consumos pasivos de los pilotos de los calefones son del orden del

0,5 m³/día y el de los termotanques varía entre 0,5 a 0,75 m³/día. [12]

La Figura 3, ilustra cómo se usa el gas natural en los diversos servicios en el AMBA. Desde luego, como no todos los usuarios conectados a la red tienen servicio de ACS a gas, una fracción de ellos tiene sistemas de ACS eléctricos, el valor medio de los datos Top-Down, registrará valores medios de ACS y pasivos menores a los guarismos antes mencionados.

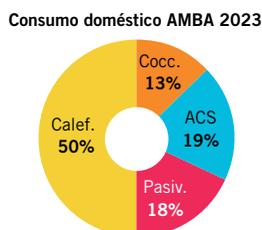
Auditorías energéticas

Un segundo análisis complementario al descripto previamente se puede obtener de un análisis Bottom-Up, es decir, a partir de un estudio minucioso de auditorías de viviendas individuales de una muestra de unas 550 viviendas del AMBA de distintos sectores socioeconómicos, que fueron estudiadas con la metodología descripta de la Ref. [11]. En este caso, el análisis se realiza de modo presencial en cada vivienda, observando los artefactos, las pautas de consumo y los datos de consumo de gas registrados en las facturas provistas por la distribuidora para cada vivienda analizada. Asimismo, se realiza una verificación de las características de cada artefacto presente en la unidad habitacional. También se acompaña la visita con un conjunto de preguntas realizadas a el o a los interlocutores de la vivienda, siguiendo la metodología discutida en la Ref. [11].

Con esta información se puede hacer un estudio de distribución del consumo de gas como se ilustra en la Figura 4, de 1.183 m³/año. Esta diferencia de consumo anual total de gas entre el análisis Top-Down y Bottom-Up, se entiende por el hecho

Consumo doméstico AMBA 2023

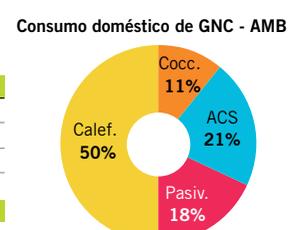
Análisis Botton-Up				
	m ³ /año	MWh/año	m ³ /día	kWh/día
Cocc.	128	1,38	0,35	3,8
ACS	242	2,61	0,66	7,2
Pasiv.	213	2,30	0,58	6,3
Calef.	585	6,32	1,60	17,3
Total	1168	12,6	3,20	34,6



Cons. Calef. = 105 kWh/m².año
Cons. ACS. = 54 l/per.día

Consumo doméstico de GNC - AMB

Análisis Botton Up		
	m ³ /año	m ³ /día
Cocc.	132	0,36
ACS	242	0,66
Pasiv.	214	0,59
Calef.	595	1,63
Total	1183	3,20



Calef. = 73 ± 20 kWh/m².año
ACS. = 49 ± 12 l/día

Figura 3. Izquierda, distribución de los consumos específicos residenciales de gas para usuarios del AMBA, a través de un análisis Top-Down. Derecha, distribución del consumo de gas en el sector residencial en el AMBA. El consumo medio de gas total en esta región (base más calefacción) es de 828 m³/año y equivale a 8,9 MWh/año. Este consumo equivale a 75 ± 15 kWh/m².año para la calefacción.

Figura 4. Izquierda, distribución de los consumos específicos residenciales de gas para usuarios del AMBA, a través de un análisis Bottom-Up, basado en 297 auditorías de viviendas individuales con gas. Derecha, distribución del consumo de gas. El consumo medio de gas total en esta región (base más calefacción) es de 1183 m³/año y equivale a 12,77 MWh/año. Este consumo equivale a 73 ± 20 kWh/m².año para la calefacción.

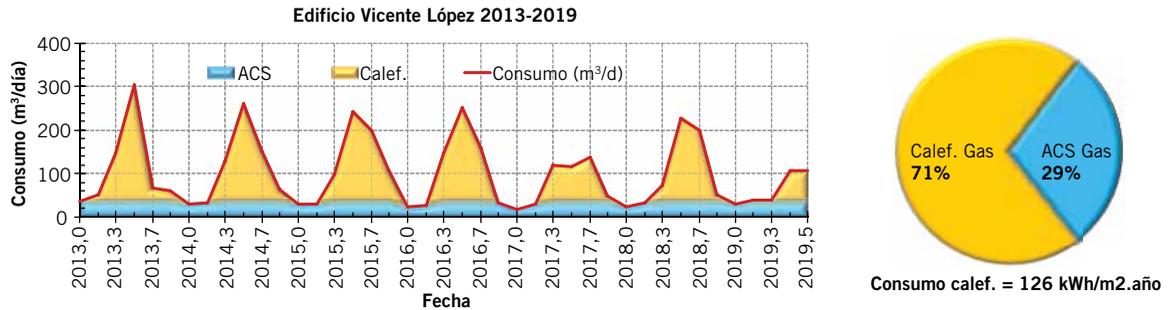


Figura 5. A la izquierda, variación del consumo bimestral de gas natural a lo largo de siete años (curva roja) para un edificio de la localidad de Vicente López. El consumo de verano coincide con el consumo de ACS (área celeste) y el área amarilla es el consumo de calefacción. A la derecha se ve la separación de los consumos de ACS y calefacción a lo largo de todo este periodo.

de que en el análisis Top-Down, se considera que el total de las viviendas poseen los mismos tres servicios (cocción, ACS y calefacción), es decir como similares. Pero no es así, hay múltiples viviendas y departamentos que no tienen los tres servicios principales de gas sino solo uno o dos de ellos, por lo que es razonable que el análisis Top-Down, brinde resultados menores que el Bottom-Up. En este último, al hacer la visita casa por casa, efectivamente se verifica la presencia de cada servicio existente en la vivienda. Una vez verificada la consistencia entre los datos reportados por la distribuidora a lo largo del año (factura de gas), los equipos presentes en la vivienda y los tiempos de uso que reportan sus moradores, se construye una separación de los consumos de gas en cada uso. Finalmente, se estima el volumen de agua caliente usada por la familia en un día, según el análisis realizado y las características de los equipos. Un valor típico del consumo de ACS es de unos 50 ± 10 litros/día.personas.

Con las salvedades descriptas previamente, ambas aproximaciones, Top-Down y Bottom-Up, brindan resultados coincidentes, lo cual refuerza la confianza en la metodología utilizada en este trabajo.

En definitiva, los consumos de GN indicados en la Figura 3, son representativos de los consumos de una familia tipo de la región del AMBA (2,6 personas/vivienda), que podrían ser tomados como referencia en esta región del país. Según el análisis Bottom-Up, el consumo de calefacción obtenido fue de aproximadamente 73 ± 20 kWh/m².año (el área media de las viviendas auditadas fue de 88 m²), consistente con el obtenido del análisis Top-Down de 75 ± 15 kWh/m².año.

Consumo de Calefacción con sistemas centralizados

En Argentina, muchos edificios residenciales, especialmente aquellos con múltiples unidades funcionales (UF), utilizan sistemas de calefacción centralizados. Estos sistemas, generalmente alimentados por calderas a gas, distribuyen calor a todo el edificio mediante losa radiante, piso radiante o radiadores. En varios casos, el agua caliente sanitaria (ACS) también es provista por el mis-

mo sistema centralizado.

Este estudio analizó el consumo energético de una decena de edificios en la región del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) que cuentan con sistemas de calefacción central y más de una veintena de UF cada uno. Uno de ellos, ubicado en el municipio de Vicente López, operó con un sistema centralizado a gas hasta el año 2021, cuando se realizó la transición a sistemas individuales basados en bombas de calor. Al monitorear el consumo energético

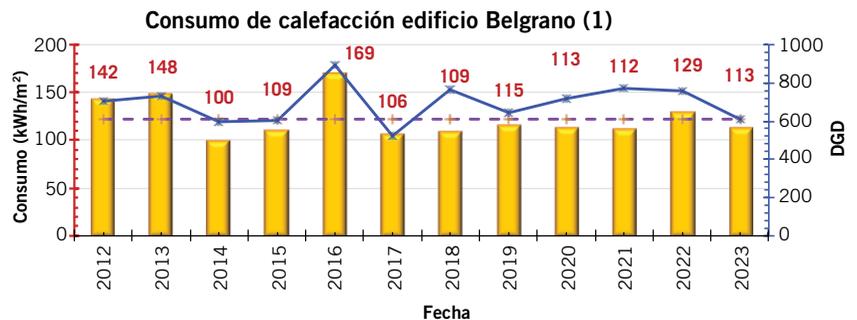


Figura 6. Variación del consumo de energía para calefacción central a gas, en kWh/m².año, barras amarillas, para un edificio con calefacción central en el Barrio de Belgrano. La línea azul, referida al eje vertical derecho, muestra la variación del DGD a lo largo de los años. La línea de trazos violeta, indica el valor medio del consumo de calefacción de 122 ± 14 kWh/m².año.

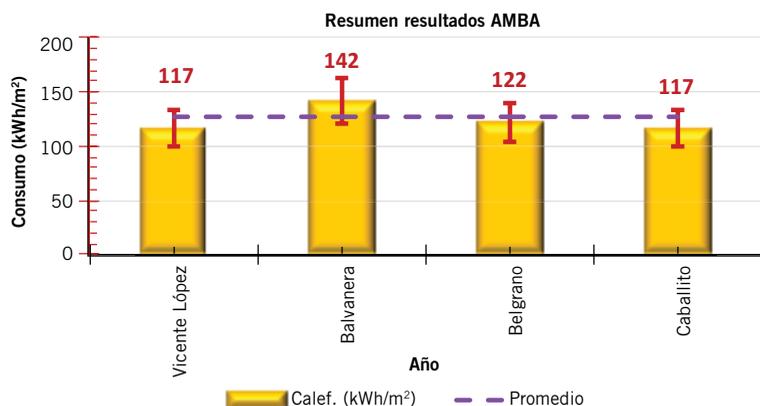


Figura 7. Variación del consumo de calefacción para varios edificios en diversos barrios con calefacción central en la región del AMBA, a lo largo de varios años. El valor medio del consumo de calefacción obtenido fue de 127 ± 12 kWh/m².año.

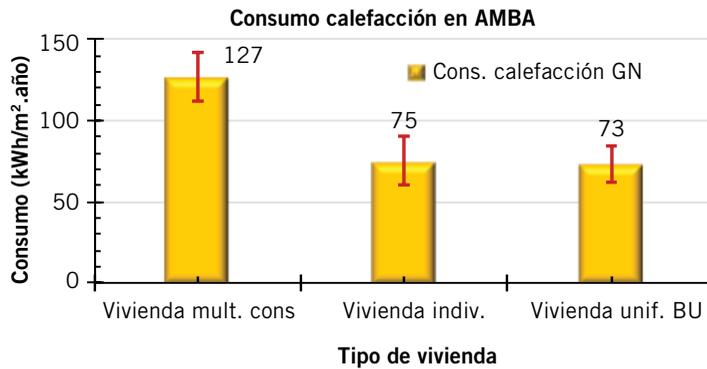


Figura 8. Variación del consumo de energía de calefacción a gas, para viviendas unifamiliares con sistemas individuales de calefacción estimados por un análisis Top-Down (TD) y Bottom-Up (BU) y para viviendas colectivas con sistemas a gas de calefacción centralizados (CC).

en ambas configuraciones durante varios años, se pudo comparar y cuantificar los cambios, manteniendo constantes la mayoría del resto de las variables.

En la Figura 5 se muestra la evolución del consumo de gas para este edificio de 12 pisos, con orientación noreste, con 42 unidades funcionales (UF) y un área total calefaccionada de unos 2500 m². Conociendo estos consumos, medidos por la distribuidora de gas (Naturgy) y el área calefaccionada, es posible determinar el consumo medio de calefacción para este edificio que resultó de: 126 ± 11 kWh/m²·año.

Estudios comparables realizados en otros edificios del AMBA con sistemas de calefacción central, a los largo de varios años de seguimiento, arrojaron resultados similares, con un promedio de consumo de calefacción de 127 ± 12 kWh/m²·año, ver Figura 7. En contraste, los consumos en viviendas con sistemas individuales de calefacción a gas, que como ya se vio, se situaron en 74 ± 15 kWh/m²·año, casi la mitad del consumo observado en edificios con calefacción central, cómo se ilustra en la Figura 8.

Los distintos resultados que se observan en la figura anterior, se deben a que los residentes de edificios con calefacción centralizados (CC) no pueden regular o apagar la calefacción cuando no la necesitan, ya que la operación del sistema depende de un administrador general, lo que conduce a un sobreconsumo energético para satisfacer diversas necesidades térmicas.

La falta de control individual, junto con la diversidad de orientaciones y alturas de las UF que resultan en dis-

tintos niveles de ganancia solar, hace que estos sistemas centralizados sean notablemente ineficientes. Por estas razones, muchos países europeos, como España, han prohibido los sistemas de calefacción central sin regulación individual. [13] Desde 2023, millones de viviendas colectivas en España están obligadas a instalar contadores individuales o repartidores de costos que midan el consumo de calefacción de cada UF, permitiendo que los residentes paguen únicamente por la energía que utilizan. [14], [15] En Argentina esta normativa no está en vigor ni hay perspectivas cercanas de implementación, sin embargo, existen soluciones tecnológicas que permiten mejorar la eficiencia energética en sistemas de calefacción individuales y centralizados, sin comprometer el confort. Los contadores individua-

les o repartidores de costos, son dispositivos que se instalan en cada unidad funcional para medir su consumo individual y ya están disponibles en el mercado argentino. Sin embargo, su implementación es menos compleja y costosa, si se instalan cuando se construye el edificio y se planifica la infraestructura adecuada para este fin.

Acondicionadores de Aire frío/calor o Bombas de Calor

Las bombas de calor (BC) son dispositivos que transfieren calor de un ambiente frío a uno más cálido, empleando electricidad para llevar a cabo este proceso. Un ejemplo cotidiano de una BC es un acondicionador de aire con función frío/calor o incluso una heladera. En el modo de calefacción (ver Figura 9), una BC capta calor del aire exterior, incluso en condiciones frías, y lo transfiere hacia el interior, proporcionando calefacción. Aunque a simple vista podría parecer que este proceso desafía las leyes de la física, en realidad es un fiel reflejo del principio de conservación de la energía y el ciclo de refrigeración.

El componente clave en el funcionamiento de una bomba de calor es el compresor, que comprime el refrigerante, elevando su temperatura y permitiendo la transferencia de calor. Sin embargo, en los modelos

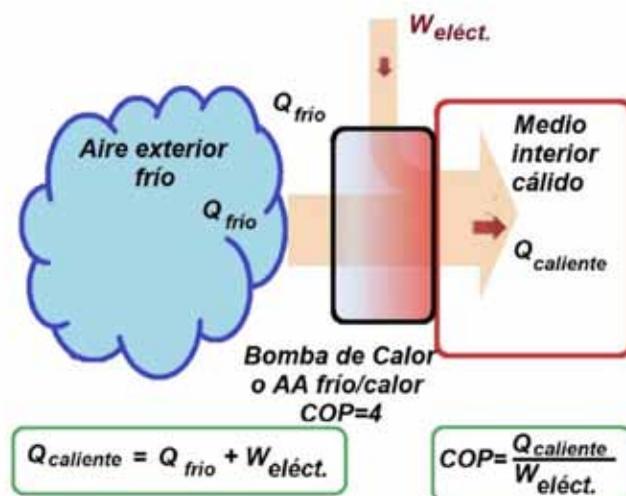


Figura 9. Diagrama esquemático de un acondicionador de aire (frío/calor) o BC usado en modo de calefacción. El equipo toma calor del medio exterior frío ($Q_{frío}$), de modo similar a un refrigerador, usando energía eléctrica que hace funcionar el sistema (compresor) $W_{eléct.}$ y entrega todo este calor al interior, $Q_{caliente}$. En este ejemplo, para generar 4 unidades de calor, se requiere de una unidad de energía eléctrica, o sea la eficacia de esta BC, entendida como una relación de costo-beneficio, es del 400% o $COP=4$.

convencionales, el consumo energético puede ser ineficiente debido a los repetidos ciclos de encendido y apagado, lo que provoca que el sistema funcione a plena potencia cada vez que es activado. Este patrón de funcionamiento no solo incrementa el consumo eléctrico, sino que también puede acortar la vida útil de los equipos.

Es en este punto donde las tecnologías más avanzadas, como los sistemas con inverter, juegan un papel crucial para mejorar la eficiencia energética. Estos sistemas permiten ajustar gradualmente la potencia de operación según las necesidades de calefacción del ambiente, evitando los picos de consumo y manteniendo una temperatura constante con un uso más eficiente de la electricidad. El uso de BC con tecnología inverter no solo mejora la eficiencia en el consumo de energía, sino que también eleva el confort al reducir las fluctuaciones bruscas de temperatura dentro del espacio habitable.

En resumen, las bombas de calor, especialmente cuando cuentan con sistemas inverter, ofrecen una alternativa de bajo consumo energético frente a los sistemas tradicionales de calefacción a gas o resistencias eléctricas. En climas templados como el del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), pueden alcanzar eficiencias de hasta 450% o más, lo que se traduce en un consumo energético de seis a siete veces menor en comparación con los sistemas convencionales a gas (eficiencias ~ 75%). Esto no solo implica ahorros significativos en las facturas energéticas, sino también una considerable reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), contribuyendo a un uso más sostenible de la energía en el sector residencial.

El coeficiente de desempeño (COP) es un indicador clave para medir la eficiencia de las bombas de calor, ya que relaciona la cantidad de calor generado (Qcaliente) con la energía eléctrica utilizada (Weléct). El COP varía según la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior (ΔT). [15]

Recientes estudios en el AMBA, [15], [17], revelaron que el consumo de calefacción al usar bombas de calor o acondicionadores de aire frío/calor es notablemente bajo. En una muestra de más de 550 hogares, se

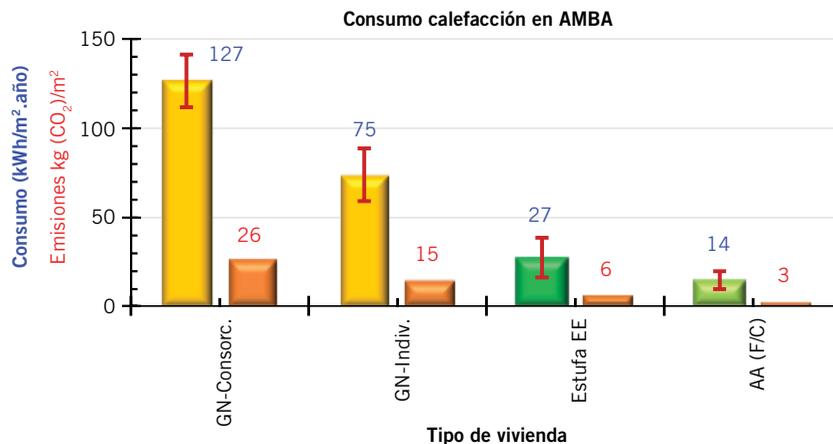


Figura 10. Variación del consumo energético asociado a la calefacción por m², según la tecnología usada. En naranja se indican las emisiones asociadas a cada tecnología por m². Se observa que las familias que usan GN por redes para la calefacción, tienen un consumo por m² alrededor de 7,5 veces mayor que las que usan acondicionadores de aire frío/calor (AA F/C o BC). Además, sus emisiones en Argentina son casi 5 veces mayores. [15]

observó que el uso de BC en modo calefacción puede reducir el consumo energético por un factor de 5 a 7 en comparación con los sistemas tradicionales de gas natural, como estufas de tiro balanceado o calderas. [6] Por ejemplo, una vivienda típica en el AMBA con calefacción a gas natural consume alrededor de 75 ± 15 kWh/m², mientras que con AA F/C, el consumo baja a 12 ± 5 kWh/m², una reducción significativa. Esta eficiencia se explica por la relación entre el consumo de una BC con un COP de 3,5 (uno de los valores más comunes en Argentina) y el de una estufa a gas (~70% de eficiencia), lo que resulta en un factor de 5, ver Figura 10.

Varios estudios internacionales también muestran que en climas templados las BC son más eficientes y emiten menos CO₂ que los sistemas tradicionales, especialmente si se integran con fuentes de energía renovables como los sistemas fotovoltaicos (PV). La combinación de BC con sistemas PV y almacenamiento de energía térmica tiene un gran potencial para reducir el consumo de electricidad y las emisiones de carbono. [18], [19]

Una ventaja significativa de las BC es su facilidad de uso. A diferencia de las estufas a gas, que requieren un encendido más complejo y suelen dejar la llama piloto encendida (con un consumo considerable de 0,5 m³/día \approx 5 kWh/día), las BC se encienden y apagan fácilmente, lo que permite un uso más eficiente. Además, la mayoría de las BC inclu-

yen termostatos en su controlador, lo que facilita la regulación de la temperatura y contribuye al ahorro energético. Como se mencionó previamente, una variación de 2 °C en el termostato puede incrementar el consumo de energía en un 50%.

Por último, las estufas a gas requieren ventilación adicional en los ambientes por razones de seguridad, lo que aumenta la infiltración de aire exterior y reduce la eficiencia térmica. En cambio, las BC, al no necesitar estas ventilaciones y contar con un termostato integrado, resultan más eficientes en la regulación térmica, lo que refuerza su superioridad en términos de ahorro energético. Si además las BC se instalan en diversos ambientes, esto permite sectorizar las zonas que se climatizan, y hacerlo solo en aquellos ambientes que se usan, con lo que la eficiencia aumenta. Esto se puede observar claramente en los resultados de Figura 10.

Ensayo de cambio de sistema de calefacción en un edificio de Vicente López

En el edificio mencionado en la Figura 5, ubicado en el municipio de Vicente López, era calefaccionado por un sistema centralizado a gas hasta el año 2021, cuando se realizó la transición a sistemas individuales basados en bombas de calor. En particular, en unas de las UF se instaló un sistema de medición online de consumo eléctrico, [20] que registra el consumo eléctrico minuto a minuto, como así también en cualquier otro intervalo

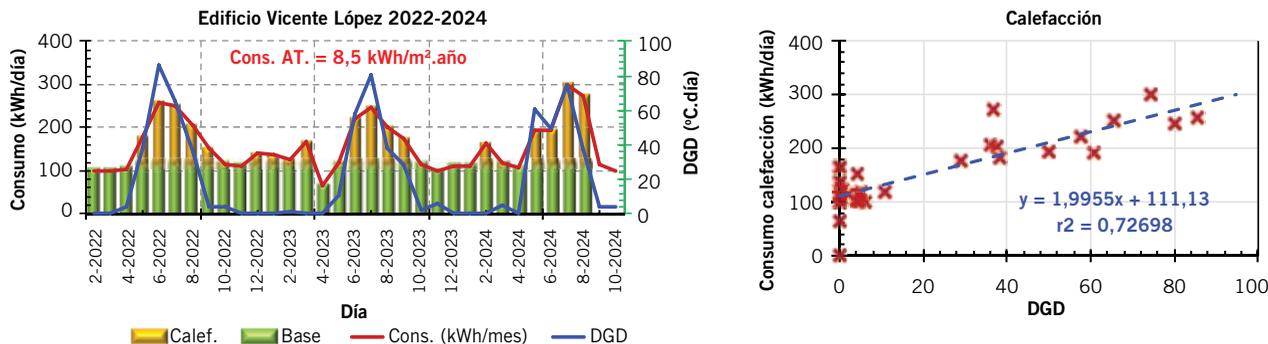


Figura 11. Izquierda, variación del consumo eléctrico mensual asociado a todos los servicios de la UF analizada, curva roja. La curva azul indica la variación del DGD mensual, que indica la rigurosidad de los periodos fríos. Las barras verdes indican los consumos base eléctricos (no termo-dependientes) y las barras amarillas los consumos de AT. A la derecha se ve un gráfico del consumo eléctrico mensual, en función del DGD mensual, que muestra claramente una dependencia lineal entre estas variables.

de tiempo mayor. Asimismo, se realizó una medición de las temperaturas exteriores a lo largo de casi tres años posteriores a la instalación de tres acondicionadores de aire frío/calor, uno de 4,4 kW_{térmico} y dos AA F/C de 2,3 kW_{térmico}, clase A con inverter. Las variaciones del consumo eléctrico mensuales a partir de 2022 se muestran en la Figura 11.

Desde luego, la demanda de calefacción está estrechamente vinculada a las variaciones climáticas y, en particular, a la temperatura exterior, lo que a su vez está condicionado por los diferentes escenarios climáticos de cada región o localidad. Para entender mejor esta relación, es útil recurrir al concepto de Diferencia o Déficit Grado Día (DGD), [4], [21] que permite cuantificar el nivel de demanda de calefacción en función de la temperatura exterior.

El consumo de calefacción está directamente relacionado con la diferencia entre la temperatura de referencia en invierno (Tref_invierno) y la temperatura media diaria exterior (Tmedia_ext). Definimos el DGD diario como la diferencia entre estas dos temperaturas (Tref_invierno - Tmedia_ext), siempre y cuando

la temperatura media exterior sea inferior a la temperatura de referencia (es decir, Tmedia_ext < Tref_invierno). En los días en que la Tmedia_ext sea igual o superior a la Tref_invierno, no será necesario encender la calefacción. [21]

La Tref_invierno es un valor crucial, ya que representa la temperatura exterior mínima a partir de la cual no es necesario encender la calefacción en una vivienda, este valor en Argentina es de 18°C. El concepto de DGD es especialmente útil para comparar la demanda de calefacción en diferentes localidades o regiones.

De la Figura 11, es fácil determinar los consumos de calefacción a lo largo de cada año, con simplemente la suma de las barras amarillas del panel izquierdo de esta figura. Desde luego, este mismo análisis se puede hacer con los datos de consumo eléctrico provisto por las distribuidoras. En la Tabla 1 se resumen los resultados de calefacción para los tres años analizados, tanto previo a 2021 con sistema de calefacción centralizado a gas natural (Gas Nat. CC) como con BC posterior a 2022 con BC en varias UF.

El resumen de los resultados de consumo de calefacción se muestra

Consumo	Calefacción kWh/m²/año	Observación
Gas Nat. CC	127	Previo a 2021
UF_4A	17,8	Posterior a 2022
UF_7C	8,5	Posterior a 2022
UF_8C	14,5	Posterior a 2022
UF_10C	14,8	Posterior a 2022
Promedio	14	Posterior a 2022

Tabla 1. Consumos promedios de calefacción usando AA F/C o BC a lo largo de tres años (2022 a 2024), tanto previo a 2021 con sistema centralizado a gas natural como posterior a 2022 con BC en varias UF.

en la Figura 12. En esta figura se observan los consumos de calefacción central con piso radiante y caldera a gas natural, existente en este edificio hasta 2021 y los consumos de varias UF con calefacción con BC posteriores al 2022. Claramente la reducción de consumo de calefacción es aproximadamente un factor 9, menos con BC que con sistema de calefacción centralizado a gas natural.

Es interesante notar, que los consumos de calefacción con BC registrados en el edificio de Vicente López, están en concordancia con los valores observados para este consumo en el relevamiento Bottom-Up (auditorías energéticas) de las 550 viviendas del AMBA indicadas previamente, Figura 10.

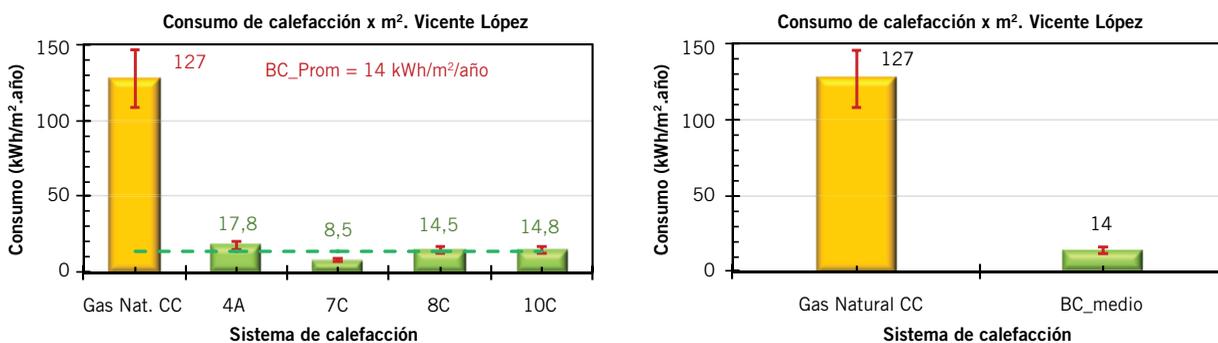


Figura 12. Variación del consumo de calefacción anual en un edificio de Vicente López, con calefacción a gas natural y sistema central de calefacción (Gas Nat. CC) y con AA F/C o BC. A la izquierda, se ven los consumos en varias UF y a la derecha, los consumos promedios, antes de 2021 con Gas Nat. CC y posterior a 2022, con BC. Claramente la variación del consumo es aproximadamente un factor 9.

Conclusiones

Este estudio pone de relieve la importancia del consumo energético destinado a calefacción en las viviendas del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) y en otras regiones bioambientales templadas del país. Asimismo, identifica oportunidades claras para mejorar la eficiencia energética mediante un uso más racional de los recursos y una adecuada selección de tecnologías.

En el AMBA y en toda la región central del país, los hogares que utilizan gas natural para calefacción destinan aproximadamente el 50 % de su consumo energético total a este servicio. Esto subraya la necesidad de implementar estrategias eficaces para optimizar su uso sin comprometer el confort térmico.

El análisis de edificios con sistemas centralizados de calefacción a gas natural mostró consumos promedio de 127 ± 11 kWh/m².año, casi el doble que los registrados en viviendas con calefacción individual a gas (74 ± 15 kWh/m².año). Esta ineficiencia se atribuye, en gran medida, a la falta de control individualizado, lo que impide ajustar el uso de la calefacción a las necesidades reales de cada unidad funcional. La operación centralizada, administrada desde un único punto de control, genera sobrecalentamiento en espacios desocupados y obliga a cubrir demandas térmicas dispares, derivadas de diferencias en orientación, altura y exposición solar. Como resultado, muchos países europeos han prohibido los sistemas de calefacción central sin control individual.

Las bombas de calor (BC), o acondicionadores de aire frío/calor (AA F/C) con tecnología inverter, emergen como una alternativa sumamente eficiente frente a los sistemas a gas o eléctricos por resistencia. Mientras que la eficiencia de los equipos a gas ronda el 70 %-80 % y la de los calefactores eléctricos es del 100 %, las bombas de calor pueden alcanzar eficiencias del 350 % al 450 %, es decir, consumen entre cinco y siete veces menos energía para proporcionar la misma cantidad de calor. Además, permiten calefaccionar solamente los ambientes en uso, se regulan fácilmente con termostatos, no requieren ventilaciones adicionales y ofre-

cen una experiencia de uso mucho más flexible y eficiente.

Si bien el costo de la electricidad en el AMBA es aproximadamente cuatro veces superior al del gas por unidad de energía, los ahorros energéticos que ofrecen las bombas de calor compensan holgadamente esa diferencia. En términos monetarios, esto se traduce en una reducción de los costos de calefacción de más del 50 %.

En conjunto, el reemplazo de sistemas centralizados a gas por bombas de calor, acompañado de un uso racional de la energía y mejoras constructivas, puede generar reducciones del consumo energético cercanas a un factor próximo a nueve. Esta estrategia representa una oportunidad concreta y alcanzable para avanzar hacia un parque edilicio más eficiente, económico y sustentable.

Finalmente, expresamos nuestro agradecimiento a los colegas que colaboraron en la realización de este trabajo, así como al ENARGAS por su apoyo institucional. En particular, agradecemos a Horacio Flores y Juan Cáceres Pacheco por sus valiosos aportes. Las opiniones y conclusiones aquí expresadas son responsabilidad exclusiva de los autores.

¡La energía más barata y la menos contaminante, es aquella que no se consume!

Referencias

- [1] ASHRAE, «American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.ashrae.org/about>.
- [2] Madrid Salud, «El frío y el riesgo para la salud de las bajas temperaturas,» 2025. [En línea]. Available: https://madridsalud.es/el-frío-y-el-riesgo-para-la-salud-de-las-bajas-temperaturas/?utm_source=chatgpt.com.
- [3] Science Daily - Université de Genève, «Change of temperature causes whole body reprogramming,» 2022.
- [4] P. Romero, J. Fiora, C. Carri, I. Bove y S. Gil, «Uso del termostato: estrategias para el ahorro energético en viviendas y edificios,» de Contribución a la XLVI Reunión de ASADE Rosario- Octubre 2024, Rosario, 2024.
- [5] BALANCES ENERGÉTICOS - Secretaría de Energía de la Nación, «BALANCES ENERGÉTICOS,» 2024. [En línea].
- [6] R. Zavalia Lagos, L. Iannelli y S. Gil, «Consumos Claves, ¿Cuáles son los principales consumos domésticos en Argentina?,» vol. Nov.2020, Buenos Aires: Instituto Argentino de la Energía (IAE), 2020.
- [7] «ENARGAS,» Ente Nacional Regulador del Gas en Argentina, 2024. [En línea]. Available: <https://www.enargas.gov.ar/>.

- [8] R. Prieto y S. Gil, «¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas,» Petrotecnia, vol. LIV, nº 6, pp. pag. 81-92, Dic. 2013.
- [9] «ENARGAS,» marzo 2025. [En línea]. Available: <https://www.enargas.gov.ar/secciones/eficiencia-energetica/estimador-factura/estimador-eficiencia.php>. [Último acceso: 2025].
- [10] INDEC, «Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2017-2018, Resultados preliminares,» INDEC, Buenos Aires, 2019.
- [11] L. Iannelli y S. Gil, «¿Cómo hacer un diagnóstico de los consumos a partir de la factura y reducir los gastos de gas?,» Petrotecnia, vol. LX, nº 1, pp. 144-146, 2019.
- [12] L. Iannelli y a. et, «Eficiencia en el calentamiento de agua. Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos,» PETROTECNIA, LV, N03, P.586-95, Agosto, 2016, vol. LV, nº 3, pp. 586-595, 2016.
- [13] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado - Madrid España, «Real Decreto 736/2020,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2020-9272>.
- [14] Gobierno de España, «Real Decreto 736/2020,» Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2020. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/rd/2020/08/04/736>.
- [15] R. Zavalia Lagos, I. Bove Vanzulli, J. Fiora, P. Romero y S. Gil, «Calefacción eficiente: ¿Bombas de calor o sistemas tradicionales de calefacción?,» Petrotecnia, vol. LXII, nº 4, pp. 92-104, 2023.
- [16] R. Zavalia y y Otros, «Calefacción eficiente, ¿Bombas de calor o sistemas tradicionales de calefacción?,» Petrotecnia, IAPG., vol. Febr., nº LXIII, pp. 94-104, 2024.
- [17] Proyecto de Fortalecimiento del Observatorio de Vivienda de la CABA, «Proyecto de Fortalecimiento del Observatorio de Vivienda de la CABA,» 2023. [En línea]. Available: <https://vivienda.buenosaires.gov.ar/informe-final>.
- [18] S. Nedel, «Energy Savings, Consumer Economics, and Greenhouse Gas Emissions Reductions from Replacing Oil and Propane Furnaces, Boilers, and Water Heaters with Air-Source Heat Pumps,» 2018.
- [19] T. Kemmler y B. Thomas, «Design of Heat-Pump Systems for Single- and Multi-Family Houses using a Heuristic Scheduling for the Optimization of PV Self-Consumption,» Energies, vol. 13, p. 1118, 2020.
- [20] Efergy, «Monitores de energía online,» 2022. [En línea]. Available: <https://es.efergy.com/products/>.
- [21] Wikipedia, «Heating degree day,» Wikipedia, 2017.
- [22] STECHOME-, «Instalar contadores individuales en calefacción central,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.stechome.es/instalar-contadores-individuales-en-calefaccion-central/#:~:text=C2%BFCu%3%A1ndo%20es%20obligatorio%20poner%20contadores,veamos%20cu%3A1les%20son>.