

Acondicionamiento térmico de interiores

Medidas de bajo costo para períodos estivales

L. Iannelli y S. Gil

UNSAM

10-11-2022

Hoy en día, uno de los factores más importantes en la construcción de viviendas y edificios en buena parte del mundo es lograr un acondicionamiento térmico agradable para sus ocupantes, minimizando el consumo de energía. La importancia de reducir los consumos de energía tiene que ver con la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, responsables en gran medida del calentamiento global, pero también con reducir el costo de las facturas de energía de sus habitantes. Además, en un mundo con incertezas de abastecimiento de energía y precios volátiles, el Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE), tiene una vinculación directa con la seguridad energética. Cuanto mayor es nuestra necesidad de fuentes de energía, mayor es nuestra vulnerabilidad de las fluctuaciones de precio y abastecimiento.

En el mundo hay una creciente tendencia a realizar la mayoría de nuestras actividades en espacios interiores: casas y oficinas. Con la pandemia, el home office se acentuó y es una tendencia creciente en todo el mundo. Así aumentó la demanda por espacios interiores agradables y confortables. El confort térmico, que en términos técnicos suele denominarse como *confort higrotérmico*, consiste en lograr ambientes de temperaturas agradables con ausencia de discomfort térmico. Hay muchos índices desarrollados para evaluar la calidad del confort térmico. [1], [2], [3] Las condiciones de confort en interiores depende además de la temperatura del aire interior, de la humedad, de las temperaturas externas, diseños adecuados de la construcción, características de la envolvente, número de ocupantes, temperatura radiante de las paredes, velocidad del aire, vestimenta de los ocupantes y su nivel de actividad, etc. Pero podemos decir que, si la humedad relativa se encuentra entre el 40% al 65%, la mayoría de las personas con adecuada vestimenta, se sentirán confortables con temperaturas que varían entre unos 18°C y 27°C.

El objetivo de esta nota es discutir algunas medidas de bajo costo, que puedan ayudarnos a reducir el consumo de energía y sus costos, al mismo tiempo que lograr condiciones de confort adecuadas, espacialmente para los **períodos estivales**.

El uso de energía con fines de refrigeración en el sector de la construcción ha venido aumentando muy rápidamente en los últimos años. Se prevé que esta tendencia continúe a finales del siglo XXI. [4], [5] El uso de energía para la refrigeración de viviendas y edificios puede alcanzar hasta el 9,3 % del uso total de energía mundial en edificios comerciales y podría intensificarse debido a los problemas de calentamiento global. De hecho, según la Agencia Internacional de Energía (IEA), [5] el uso de aire acondicionado (AA) y ventiladores eléctricos para refrigeración en 2018, representaba casi el 20% de la electricidad utilizada en los edificios de todo el mundo. Además, esta tendencia se prevé que siga aumentando a medida que el crecimiento demográfico y económico mundial siga creciendo, en particular en países más cálidos, como India, Brasil, México, entre otros. A medida que aumenten los ingresos y el nivel de vida, más personas comprarán y utilizarán más AA para mantenerse frescos y confortables. También un acceso a la refrigeración mejora las condiciones de desarrollo humano, de salud, bienestar y productividad económica. Sin embargo, también aumentará la demanda de energía y sus emisiones de Gases de Efecto de Invernadero (GEI). De hecho, según la IEA, si el crecimiento de equipos de AA continúa la tendencia actual, la demanda de energía de los AA se triplicará en el mundo para 2050.

Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado muchas veces se designan por las siglas de estos términos en inglés: Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC), este es

el término genérico con que muchas veces en la literatura técnica se designan este tipo de sistemas, que frecuentemente usamos para que nos proporcionen confort térmico en interiores y una mejor calidad del aire.

Indicadores de necesidad de climatización interior – EGD

Para poder estudiar las necesidades de climatización de interiores, es útil disponer de indicadores climáticos que nos permitan cuantificar y caracterizar los escenarios térmicos de distintas ciudades y regiones geográficas. En particular es útil poder cuantificar las necesidades de calefacción y refrigeración de una dada localidad. En Argentina, la norma IRAM 11.603:2012 “Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina”, establece la Clasificación Bioambiental, con datos de temperaturas en distintas regiones del territorio nacional, tomando como base los valores de los Déficit Grado Día (DGD) de las distintas regiones de Argentina. En forma simple, podemos decir que el DGD es una medida muy adecuada para conocer la rigurosidad y duración de los períodos invernales en cada zona. [6]

De manera análoga, el **Exceso de Grado Día anual** (EGD) es un parámetro análogo al DGD, pero más adecuado para conocer el nivel de calor y longitud de los periodos estivales. [6] Así, el EGD puede brindar un indicador que puede dar una primera estimación de las necesidades de refrigeración de interiores en distintas regiones. El EGD se define como:

$$EGD = EGD(\text{año}) = \sum_{i=1}^{i=365} (T_{media} - T_{ref}) \Big|_{T_{media} > T_{ref}} \quad (3)$$

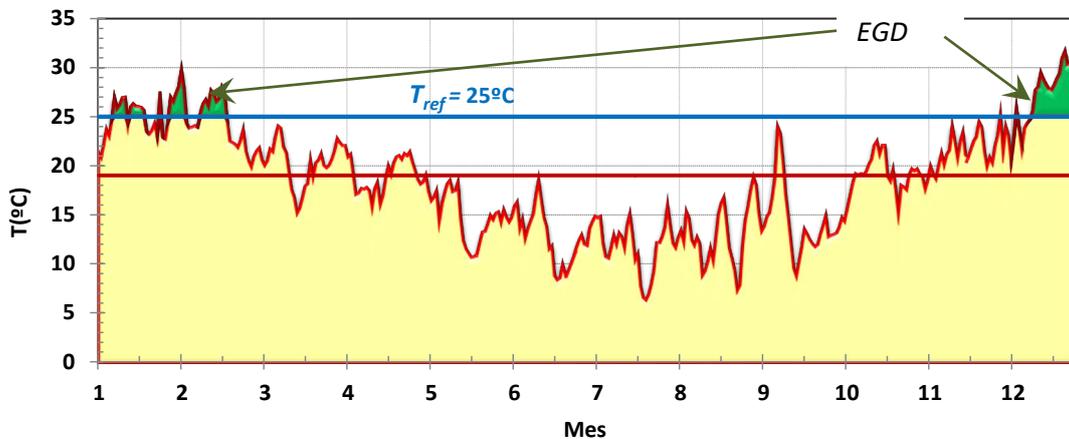


Figura 1. Representación de la temperatura media diaria a la largo de un año, la línea horizontal azul, representa la temperatura de referencia, $T_{ref} \approx 25^{\circ}\text{C}$, el EGD viene dado por el área sombreada en verde de este gráfico.

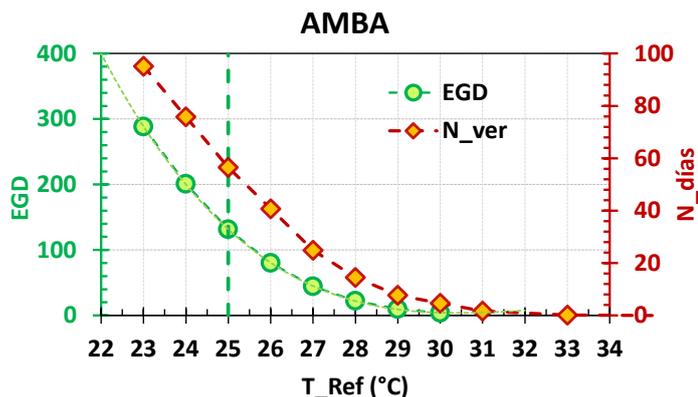


Figura 2. EGD como función de la temperatura de referencia (círculos verdes referido al eje vertical izquierdo). Variación del número de días en que la temperatura media diaria supera el valor indicado en el eje horizontal (T_{Ref}), rombos rojos, referido al eje vertical derecho. A medida que T_{Ref} aumenta, tanto el EGD como el número de días disminuye rápidamente. Tomando como base los datos de temperaturas en AMBA de los últimos 10 años.

El área sombreada de verde en la Figura 1 ilustra el valor del EGD para el caso de Buenos Aires en 2013. En este caso, la temperatura de referencia T_{ref} se toma ≈ 25 °C. En inglés, este término se denomina *Cooling Degree Day* (CDD), [7] actualmente existen formas de estimar los valores de los DGD y EGD para casi todas las ciudades del mundo. [8] En la Figura 2, se ve claramente que a medida que la temperatura de referencia (T_{Ref}) aumenta, el número de días al año que excede esa temperatura decrece rápidamente ($N_{días}$). Así, si decidiéramos encender el AA cada vez que la temperatura excede los 23°C, lo encenderíamos 93 días al año. Si encendiéramos el AA cada vez que la temperatura excede 25°C, lo haríamos 59 días al año. Si encendiéramos el AA cada vez que la temperatura excede 30°C, lo haríamos 7 días al año. Esto de por sí muestra la importancia de fijar adecuadamente el termostato, ya que el tiempo de uso y la potencia de trabajo del equipo, varían fuertemente con T_{Ref} .

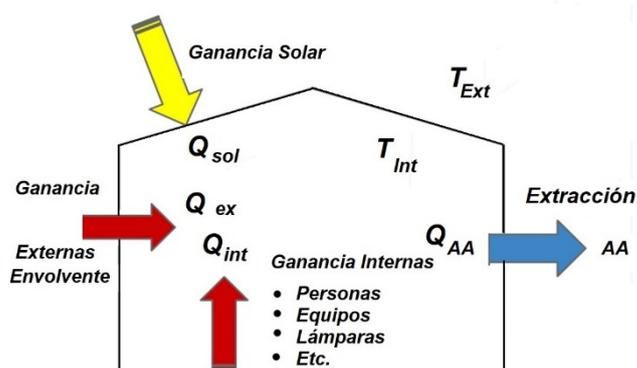


Figura 3. Esquema de un sistema de refrigeración de un ambiente.

Para mantener una vivienda a una determinada temperatura de confort, en el caso de la refrigeración, debemos extraer tanto calor como el que se gana por las distintas componentes que permiten el ingreso de calor del medio circundante o procesos que ocurren dentro de la vivienda. Es decir, el calor extraído por la refrigeración debe ser igual a las ganancias solares y la generación de calor interna (por personas y equipos) y ganancias de calor a través de la envoltente de la habitación y las infiltraciones de aire. En la Figura 3 se indica esquemáticamente

esta situación para una habitación. Una situación análoga ocurre con la calefacción, solo que las pérdidas deben compensarse con calentamiento.

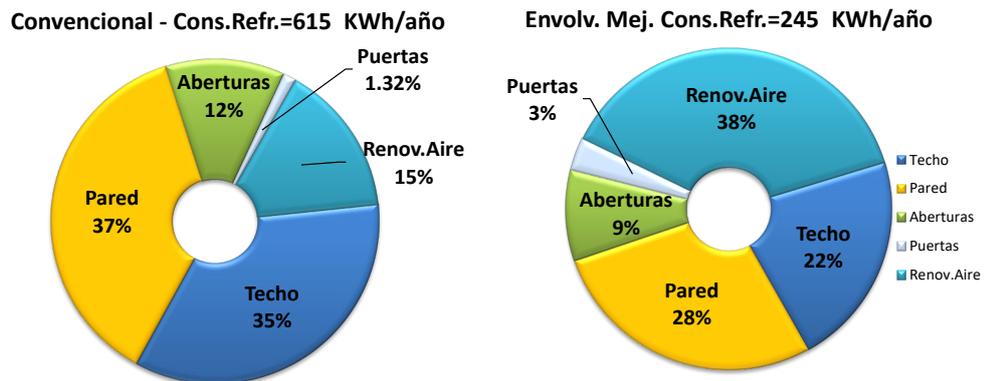


Figura 4. Ingreso de calor durante en verano de una vivienda convencional de ladrillos de 30 cm, revoque interno y externo y techo de loza plana de 30 cm de espesor con revoque. La vivienda tiene 25 m² de ventanas y 65 m² de superficie. A la izquierda sin aislación térmica y ventanas estándares. A la derecha con 50 mm de EPS (Poliestireno expandido) en paredes y techo. Además, ventanas de doble vidrio hermético (DVH). La reducción de consumo de refrigeración anual el notable. En la zona centro-norte las pérdidas de calor por el piso son en general inferiores al 5%. Se uso un EGD= 131 °C/año, T_{ref}=25°C.

Envolvente de edificios

Los ingresos de calor en la vivienda se producen en las paredes, techos, aberturas, piso, etc. y las renovaciones de aire son necesarias para la salubridad y confort de la vivienda. En una vivienda la transmisión de calor que ocurre por la envolvente depende críticamente de la calidad de los materiales utilizados y tipos de aberturas. En la Figura 4, se observan los consumos típicos de energía para dos viviendas, con una superficie de 65 m² y altura de 2,8 m, que tienen dos puertas (1,8m x 0,8m cada una) y cuatro ventanas (8,5 m²), con una renovación de aire por hora, en una zona con EGD=131°C/año (T_{ref}=25°C) en el AMBA. Las casas tienen paredes de ladrillo y techo de losa, ambos de 30 cm de espesor, con 2 cm de revoque interior y exterior. Aquí se indican los consumos totales y parciales de cada componente de las casas en dos situaciones distintas: a) a la izquierda, sin aislación térmica adicional y a la derecha, con una capa de Polietileno Expandido (EPS) de 50 mm de espesor en paredes y techo y Doble Vidrio Hermético (DVH) en las ventanas. Como se ve, la reducción en consumo de calefacción es un factor de 2,5 para una vivienda que tiene buena aislación térmica. Este es un resultado típico que ilustra cómo una buena aislación térmica, puede reducir el consumo tanto de calefacción y refrigeración de una vivienda y a la vez muestra cómo se dividen las pérdidas de energía en una vivienda típica.

Si a ello agregamos un buen diseño bioclimático, aberturas adecuadas, aleros parasoles, para aprovechar las posibilidades de calefacción pasiva del sol, buena ventilación, etc. reduciendo el calentamiento de interiores por incidencia solar directa en verano, el consumo de acondicionamiento térmico de una vivienda puede reducirse considerablemente.

En general podemos decir que con una construcción bioclimática adecuada se pueden llegar a obtener ahorros en refrigeración y en calefacción superiores al 50%. A medida que se aísla mejor la vivienda, las pérdidas de energía por renovaciones de aire se vuelven más importantes. Para disminuir estas pérdidas se puede utilizar un sistema de **ventilación con recuperación de calor**, también llamado intercambiador de aire, estos sistemas emplean una corriente cruzada de flujos de calor entre el aire de entrada y el de salida, en el cruce se intercambia calor, sin que los flujos se mezclen. El recuperador de calor permite una eficaz

renovación del aire interior sin derrochar el calor del aire interior.¹ La ventilación es importante porque sin ella, el aire en la vivienda se volvería viciado, húmedo, en general poco salubre y desagradable. [9] Una ventilación adecuada asegura aire puro dentro del hogar y que este cambie con la frecuencia suficiente para evitar que se vuelva viciado. Esto es particularmente importante en tiempo de epidemia o pandemia como se vivió en el mundo en 2020. Una tasa de ventilación típica para una vivienda es de una renovación de un volumen de aire igual al de la vivienda, una vez por hora. En edificios públicos o comerciales este valor es en general mayor.

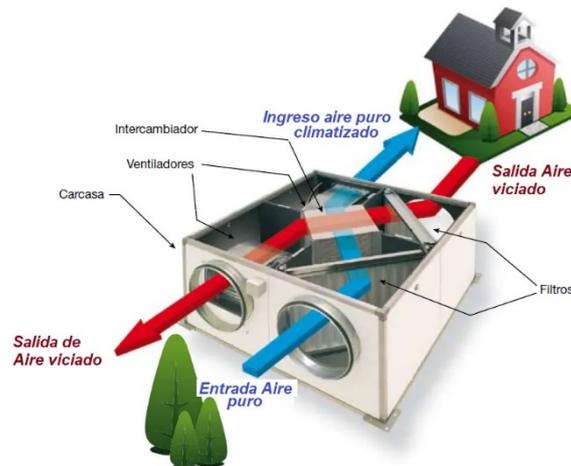


Figura 5. Sistema de ventilación con recuperación de calor.

El intercambio controlado de aire en el pasado no era un gran problema, porque las casas tenían muchas corrientes de aire debido a la forma en que estaban construidas. Al mejorar la aislación de la casa y reducir las infiltraciones de aire, las renovaciones se tienen que hacer *ad-hoc*. El problema es que, en una casa bien aislada, estas renovaciones de aire son costosas energéticamente, y muchas veces se vuelven el factor dominante del consumo, ver la parte derecha de la Figura 4.

Cuando calefacionamos en invierno, gran parte de aire que sale está caliente y el que viene del exterior está frío. En verano ocurre lo opuesto. Esto se visualiza claramente en la Figura 3. Para reducir esta pérdida de energía se pueden usar los sistemas de ventilación con recuperación del calor, como el que se ilustra en la Figura 5, que extrae aire de la casa y al mismo tiempo introduce aire fresco. Con estos sistemas se recupera hasta el 90% de la energía en el proceso de ventilación, que se traduce en ahorros de energía significativos. Estos sistemas ya se comercializan en el mercado local con precios que oscilan entre unos 600 USD a 1000 USD.

Alternativas de Refrigeración

Existen muchas alternativas de refrigeración de una vivienda, que lógicamente comienzan con un buen diseño y una correcta construcción adaptadas a las condiciones climáticas prevalentes en la región donde construimos.

además, hay varias formas de refrigeración pasivas, es decir no usan o minimizan el uso de energía para lograr un buen confort térmico (ver siguiente Figura).

¹Ventilación con recuperación de calor,
https://es.wikipedia.org/wiki/Ventilaci%C3%B3n_con_recuperaci%C3%B3n_de_calor



Figura 6. Algunas medidas de refrescamiento pasivo. Aleros en ventanas al norte y árboles de hojas caducas, que permiten el ingreso de sol en invierno, pero lo impiden en verano.

Refrigeración pasiva: entre ellas podemos mencionar:

- ✓ Buen diseño
- ✓ Adecuada aislación térmica de la envolvente
- ✓ Ventilación natural cruzada
- ✓ Aleros en las ventanas que permitan ingreso de radiación solar en invierno, pero lo impidan en verano (Figura 6).
- ✓ Vegetación en los entornos que impidan el ingreso de radiación solar en verano, pero lo permiten en invierno.
- ✓ Cortinas de madera o plástico en las ventanas (postigos).
- ✓ Otras medidas.

Ventiladores y climatizadores

Los ventiladores de pie o de techo son excelentes dispositivos de refrescamiento en días no muy cálidos. Tienen la ventaja que pueden usarse en recintos internos o externos (galerías, patios, etc.) y además tienen un bajo consumo: de 35 W a 100 W los más grandes, típicamente su potencia es entre 10 a 15 veces menor que los AA. [10], [11]

Otra alternativa es el uso de climatizadores evaporativos, como el que se muestra en la Figura 7. Al pasar el aire forzado de un ventilador por un filtro o rejilla húmeda, el agua se evapora y enfría el aire, de modo muy similar a como la brisa marina se enfría al soplar sobre el mar. Estos equipos son de bajo costo, un quinto o un cuarto de un AA estándar y además no requieren instalación. Desde luego, no se trata de un AA, solo es capaz de refrescar unos 3°C o 4°C, [12] pero para temperaturas inferiores a 30°C o 31°C es suficiente para sentirse confortable. Estos equipos son particularmente adecuados para zonas de clima seco, como Salta, Córdoba o la zona andina. En inglés estos equipos se designan como *chillers*, es decir son otro tipo de dispositivo, pero que generan bienestar. Usados adecuadamente, como complemento de los AA, son una herramienta útil para racionalizar y reducir los consumos de refrigeración en forma muy significativa.

Sus consumos energéticos son similares a un simple ventilador, [12], [13] es decir menos de un décimo de un AA típico. Pueden funcionar en el exterior como en el interior de una vivienda. Para viviendas de bajos recursos, esta característica hace que sean particularmente adecuados, ya que muchas veces esas viviendas no tienen buena aislación térmica, con lo que los aires acondicionados, además de consumir mucho, no tienen su mejor comportamiento y rendimiento.



Figura 7. Climatizador evaporativo para refrigeración. A la derecha se ilustra su funcionamiento, por una rejilla húmeda, se fuerza con el ventilador una corriente de aire caliente del medio. El agua de la rejilla se evapora absorbiendo calor, por lo que el aire se enfría y es impulsado al exterior. Así se genera un flujo de aire algunos grados más fríos que el entrante. Muy adecuado para climas secos, pero aun en el AMBA funcionan adecuadamente.

A nivel individual, es decir de una familia, es clara la ventaja de usar estas pautas de uso racional de la energía en refrigeración; o sea usar ventiladores o climatizadores evaporativos para temperaturas inferiores a 29°C o 30 °C, por su impacto en las facturas de energía. A nivel nacional y global estos ahorros son muy importantes y significativos como se verá en la Figura 9. El incremento de demanda por el incremento de 1°C, es de 340 MW/°C. Esto es equivalente a encender una central eléctrica como Atucha I por cada grado de incremento de temperatura por encima de los 23°C.

Aires acondicionados

La mayoría de los AA en uso en todo el mundo se basan en sistemas de compresión de vapor. Esta tecnología de refrigeración también se utiliza en los refrigeradores o heladeras. Esta tecnología se basa en que cuando un líquido se convierte en vapor (en un proceso llamado evaporación) se absorbe calor. Cuando el vapor se condensa de nuevo (a líquido), libera calor. Los AA aprovechan este fenómeno físico de conversión de fase, forzando compuestos químicos especiales, conocidos como refrigerantes, para evaporarse y condensarse repetidamente en un circuito cerrado de serpentinas. La gran mayoría de los refrigerantes que se usan actualmente son gases artificiales, mucho de ellos con un importante potencial de calentamiento global.

La tecnología de los AA ha variado grandemente a lo largo del tiempo. Además, existe muy buenos sistemas de etiquetado en eficiencia energética de estos equipos que permite conocer sus consumos energéticos y sus respectivas eficiencias. Desde luego, no hay dudas de que el buen uso de equipos más eficientes son un importante elemento de ahorro de energía, por lo que actualizar periódicamente los sistemas de etiquetado en eficiencia energética debería ser un proceso de acción permanente, como así también establecer estándares mínimos de eficiencia energética (MEPS por su sigla en inglés), de manera que el parque nacional de equipos mejore su eficiencia.

Un acondicionador de aire con *inverter* nunca apaga su compresor; en cambio, ajusta la carga según la temperatura de la habitación. Esto significa que no siempre funciona a plena potencia, que lo convierte en un aparato que ahorra más energía que un aire acondicionado sin inversor.

Los AA tradicionales, *sin Inverter*, al igual que las heladeras tradicionales, funcionan con compresores que se encienden y apagan intermitentemente. Para mantener fresca la temperatura de una habitación, el compresor funciona a plena potencia hasta alcanzar la temperatura deseada. Luego se apaga hasta que la temperatura sube algunos grados del valor prefijado en el termostato, y se vuelven a encender para recuperar la temperatura deseada, a plena potencia. Por otra parte, en los equipos con *inverters*, el compresor funciona de modo continuo para mantener la temperatura. Solo se modula la intensidad de su funcionamiento. Un equipo con *inverter* puede mantener la temperatura deseada ahorrando entre 35% al 50% de energía de otro equivalente convencional. [14], [15] De igual modo, los AA comerciales, han venido mejorando su eficiencia en modo sostenido en las dos últimas décadas. Pero para que estas mejoras tecnológicas tengan un impacto directo en el consumo general, es necesario contar con un escenario propicio y especial. Actualmente en Argentina está vigente la Norma IRAM 62.406/2007, según la Resolución Nº 228/2014 de la Secretaría de Energía de la Nación.

Desde ya, un buen diseño que impida la **entrada de radiación directa** en los días de verano es fundamental, como así también una **buena aislación térmica de la envolvente**, reducción de la **infiltración de aire del exterior**, **correcto ajuste de los termostatos**, limitar sus tiempos de uso, etc. En síntesis, la racionalización en el uso y condiciones de contorno son esenciales para poder aprovechar las mejoras en eficiencia. En la Tabla 1 se indican de manera esquemática los costos asociados a la adquisición, instalación y funcionamiento de los equipos descritos previamente. El costo de la energía se tomó como 15 \$/kWh, que es cercano a las nuevas tarifas en el AMBA para 2023, incluyendo impuestos y cargos fijos. Se tomaron los valores de los costos de mercado y se adoptó un valor de USD igual a 200 pesos. Tomamos como referencia el costo a 10 años, que es en promedio la vida media de estos equipos. Como los valores de energía se pagan a lo largo de 10 años, ellos fueron reducidos a valores presentes con una tasa de descuento del 5%. En costo nivelado de un servicio energético, [16] es un parámetro que tiene en cuenta el costo inicial de los equipos, su costo de operación y mantenimiento (energía) y es un buen indicador del costo del servicio.

Artefacto	Potencia Unitaria [W]	Costo Inicial equipos USD	Costo energía en 10 años USD	Costo Nivelado a 10 años USD
Ventilador Techo	50	\$ 160	\$ 19	\$ 179
Climatizador	50	\$ 120	\$ 19	\$ 139
AA_inv (2300 Frig)	670	\$ 800	\$ 249	\$ 1.049

Tabla 1. Costos iniciales, incluyendo instalación de tres equipos de refrigeración. Los costos de la energía a 10 años fueron reducidos a valores presentes con una tasa de descuento del 5%. Se supone que usamos el AA con el termostato a 25°C, por 61 días al año por 10 horas diarias. Este número de días y horas también se aplica a los otros equipos. El costo nivelado [17] a 10 años es la suma del costo inicial y el de la energía por 10 años reducido a valores presentes.

Medidas de Refrigeración de Bajo Costo

Como se discutió antes, las mejoras en el diseño de una vivienda, su adecuada aislación térmica de la envolvente, etc. son cruciales para una reducción apreciables de los consumos de energía para su acondicionamiento térmico. Sin embargo, en una vivienda ya construida, estas mejoras nos siempre son posibles.

La experiencia con auditorias de viviendas en Argentina [18] y en otros lugares, [19] muestra que es posible realizar reducciones importantes en consumo de energía para el acondicionamiento térmico de una vivienda, mejorando las condiciones de confort de sus habitantes, con medidas de racionalización y eficiencia de bajo costo.

Estas medidas pueden aportar ahorros de energía en calefacción y refrigeración, que típicamente pueden ir del 30% al 60% del consumo en estos usos.

Medidas de bajo costo de refrigeración

La refrigeración de interiores en Argentina es un consumo energético importante, que representa cerca del 20% de la demanda eléctrica residencial y una fracción aún mayor del sector comercial. Desde luego en la región centro-norte de nuestro país su uso tiende a incrementarse. [20] Este consumo se concentra en los días de mayor calor, representado por el área verde, de la Figura 1, esta área representa lo que denominamos Exceso Grado Día (EGD) y determina la demanda de energía para refrigeración. Es un parámetro análogo al Déficit Grado Día (DGD) para la calefacción. Como en el caso de la calefacción; la magnitud de la energía usada para refrigerar una vivienda, como así mismo la longitud del tiempo que se refrigera, depende en forma muy crítica de la temperatura a la que se fija el termostato, T_{Ref} , como ilustra la Figura 2.

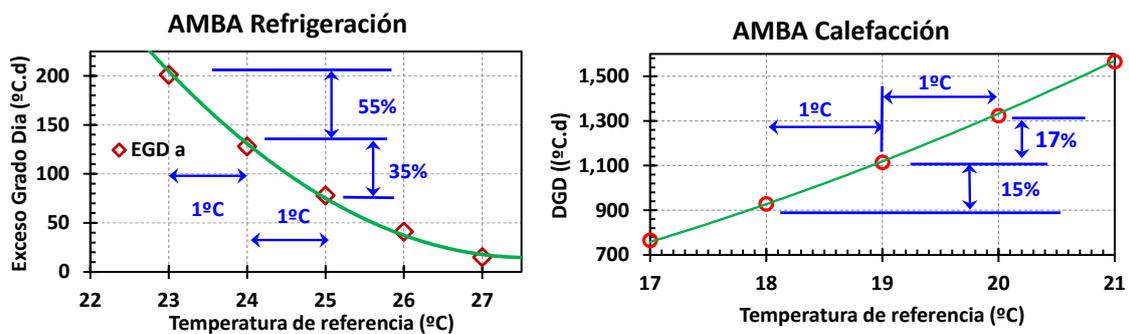


Figura 8. Variación del EGD (izquierda) y del DGD (derecha) en función de la temperatura de referencia T'_{Ref} (termostato). La reducción en consumo por variación de 1 °C en la temperatura de referencia o del termostato es del orden del 30% en AMBA para el verano y de cerca del 15% en invierno.

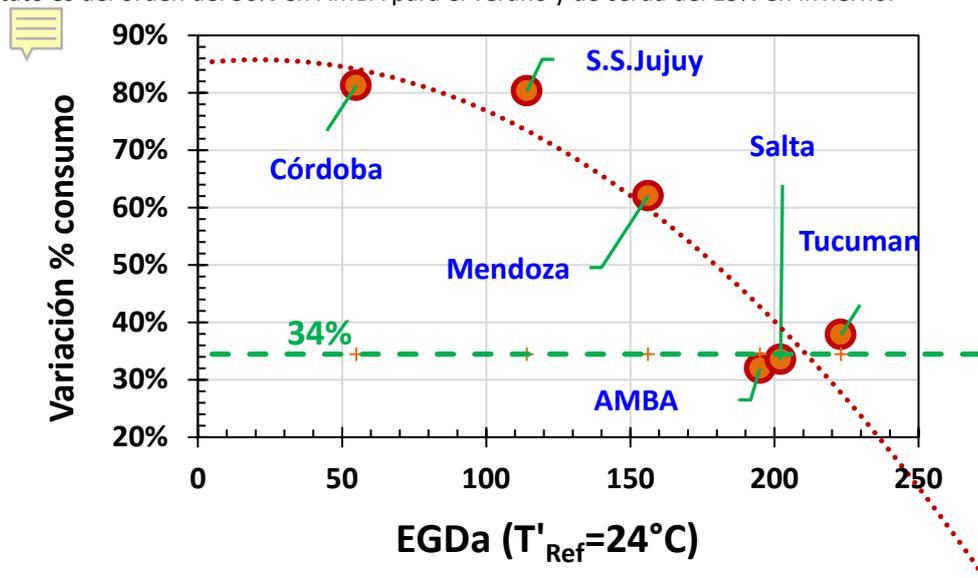


Figura 9. Ahorros porcentuales de energía por variación de 1°C en la regulación del termostato de un AA para distintas ciudades de Argentina. Para este análisis se usó una temperatura de referencia de $T_{Ref}=24^{\circ}\text{C}$.

La energía usada en refrigeración en un determinado día es proporcional a la diferencia de temperatura entre el interior y exterior, ($T_{med} - T_{int}$), y la magnitud de esta energía varía en forma muy considerable con la temperatura de ajuste o regulación del termostato, es decir T_{int} . Si este valor se sube en 1°C (de 24°C a 25°C) en promedio el ahorro es del orden del 30% o mayor, en la varias ciudades de Argentina, ver Figuras 8 y 9. Además, como se vio en las Figuras 1 y 2, al aumentar la temperatura a la que se comienza a usar el AA, el número de días u horas que se requiere encender los equipos se reducen notable. [21] [6]

En base a lo discutido, surge de modo natural, que **la regulación de termostatos** es una herramienta poderosa para racionalizar el consumo de refrigeración. En este sentido, sería conveniente como primera medida, generar pautas o recomendaciones a los usuarios, similares a las que realiza el Departamento de Energía de los EE.UU. (DOE). [22] que recomienda fijar dicha temperatura en 26°C. En Argentina, según el Decreto 140/2017 este valor se fijó en 24°C.

	T_Termost	EGD Días. Grados	Consumo Eléctrico kWh/año	Enciende si T>	Ahorro %
Casa Conv.	24°C	201	615	24°C	Caso de Referencia
Casa con Envolv. Mejor	24°C	201	245	24°C	60%
Casa Conv.	25°C	131	401	25°C	35%
Casa con Envolv. Mejor	25°C	131	159	25°C	74%
Casa Conv.	25°C	29	141	30°C + Ventil.	77%
Casa con Envolv. Mejor	25°C	29	88	30°C + Ventil.	86%

Tabla 2. En la 4 columna de esta tabla se indican los consumos de refrigeración de dos viviendas tipo, ilustradas en la Figura 4. La primera columna indica la condición de uso. La segunda columna la temperatura del termostato. La quinta columna las condiciones térmicas a la que se encienden los equipos de AA. La última columna indica los potenciales ahorros de energía anual relativa al escenario de la segunda fila (caso de referencia). Las dos últimas filas indican la situación en la que los AA se encienden solo cuando la temperatura excede 30°C. Entre 25°C y 30°C se usa ventilador o climatizador. Aun en una vivienda convencional, los ahorros de energía en refrigeración pueden ser del orden del 77%.

Los resultados mostrados en Tabla 2, justifican adicionalmente la estrategia de usar en verano un ventilador, [11] cuando la temperatura sea entre 25 °C y 30°C y el aire acondicionado cuando la temperatura supera los 30°C. Dado que un ventilador en general tiene un consumo del orden de 1/14 de un AA (Ver Tabla 1), podrían alcanzarse valores de ahorro en refrigeración cercanos al 80 % en la zona central de Argentina, sin perder condiciones de confort. Los ventiladores y climatizadores producen una sensación de descenso de la temperatura de entre 3 °C y 5 °C.

A nivel individual, es decir de una familia, es clara la ventaja de usar estas pautas de uso racional de la energía en refrigeración; o sea usar ventiladores o climatizadores evaporativos para temperaturas entre 25 °C y 30°C, por su impacto en las facturas de energía. A nivel nacional y global estos ahorros son muy importantes y significativos como se ve en la Figura 10. El

incremento de demanda por el incremento de 1°C, es de 340 MW/°C. Esto es equivalente a encender una central eléctrica como Atucha I por cada grado de incremento de temperatura por encima de los 23°C.

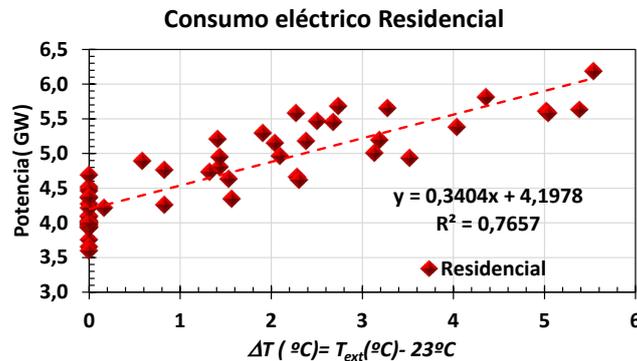


Figura 10. Variación del consumo eléctrico (potencia demandada) residencial nacional con la variación de temperatura. Aquí el exceso de temperatura se tomó respecto de $T_{ext}=23^{\circ}C$, es decir $\Delta T=T_{ext}-23^{\circ}C$. Como se ve, el incremento de demanda por el incremento de 1°C, pendiente de la recta de ajuste, es de 340 MW/ °C, equivalente a encender una central eléctrica como Atucha I por cada grado de incremento de temperatura. Fuente de datos: CAMMESA [23]

Claramente, medidas de eficiencia en el uso de la refrigeración, como las mencionadas anteriormente, tendrían una ventaja muy notable para asegurar el suministro eléctrico en los días más calurosos cuando la demanda es mayor. Asimismo, como una fracción importante de la demanda residencial es subsidiada por el estado, una reducción en el consumo de las familias sería de mucho interés para el erario público. Desde luego, las reducciones en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) también serían muy importantes.

Otras medidas de bajo costo y simples de implementar son el uso de ventanas con postigos o cortinas con lamas oscilantes y ventanas con aleros como se ve en la Figura 11. Estas son soluciones bien conocidas, que permiten aprovechar la luz diurna, el ingreso de radiación en invierno y reducirla en verano. Lamentablemente, en los últimos 20 años, las modas arquitectónicas locales, las han venido suprimiendo sistemáticamente. Adicionalmente, disponer de un árbol de hojas caducas frente a una ventana orientada al norte, puede servir para dar sombra en verano y dejar pasar el sol en invierno. Estas soluciones simples y de bajo costo pueden reducir considerablemente la necesidad de AA en una vivienda.

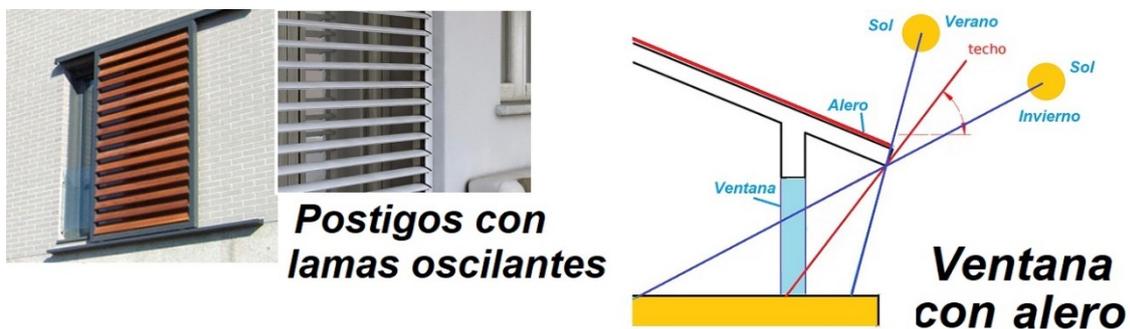


Figura 11. A la izquierda, ejemplos de postigos o cortinas con lamas basculantes. A la derecha, uso de alero para disminuir la radiación solar en verano, pero aprovecharla en invierno, para una ventana orientada al norte.

Durante las noches cuando dormimos, baja la temperatura corporal de la parte central del cuerpo y el calor se irradia predominantemente por las extremidades. Varios estudios indican la mejor temperatura para dormir, con pijamas y una manta entre 16°C y 20°C y de ~30°C si se

está desnudo o descubierto. [24] Esto sugiere que una estrategia de ahorrar energía a la noche es poner la temperatura baja, digamos 16°C, en invierno y usar una buena cobertura (mantas y pijamas). En verano, con cobertura liviana (sábana), a una temperatura de ~27°C, podremos dormir cómodos. Otra estrategia sería en los días de verano, usar ropa liviana y con un simple ventilador es probable que podamos dormir cómodamente aun en los días de mayor calor en la zona central de Argentina. Estas simples estrategias, pueden ahorrar muchas horas de aire acondicionado y calefacción.

Algunas sugerencias para reducir los consumos de los aires acondicionados:

- ✓ Si la temperatura es inferior a unos 30°C, use un ventilador o un climatizador. Consume entre 15 a 20 veces menos que un AA.
- ✓ De noche, si hace mucho calor, considere usar un ventilador o un climatizador. Evite usar un AA en la noche, además de exponerse a un resfriado, tendrá un consumo muy alto de energía
- ✓ Si su AA es muy antiguo, más de 8 años, considere reemplazarlo. Se recomienda reemplazar aquellos equipos antiguos que no venían etiquetados, o que estén marcados con las letras B, C, D, E. El cambio puede resultar costoso, pero hoy se puede financiar con tarjeta de crédito hasta en 30 cuotas fijas con tasa subsidiada.
- ✓ De ser posible, adquiera los AA de mayor eficiencia A+ o A++ con **Inverter**. Estos equipos, pueden ahorrar entre el 35% al 50% de energía comparado con los más antiguos.
- ✓ Instale la unidad interior de un aire acondicionado (evaporador) a la altura de 1,80 a 2 metros, ya que el aire frío tiende a bajar.
- ✓ Use el termostato en verano a 25°C o mejor a 26°C, si el día es cálido, esta es una temperatura muy adecuada si se está con ropa liviana. Por cada grado más bajo que coloque el termostato del AA, su consumo aumenta en un 30%. Así un AA a 24°C consume cerca del 50% más que el mismo AA a 26°C.
- ✓ Mantenga una diferencia de temperatura entre el exterior y el interior **inferior** a unos 10°C (o mejor menor a unos 8°C). Saltos mayores de temperatura pueden causar shocks térmicos muy perjudiciales para las personas con problemas respiratorios, pero en general nos exponen a que nos resfriemos aun en verano.
- ✓ No trate de "apurar" bajando grados, no lo ponga su AA a 20°C para que enfríe más rápido. Si se lo fija en 26°C el equipo automáticamente detecta que la temperatura es superior a este valor y funcionará a máxima potencia hasta alcanzar esa temperatura, sin riesgo de terminar enfriando en exceso.
- ✓ Limpie los filtros. Se sugiere realizarlo al menos una vez al mes en el verano. Los filtros están sucios y obligan al equipo a funcionar más forzosamente lo que aumenta el consumo.
- ✓ Mantenga los ambientes bien aislados térmicamente. Además de cerrar puertas y ventanas, bloquee también todas las hendijas y grietas por las que pueda haber infiltraciones de aire. Asegúrese de que los burletes estén en buenas condiciones. Casi un 30 % al 40% del calor entra por pequeñas rendijas en ventanas, taparrollos y en los cerramientos de las puertas, así como por las grietas de una carpintería de poca calidad o dañada.

- ✓ Restringe el ingreso de luz solar en forma directa por las ventanas. Los rayos de sol que entran directamente en el hogar contribuyen a caldear los ambientes. En realidad, una ventana de vidrio expuesta al sol forma un invernadero. Un caso similar a lo que ocurre en un auto que se deja al sol. Una planta (árbol o enredadera) de hojas caducas en ventanas por donde entra el sol puede entrar en forma directa en los días de verano. Lo mismo puede lograrse con postigos o persianas con lamas variables.

CONCLUSIONES

Hay muchas acciones que pueden adoptarse y permitirían disminuir los consumos en refrigeración, a la par de reducir las facturas de los usuarios y mitigar las emisiones de GEI.

Existe un gran consenso, en que mejoras en la aislación térmica de edificios y viviendas, tendría un impacto muy significativo en el consumo de energía. Utilizando tecnologías disponibles actualmente y que se encuadran en las normativas de IRAM 11.900 sobre aislación térmica de envolventes, los ahorros de consumos estarían en el orden del 50% al 65% tanto en calefacción como en refrigeración.

Sin embargo, hay muchas medidas de bajo costo, que son posibles de adoptar que pueden aportar ahorros significativos, como son: Usar ventiladores o climatizadores cuando las temperaturas son inferiores a los 30°C. Colocar los termostatos de los AA a 25°C o mejor a 26°C. Evitar el ingreso directo de radiación solar por las ventanas y aberturas en los días de verano. Si hay que cambiar de AA, hay que fijarse en la etiqueta de eficiencia energética. Es decir, adquirir en lo posible, equipos con etiqueta de eficiencia energética A+ o A++, ambos con inverter.

Referencias

- [1] S. H. Hong and et al., "Thermal Comfort, Energy and Cost Impacts of PMV Control Considering Individual Metabolic Rate Variations in Residential Building," *Energies*, vol. 11, p. 1767, 2018.
- [2] AREN, "AREN 3050 Environmental Systems for Building I. Prediction Thermal Comfort," 2015. [Online]. Available: <http://ceae.colorado.edu/~brandem/aren3050/>.
- [3] Wikipedia, "Thermal comfort," 2022. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_comfort.
- [4] M. Santamouris, "Cooling the buildings – past, present and future," *Energy Build.*, vol. 128, p. 617–638, 2016.
- [5] International Energy Agency, OECD/IEA, 2018.
- [6] R. Prieto and S. Gil, "Regulación del termostato: un modo simple y racional de ahorrar energía en calefacción y refrigeración," *Petrotectnia*, vol. LV, no. 5, pp. 102-104, Dic. 2014.
- [7] U.S. Energy Information Administration, "Degree days," 2022.
- [8] BIZEE Degree Day, "Degree Days Calculated Accurately for Locations Worldwide," 2020. [Online]. Available: <https://www.degree-days.net/>.
- [9] Soler & Palau Ventilation Group, "Sistemas de VMC de doble flujo, ahorro energético en el hogar," 2012. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=Swk9Azt0bNg>.
- [10] M. André and et al., "users' assessment of personal fans in a warm office space in Brazil," *J. of Eng. Research (TJER)*, vol. 18, no. 2, pp. 62-71, 2021.
- [11] S. Omrani and et al., "Ceiling fans as ventilation assisting devices in buildings: A critical review," *Building and Environment*, vol. 201, p. 108010, August 2021.
- [12] Department of Energy USA, "Evaporative Coolers," DOE, 202. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/energysaver/home-cooling-systems/evaporative-coolers>.

- [13] P. Dutt and T. Thamm Gowda, "An Investigative Review on Recent Developments in Refrigeration by Evaporative Cooling," *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, vol. 23, no. 6, pp. 289-292, May 2015.
- [14] Daikin, "What's an inverter?," 2020. [Online]. Available: https://www.daikin.com/corporate/why_daikin/benefits/inverter/.
- [15] M. Yong and a. et., "Experimental study on comparison of energy consumption between constant and variable speed air-conditioners in two different climates," Sapporo, Japan, 2018.
- [16] B. Jullier, R. Prieto and S. Gil, "Costo Nivelado de los Servicios Energéticos," *Revista Energías Renovables y Medio Ambiente*, no. Reunión anual de ASADES-Catamarca Nov. 2022, pp. 1-10, 2022.
- [17] B. Jullier, R. Prieto and S. Gil, "Costo Nivelado de los Servicios Energéticos, Reflexiones sobre un sistema inteligente de etiquetado en eficiencia," *Revista Energías Renovables y Medio Ambiente*, pp. 1-12, Oct 2022.
- [18] R. Zavalia Lagos, L. Iannelli and G. Salvador, Consumos Claves, ¿Cuáles son los principales consumos domésticos en Argentina?, vol. Nov.2020, Buenos Aires: Instituto Argentino de la Energía (IAE), 2020.
- [19] DOE- USA, "Reducing Electricity Use and Costs," DOE, 2020. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/energysaver/save-electricity-and-fuel/appliances-and-electronics/reducing-electricity-use-and-costs>.
- [20] UN Environment , "Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners," UN Environment – Global Environment Facility, United for Efficiency (U4E), NY, 2019.
- [21] T. Hoyt, E. Arens and H. Zhang, "Extending air temperature setpoints: Simulated energy savings and design considerations for new and retrofit buildings," *Building and Environment*, vol. 88, pp. 89-96.
- [22] DOE-USA, "Thermostat," 2020. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/energysaver/thermostats>.
- [23] CAMMESA, "CAMMESA - DEMANDA TOTAL PASO MENSUAL," 2020. [Online]. Available: <https://portalweb.cammesa.com/>.
- [24] S. Onen and A. et , "Prevention and treatment of sleep disorders through regulation] of sleeping habits," *Presse Med.* 1994 Mar 12;23(10):485-9., vol. 23, no. 10, pp. 485-489, Mar 1994.