

Estrategias de ahorro energético en hogares: ¿termotanque eléctrico o gas?

(Thermal and cost assessment for using common electrical or gas water heaters in homes)

Luis E. Juanicóⁱ y Italo Boveⁱⁱ

Resumen

Se presentan novedosas estrategias de ahorro energético utilizando termotanques eléctricos hogareños con las que obtienen ahorros significativos, desde 675 kWh/año para un único usuario hasta 2.490 kWh/año para una familia de siete miembros, que se traducen (tarifa 3 \$/kWh) en \$ 2.000 y \$ 7.500 al año. Instalando tres termotanques: uno compacto 20 litros en cocina a 50 °C, **otro de 50 litros a 45 °C en un baño, ambos con reloj programador** y desconexión nocturna, y otro de 150 litros en otro baño (apagado y con encendido remoto) el consumo anual de esta familia se reduce a \$ 14.000 contra \$ 21.500 de la configuración básica (un termotanque 150 litros siempre a 75 °C). Se discute la conveniencia del uso de termotanques eléctricos o gas (natural o envasado). El costo anual de combustible con gas natural (4 \$/m³) o envasado (50 \$/kg) para esta familia asciende a \$ 4.400 y \$ 55.000, respectivamente; no obstante incluyendo otros costos asociados para equipos instalados dentro del hogar (mantenimiento y seguridad, \$ 12.500 anuales) la comparación favorece a la mejor opción eléctrica. Esta conclusión podría cambiar el paradigma a favor del gas natural en hogares, y concientizaría sobre sus riesgos.

Palabras clave: Modelado térmico; demanda de agua caliente; calentadores de agua hogareños.

ⁱ Instituto Andino Patagónico de Tecnologías Biológicas y Geoambientales, Argentina. juanico@comahue-conicet.gov.ar

ⁱⁱ Laboratorio de Energía Solar, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay. italo@fing.edu.uy

Abstract

This work presents new strategies for energy efficiency regarding the water-storage household heater. This way, significant energy savings were achieved ranging from 675 kWh/y for a single dweller to 2.490 kWh/y for a seven-person family. For this last case, it is proposed to use three water heaters (instead of the large 150liters@75°C heater): a compact (20 liters@50°C) in the kitchen, one average (50liters@45°C) in a bathroom and the 150liters one for backup in the other bathroom. So, and using a timer (disconnected 8 hours per day) in every heater the annual consumption is reduced from 7.140 kWh to 4.650 kWh. Finally, this case is compared with using a single 150liters@75°C heater fueled by natural gas. Although the fuel cost of natural gas is about one third of electricity, the electrical heater becomes 25 % lower cost by including other costs (maintenance&security issues) related of using gas within homes.

Keywords: Thermal modeling; sanitary hot water demand; household water heaters.

Introducción

Un termotanque eléctrico calienta el agua con una resistencia eléctrica (eficiencia 100 %) y la almacena en un tanque térmicamente aislado. Su consumo representa el 33 % del total en la mayoría de los hogares argentinos, llegando al 75 % en hogares de bajos recursos (sin climatización) (Rosenfeld 2003; González, 2007; Gil, 2009; Iannelli, Prieto y Gil, 2016). En estos últimos hogares (sin gas natural, 35 % del país) siendo el precio del gas envasado 22 veces mayor al gas natural, sería conveniente utilizar electricidad para solventar este importante gasto hogareño, como discutiremos luego.

Dado este contexto socioeconómico y cultural, y siendo muy importante el ahorro energético que permite un termotanque eléctrico, en este trabajo se estudiarán diferentes configuraciones y se cuantificarán estrategias de ahorro que requieren modestas inversiones. Finalmente, se calcularán los costos asociados de calentador a gas y se compararán con la solución eléctrica.

Modelo térmico del termotanque

El modelo térmico del termotanque ha sido desarrollado anteriormente y será presentado resumido (Juanicó y Bove, 2019). Cabe acotar que por su simplicidad intrínseca (conservación de la energía térmica en recipiente cerrado) su formulación no conlleva dificultades. Las ecuaciones siguientes (1-7) permiten calcular:

- 1) El tiempo de precalentamiento (Dt_{precal}) necesario para calentar el termotanque (de masa de agua M_{tanque} , y potencia calefactora P_{cal}) un salto de temperatura, DT_{cal} .
- 2) La potencia de stand-by (manteniendo temperatura constante, T_{tanque}) para un termotanque en ambiente (T_{amb}) de aislación con transmisividad térmica U .
- 3) La energía consumida por stand-by.
- 4) La energía consumida para calentar una masa de agua (para un baño, M_{agua}) a la temperatura de baño, $T_{\text{baño}}$, desde la temperatura de red domiciliaria, T_{red} .
- 5) La “masa de agua equivalente” (M_{eq}) a temperatura de baño, obtenida mezclándolo con agua fría.
- 6) El número de baños consecutivos disponibles (a $T_{\text{baño}}$).
- 7) La eficiencia global del termotanque, cociente de la energía útil y el total (sumando stand-by) consumido.

$$Dt_{\text{precal}} = C_{\text{agua}} M_{\text{tanque}} DT_{\text{cal}} / P_{\text{cal}} \quad (1)$$

$$P_{\text{stand-by}} = U A_{\text{tanque}} (T_{\text{tanque}} - T_{\text{amb}}) \quad (2)$$

$$E_{\text{stand-by}} = P_{\text{stand-by}} Dt \quad (3)$$

$$E_{\text{consumo}} = C_{\text{agua}} M_{\text{agua}} (T_{\text{baño}} - T_{\text{red}}) \quad (4)$$

$$M_{\text{eq}} = M_{\text{agua}} (T_{\text{baño}} - T_{\text{red}}) / (T_{\text{termo}} - T_{\text{red}}) \quad (5)$$

$$N^{\circ} \text{ baños} = M_{\text{tanque}} / M_{\text{eq}} \quad (6)$$

$$\text{Eficiencia global} = E_{\text{consumo}} / E_{\text{eléctrica}} \quad (7)$$

Primera estrategia de ahorro: regulando termostato

Comenzemos señalando que un termotanque a máxima temperatura (75 °C) pierde 5,5 veces más calor que otro al mínimo (30 °C) en un ambiente a 20 °C (temperatura del hogar), siendo que el salto térmico involucrado será 5,5 veces mayor en el primer caso (55 °C vs. 10 °C) y las pérdidas de calor proporcionales a éste (ecuación 2). Esta diferencia explica que el primer equipo necesitará encender su resistencia eléctrica con una frecuencia 5,5 veces mayor para mantener su temperatura (consumo “stand-by”). Nótese que este consumo stand-by es independiente del consumo directo de la demanda de agua caliente. Sin embargo, el usuario promedio es reticente a adoptar esta estrategia (fijar termostato a 30 °C), ya que debería esperar un tiempo de precalentamiento antes de cada uso. Por ejemplo, un baño confortable requiere en promedio 50 litros a una temperatura de 45 °C, y 50 °C para lavar vajilla (Vieira, Beal y Stewart, 2014). La ecuación (1) calcula este precalentamiento (C_{agua} calor específico del agua). Como ejemplo, un termotanque de 1.500 W de 50 litros (50 kg) requerirá 35 minutos para calentar 15 °C. Este lapso puede ser demasiado para el usuario promedio y le impulsará a dejar el termostato a máxima temperatura, dando un mayor gasto de stand-by.

Notemos que un termotanque del doble de potencia tardaría la mitad de precalentamiento, pero todos los modelos utilizan una resistencia de 1.500 W porque el fabricante desea que su equipo pueda ser instalado en la mayoría de los hogares, muchos con cables de pequeña sección. Por esto descartaremos el aumento de la potencia y consideraremos sólo la capacidad del termotanque y la temperatura de termostato. La capacidad del termotanque es una variable útil, siendo que un termotanque pequeño reducirá el tiempo de precalentamiento y también las pérdidas de calor debido a su menor área, pero por el contrario posee poca capacidad para satisfacer una gran demanda de agua caliente.

Como regla general se suelen utilizar aislaciones de 5 cm de fibra de vidrio en termotanques viejos o de poliuretano inyectado en los nuevos, que proporcionan una transmisividad térmica (U) de 0,8 y de 0,6 W/(m².°C), respectivamente. Multiplicando este coeficiente por el salto de temperaturas entre el tanque y el ambiente, y por su superficie, A_{tanque} , se calcula la potencia de pérdidas stand-by (ecuación 2). Así, si por ejemplo mantenemos a 75 °C un tanque viejo de 150 litros (ambiente a 20 °C), la potencia stand-by es de 77 W. Parece modesta, pero sostenida continuamente origina un consumo de 675 kWh/año, mientras que a 30 °C es de 123 kWh/año. Con la tarifa eléctrica residencial de Buenos Aires (3 \$/kWh), estas

pérdidas representan \$ 2.000 y \$ 350, de donde se obtiene un ahorro anual de \$ 1.650 por fijar el termostato a 30 °C y anticipar el consumo 104 minutos (hasta 45 °C).

Resultados

Con el modelo desarrollado vamos a calcular la eficiencia global del termostato y su consumo en función de diversos parámetros:

- 1) Número de personas (pax);
- 2) Temperatura termostato (desde apagado, 20 °C, hasta máximo, 75 °C);
- 3) Capacidad (litros o kg) del termostato;
- 4) Calidad de la aislación térmica (caracterizada por el coeficiente U).

Consideraremos las siguientes hipótesis de trabajo:

- Temperatura ambiente constante de 20 °C.
- Temperatura de red domiciliar (agua fría) de 18 °C constante.
- Consumo diario por persona de un baño (50litros@45°C) y 5litros@50°C para lavar.
- Consideraremos tanques cilíndricos de 0,4 m diámetro y altura variable, ó cuadrados (diámetro = altura) en tanques pequeños.
- Aislación “antigua”, $U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$ o “moderna” $U = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{°C})$

Configuración I: Una persona y un gran termostato antiguo de 150 litros

Esta configuración puede considerarse “extrema” ya que maximiza el consumo stand-by, pero ofrece algunas estrategias interesantes ya que este usuario solitario tiene la oportunidad de anticiparse a todos los consumos. Se observa en los resultados (Tabla 1) que la estrategia de mantener “por las dudas” el termostato a 75 °C conduce a una muy pobre eficiencia global (49 %) y a malgastar 675 kWh anuales. Una solución “racional” (termostato a 50 °C) mejoraría la eficiencia global (63 %) y reduciría el consumo stand-by anual a la mitad. Siguiendo esta tendencia, recomendamos mantener apagado el termostato durante largos períodos sin consumos (descanso nocturno o trabajo) para minimizar el consumo stand-by; si bien requerirá un largo precalentamiento (173 minutos), este usuario podría anticiparlo mediante algunas simples estrategias:

- 1) Encender el termostato tres horas antes de bañarse.
- 2) Si prefiere un baño matinal, puede utilizar un temporizador para programar el encendido; su modesto costo (\$ 150) se amortizaría en un mes.

- 3) Una solución más sofisticada consiste en utilizar un “switch digital de enlace wifi” (\$ 500) para encenderlo remotamente (por ejemplo, desde el trabajo); su inversión se amortiza en seis meses.

Nótese que una persona gasta en promedio 55 litros de agua caliente diarios y este usuario estaría calentando 95 litros extras. Por ello, otra solución es sustituir este gran termotanque por otro pequeño si el usuario no es afecto a “predecir” su consumo. Es claro que cuanto más pequeño sea éste menores serán las pérdidas stand-by, pero también es cierto que un termotanque muy pequeño debería permanecer sobrecalentado para satisfacer la demanda de un baño (ver Tabla 2). Consideremos dos casos:

- A) termotanque de 50 litros con termostato a 50 °C.
B) termotanque de 25 litros con termostato a 70 °C.

Observamos de Tabla 2 que un nuevo termotanque de 50 litros pierde por stand-by 118 kWh/año ó \$ 350, mientras que el de 25 litros pierde 124 kWh/año ó \$ 370; la diferencia es mínima y posiblemente su menor precio (\$ 5.000 y \$ 4.000) incline la balanza a favor del menor. Por último, nótese que ambas opciones obtienen un ahorro anual (\$ 750) que permite amortizar la inversión en 6,7 ó 5,5 años con la tarifa porteña (3 \$/kWh), período que se reduce a la mitad en algunas provincias donde la tarifa duplica la anterior.

Tabla 1. Termotanque 150 litros según termostato (1 pax).

Termostato (°C)	Estand-by anual (kWh/\$)	Tiempo precal. (min)	Eficiencia Global
20	---	173	100 %
30	123 / \$ 370	104	84 %
45	307 / \$ 900	---	68 %
50	368 / \$ 1.100	---	63 %
75	675 / \$ 2.000	---	49 %

Tabla 2. Tiempo de precalentamiento a 45 °C (con termotanque apagado).

Capacidad (litros o kg)	Tiempo precal. (min)
25	29
50	58
80	92
100	116
150	173

Configuración II: Familia tipo de tres integrantes y único termotanque

Estudiaremos la capacidad óptima de un nuevo termotanque, sabiendo que uno grande sufre grandes pérdidas y uno pequeño no permitirá el baño consecutivo de todos los usuarios (tres). Además, deberemos ahora considerar que es necesario disponer siempre de agua caliente para otros usos (50 °C). Realizando un estudio de sensibilidad, observamos que uno de 80 litros brinda la solución óptima siendo su consumo stand-by 500 \$/año (a 50 °C) y disponiendo 1,9 baños consecutivos (tres a 65 °C). Por último, nótese que esta solución obtiene alta eficiencia global (92%) debido a que satisface una mayor demanda útil y entonces las pérdidas de stand-by representan un menor peso relativo. Si comparamos la mejor solución (termostato fijado a 50 °C y subirlo a 65 °C sólo para un baño familiar) contra el uso de un gran termotanque de 150 litros fijado a 75 °C obtenemos un ahorro de \$ 1.500 al año, que se incrementan a \$ 1.700 si (utilizando un timer) lo apagamos durante 8 horas diarias.

Configuración III: Familia numerosa (siete pax) y tres termotanques

Consideremos una gran familia de siete miembros. La configuración básica consiste en disponer un gran termotanque (150 litros) a 75 °C para disponer siempre de 6,3 baños consecutivos, pero estudiaremos nuevas configuraciones. Considerando que una gran vivienda posee al menos dos baños, sería conveniente contar con dos termotanques para proveer dos baños simultáneos. También instalaremos un tercer termotanque compacto (20 litros) en el bajomesada de la cocina. Este tipo de equipos son casi desconocidos en Argentina pero habituales en Uruguay. Su ventaja es que se calienta rápidamente y permite disponer siempre de agua caliente para lavar vajilla (50 °C) con un mínimo consumo stand-by (190 \$/año). Además, evita alterar el flujo de agua caliente durante un baño (¡gran incomodidad!) y las pérdidas por “flujo parásito en cañerías”. Consideremos una gran casa con un único termotanque, dos baños y una cocina igualmente alejados de éste por 21 metros de cañería de $\frac{3}{4}$ ”; cada uno representa un volumen de 6 litros que se debe llenar de agua caliente antes de que salga del grifo. Estos 6 litros se “pierden” luego si no vuelvo a utilizar rápidamente este grifo (la cañería sin aislación pierde 5 °C en 20 minutos). En el caso de un baño es una pérdida menor, pero puede representar un gran consumo diario en los lavamanos. Antiguamente, cuando los lavamanos contaban con dos canillas (caliente/fría), el usuario utilizaba sólo agua fría para un uso breve, pero con los modernos grifos monocomando (habitualmente fijados en posición intermedia) se demanda agua caliente del termotanque sin que muchas veces ésta se llegue a

utilizar siquiera. Es pues recomendable disponer un termotanque en cada baño y cocina para minimizar estos flujos parásitos. Si estimamos 2 usos parásitos por persona a diario estaríamos perdiendo 84 litros a 50 °C, totalizando 1.134 kWh y \$ 3.400 al año si fijamos el termotanque a 50 °C, pero que se incrementa a 2.000 kWh y \$ 6.100 con un termotanque a 75 °C. La Tabla 3 muestra los diferentes consumos que se generan en esta familia numerosa en la configuración básica.

Tabla 3. Consumo anual 7 personas (3 \$/kWh), termotanque antiguo 150 litros 75 °C.

Tipo de consumo	Consumo (kWh)	Costo
Baño diario	3.986	\$ 12.000
Lavar vajilla	472	\$ 1.400
Stand-by	675	\$ 2.000
Flujo parásito	2.020	\$ 6.100
Total	7.153	\$ 21.500

Hasta ahora habíamos estudiado estrategias para reducir el consumo stand-by, pero aquí observamos que el flujo parásito es mayor, reduciendo la eficiencia global al 62 %. Por lo tanto vamos a estudiar diferentes configuraciones utilizando tres termotanques.

¿Debo recambiar mi viejo termotanque por uno moderno?

Hemos realizado todos los cálculos considerando un viejo termotanque de transmisividad térmica $U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{C})$, mientras que si lo recambiamos por uno de mejor aislación o etiquetado energético ($U = 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{C})$) cabe esperar un menor consumo stand-by. De la ecuación 2 observamos que la pérdida stand-by es proporcional a la calidad de la aislación, por lo cual la reducción obtenible por este recambio será sólo del 25 %. Por otra parte, recordando que el consumo directo permanecerá igual (toda resistencia tiene 100 % de eficiencia), podemos evaluar si esta inversión se justifica, o visto de otra manera, si no sería conveniente recurrir a otra donde la inversión se amortizase más rápidamente. Por ejemplo, una familia de 7 integrantes con un termotanque viejo de 150 litros a 75 °C sufre un consumo stand-by de 2.000 \$/año, el cual es posible reducir a 1.500 \$/año con un moderno equipo, obteniendo un ahorro de \$ 500 con una inversión (\$ 18.000) que se amortiza recién en 36 años. En cambio y a la luz de los resultados anteriores, analizaremos ahora otras estrategias mejores, que estudiaremos en sentido progresivo de sus inversiones:

- 1) **Instalar un reloj de encendido programable** para apagar el antiguo termotanque durante el descanso nocturno, pero siempre a 75 °C durante el día. Si bien la inversión es muy modesta (\$ 150) también lo es el ahorro anual obtenido (un tercio en pérdidas stand-by), de \$ 700, y se obtiene un costo anual elevado (\$ 20.800).
- 2) **Idem anterior e instalando nuevo termotanque 20 litros en cocina a 50 °C.** Asumiendo que las pérdidas de flujo parásito se reducen a la mitad (1.010 kWh) y sumando el stand-by del nuevo termotanque (43 kWh), obtenemos un ahorro anual de 967 kWh ó \$ 2.900 con una inversión (\$ 3.500) recuperable en 15 meses y un consumo total anual de \$ 17.900.
- 3) **Idem anterior e instalando nuevo termotanque 50 litros en segundo baño, ambos a 45 °C.** El objetivo perseguido aquí es doble: por un lado anular las pérdidas por flujo parásito (ahorrando otros 1.010 kWh y \$ 3.000) y por el otro bajar la temperatura del gran termotanque antiguo a 45 °C, con lo cual su consumo stand-by anual se reduce a 205 kWh y el del nuevo termotanque a 66 kWh (con reloj para desconexión nocturna), con lo cual ahorramos otros 205 kWh (\$ 600) en stand-by. La inversión (\$ 5.150) se recupera en 17 meses de ahorro (\$ 3.600). Cabe mencionar que los dos termotanques a 45 °C proporcionan siempre 4 baños completos más otros dos por cada hora, siendo el costo anual de operación de \$ 14.000.
- 4) **Ídem anterior pero manteniendo el gran termotanque apagado.** El objetivo aquí es minimizar el consumo stand-by aunque aceptando la molestia de disponer siempre de un único baño. Para compensar esta debilidad proponemos instalar un switch de enlace remoto (wifi) sobre el termotanque grande. Su moderado costo (\$ 500) se recupera en 10 meses, aunque es dudoso el beneficio (\$ 600, costo total \$ 13.400 al año) respecto de la incomodidad de disponer siempre de un único baño.

¿Calentadores eléctricos o a gas?

Para realizar la comparación de combustibles recordemos que 1 m³ de gas natural (o 1 kg de gas envasado) liberan en su combustión completa la misma energía que 10 kWh de electricidad en una resistencia (efecto Joule), y que las tarifas hogareñas en Buenos Aires son: 3 \$/kWh, 50 \$/kg (garrafa) y 4 \$/m³ (gas natural). Si normalizamos estos costos con sus eficiencias promedio (100 % electricidad, 65 % en termotanques y calefones a gas), surge que a igual calor aprovechado (1 m³ gas natural = 1 kg gas envasado = 6,5 kWh) el costo unitario de calentar agua con gas envasado (\$ 50) es dos veces y media superior a la electricidad (\$ 19,5), y ésta cinco veces mayor al gas natural (\$ 4). Sin embargo, deberíamos notar que

el uso de equipos de gas (envasado o natural) conlleva otros costos, generalmente soslayados:

1. Revisión anual del equipo por un gasista matriculado;
2. Mantenimiento de conductos de ventilación;
3. Adquisición de sensores y alarmas de gas y de monóxido de carbono;
4. Gasto continuo de energía del piloto del quemador (este aspecto fue recientemente solucionado en modernos equipos con encendido electrónico, pero persiste en la gran mayoría de los equipos instalados en el país) (Bermejo et al., 2013);
5. Riesgo de incendio y muertes por inhalación de emanaciones venenosas (Enargas, s.f.; Environmental Pollution Agency of U.S, s.f.).

La recomendación del ENARGAS (Enargas, s.f.; Enargas NAG 313, s.f.; Enargas NAG 314, s.f.) para todo equipo de gas interior al hogar es de una revisión anual por un gasista matriculado, cuyo costo actual varía en un rango de \$ 5.000 para una revisión simple hasta unos \$ 15.000 si debe sustituirse la chimenea. Es importante aclarar que esta revisión no elimina la potencialidad de emanaciones de monóxido de carbono si posteriormente se produjese una obstrucción parcial de la chimenea. Por este motivo el ENARGAS recomienda instalar un sensor de gas y de monóxido de carbono en cada dormitorio y cocina. El monóxido de carbono es un gas altamente tóxico (e incoloro e inodoro) imposible de detectar por el usuario. No es extraño entonces que todos los inviernos en nuestro país se produzcan muertes por inhalación de monóxido de carbono, siendo tan amplia y generalizada la instalación de equipos calentadores a gas dentro de los hogares como tan poco difundida la de estas alarmas de reciente aparición y cuyo costo (modelo homologado por ENARGAS de 5 años de garantía) es de \$ 4.500. En nuestro país el uso de equipos de tiro natural constituyen la amplia mayoría de los calentadores de agua (termotanques y calefones), siendo muy minoritaria los de tiro balanceado que minimizan este riesgo por usar una cámara hermética (Juanicó y González, 2008). Por este motivo, consideraremos para esta comparación equipos a gas tradicionales, de tiro natural, e incluiremos los siguientes costos anuales para una familia de 7 miembros:

1. Revisión simple por gasista matriculado (\$ 5.000);
2. Recambio de chimeneas cada 5 años (\$ 3.000 anual);
3. Recambio de 5 alarmas cada 5 años: (\$ 4.500 anual).

No incluiremos en este análisis el mayor costo inicial por la instalación de un equipo a gas (línea de gas, válvula de seguridad y zinguería) comparado a un electrodoméstico. Por otra parte, una familia de 7 personas necesita un termotanque (con piloto a gas) de 150 litros siempre a 75 °C, ya que su sistema de control no permite ejercer

las estrategias (timer, switch wifi) antes sugeridas. Entonces para una familia de 7 personas con un termostato antiguo a gas tomamos el consumo del termostato eléctrico (7.153 kWh) y recalculamos considerando la equivalencia de combustibles para obtener un consumo anual de 1.100 m³ de gas natural (\$ 4.400) o 1.100 kg de gas envasado (\$ 55.000). En un calefón el piloto suma \$ 800 con gas natural o \$ 9.200 con envasado, elevando el total a \$ 5.200 y \$ 64.200, respectivamente.

Por otro lado, empleando la mejor estrategia (con 3 termostatos) como fue discutido, podemos reducir el consumo eléctrico a \$ 14.000. De esta comparación energética se puede observar que, si los calentadores de agua caliente sanitaria a gas natural fuesen instalados fuera de la vivienda, y por ende solo tienen como costo de mantenimiento la revisión periódica por gasista matriculado, constituyen la opción más económica. Por otro lado, si el equipo debiese ser instalado dentro de la vivienda, deberían adicionarse además los costos de recambio periódico de chimenea y alarmas de monóxido de carbono, los cuales junto con la revisión periódica totalizan \$ 12.500/año, obteniéndose en este caso un costo total anual de \$ 17.100 para el termostato a gas (y \$ 17.900 con calefón), el cual supera en 25 % a la mejor configuración eléctrica.

Conclusiones

Estudiamos distintas configuraciones y en todos los casos encontramos originales estrategias de eficiencia energética que requieren moderadas inversiones, amortizables rápidamente y que van más allá del recambio del viejo termostato por otro de mejor etiquetado energético. El reconocimiento del importante consumo por “stand-by” y “flujo parásito en cañerías” ha arrojado luz sobre estos aspectos poco estudiados, en los cuales obtuvimos ahorros muy significativos.

Las ventajas obtenidas con un termostato eléctrico suman otros beneficios, como mejor confort y seguridad comparando con equipos tradicionales de tiro natural a gas instalados dentro del hogar. El usuario argentino ha escogido tradicionalmente a estos últimos por el bajísimo costo histórico del gas natural, el cual (aunque aumentado fuertemente durante los últimos tres años) se mantiene bajo. Sin embargo, esta ecuación económica (válida para usuarios con red de gas natural) no es en absoluto válida para los usuarios sin red de gas, quienes generalmente constituyen los hogares más pobres y que recurren al uso de garrafas. Siendo el costo actual del gas envasado en Buenos Aires dos veces y media de su equivalente energético en electricidad, ni siquiera desde el punto de vista económico se justifica esta elección (tradicional) a favor del gas envasado. Escapando al marco de este trabajo explicar este comportamiento, quizás se deba a que los usuarios más carenciados “copian” (inconscientemente) a los hogares más pudientes (con

gas natural) al adquirir calentadores a gas envasado; favorece esta elección el hecho de que los fabricantes de calentadores ofrezcan sus modelos también para gas envasado.

Discutimos también, como el uso de equipos a gas dentro del hogar conlleva riesgos de emanaciones mortales para los usuarios. Recientemente han aparecido nuevas tecnologías para mitigar estos riesgos (detectores de gas y monóxido de carbono, uso de calderas de tiro balanceado forzado), pero su aplicación (obligatoria en países como Italia) es casi desconocida en nuestro país. Argentina es quizás el primer país del mundo donde se ha generalizado el uso hogareño del gas y los usuarios están habituados a convivir con cañerías, calentadores de tiro natural y garrafas de gas sin percepción del riesgo, y en consecuencia suelen omitir todas las recomendaciones de seguridad que acarrear un gran sobre costo, que duplica al del gas consumido. Es muy esclarecedor el resultado aquí obtenido en el sentido de que, si bien es cierto que el gas natural es el combustible mas barato y por ende la mejor opción si el equipo se instala afuera de la vivienda, si el mismo está instalado en el interior de la misma, al costo del combustible hay que sumarle los sobre costos de seguridad que tienden a igualar (sin conseguirlo completamente) la seguridad intrínseca de un termotanque eléctrico. En dicho caso, la opción eléctrica tiene un menor costo anual. En nuestro país, omitir los sistemas de seguridad y mantenimiento preventivo en los equipos a gas causa decenas de muertes al año. Esperamos que nuestro trabajo contribuya modestamente a mejorar esta realidad social, al ofrecer una herramienta simple de cálculo con la cual el usuario puede conocer el consumo de su termotanque, plantear estrategias de ahorro y favorecer la elección de equipos eléctricos o incorporar sistemas de seguridad.

Referencias Bibliográficas

- Bermejo, A., Bezzo, E.J., Cozza, P.L., Fiora, J.A., Maubro, M.A., Prieto, R. y Gil, S. (2013). Eficiencia de calefones - importancia de los consumos pasivos. Benos Aires.
- Enargas. Sin Fecha. En <https://www.enargas.gov.ar/secciones/monoxido-de-carbono/monoxido-de-carbono.php>
- Enargas, NAG 313. Sin Fecha. Norma para calentadores de agua instantáneos de uso doméstico que usan gas. Disponible en: <https://www.enargas.gov.ar/secciones/normativa/normas-tecnicas-items.php?grupo=3>
- Enargas, NAG 314. Sin Fecha. Norma para calentadores de agua por acumulación a gas de funcionamiento automático. Disponible en: <https://www.enargas.gov>.

ar/secciones/normativa/normas-tecnicas-items.php?grupo=3

Environmental Pollution Agency, U.S. Sin Fecha. <https://espanol.epa.gov/cai/monoxido-de-carbono>

Gil, S. (2009). Posibilidades de ahorro de gas en Argentina- Hacia un uso más eficiente de la energía. *Revista Petrotecnia (IAPG)*, 2, 80-84.

González, A.D. (2007). Residential energy use in one-family households with natural gas provision in a city of the Patagonian Andean region. *Energy Policy*, 35, 2141–2150.

Iannelli, L., Prieto, R. y Gil, S. (2016). Eficiencia en el calentamiento de agua. Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos. *Revista Petrotecnia (IAPG)*, 86-95.

Juanicó, L. y Bove, I. (2019). Eficiencia Energética en Hogares: el Termotanque Eléctrico. *Revista Técnica de Ingeniería de la Universidad del Zulia, Venezuela*. En prensa.

Juanicó, L.E. y González, A.D. (2008). Thermal efficiency of natural gas balanced-flue space heaters: Measurements for commercial devices. *Energy and Buildings*, 40(6), 1067-1073, ISSN 0378-7788.

Rosenfeld, E. (2003). El uso de la energía en el sector residencial del Gran La Plata. Discriminación de consumos, cambios tecnológicos y opinión de los usuarios en las décadas del '80 y '90. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 7, 07.25-07.30.

Vieira, A.S., Beal, C.D. y Stewart, R.A. (2014). Residential water heaters in Brisbane, Australia: Thinking beyond technology selection to enhance energy efficiency and level of service. *Energy and Buildings*, 82, 222–236.

