



# Eficiencia en el calentamiento de agua

## Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos

Por **Leila Iannelli** y **Roberto Prieto** (Gerencia de Distribución - Enargas) y **Salvador Gil** (Gerencia de Distribución - Enargas y Universidad Nacional de San Martín, ECyT)

El calentamiento de agua sanitaria es el segundo mayor consumo de gas en los hogares argentinos (aproximadamente el 33%). El total de la energía usada para el calentamiento de agua sanitaria equivale aproximadamente al 50% de las importaciones de gas. Por ello, la búsqueda de modos más eficientes de lograr agua caliente sanitaria es de gran relevancia económica, social y ambiental.

### Introducción

En la Argentina el gas natural constituye el componente principal de la matriz energética y aporta más del 50% de la energía primaria del país<sup>[1]</sup>. Alrededor del 30% del gas se distribuye a través de redes a los usuarios residenciales, comerciales y entes oficiales. El calentamiento de agua sanitaria es el segundo consumo en importancia en estos sectores, representando aproximadamente el 33% del total. Es decir, para el calentamiento de agua sanitaria se emplea

casi el 10% de la energía consumida en la Argentina. Este notable hecho se explica en parte por el elevado calor específico del agua, que hace que aumentar su temperatura demande mucha energía. Por otra parte, el consumo de gas se ha incrementado en un 3,3% anual en la Argentina<sup>[2],[1]</sup>. Desde hace más de una década, la producción nacional de gas ha disminuido, y dependemos en forma creciente de importaciones de este combustible.

El calentamiento global que experimenta la Tierra tiene causas antropogénicas<sup>[2]</sup>. Se estima que el 60% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) son consecuencia del uso de combustibles fósiles, por lo que resulta necesario disminuir las emisiones de GEI. Si bien el consumo de energía nunca es ambientalmente neutro, los impactos ambientales deben disminuirse. Un Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE), además de reducir los impactos ambientales, permite acercar los beneficios del uso de la energía a más personas, en particular a los sectores de menores recursos económicos y a los que viven en poblaciones dispersas, lejos de las redes de distribución. El UREE y el aprovechamiento de las energías renovables son soluciones sostenibles frente a los desafíos energéticos actuales. Una ventaja de la energía solar es que la generación de energía se realiza "en el lugar" y se evitan elevados costos de transmisión, distribución e infraestructura.

En este trabajo discutimos las opciones más eficientes disponibles en el mercado, tanto convencionales como de colectores solares para calentar agua. Si bien los colectores solares son una opción muy atractiva, no son una opción que esté siempre disponible en conglomerados urbanos de alta densidad, además están sujetos a fluctuaciones de suministro, en particular en días de poca radiación solar. Por ello, estos sistemas requieren equipos complementarios que usan energía convencional para calentar el agua, a estos sistemas combinados se los denominan *sistemas híbridos*<sup>[28]</sup>. Aquí se analizan los costos de los equipos más eficientes, los desafíos que implican su buen uso y las barreras que actualmente inhiben el desarrollo de la energía solar térmica en la Argentina, y también algunas ideas que permitirían superarlas.

## Consumo de gas en edificios y viviendas

Un modo de estimar los consumos de cocción, Agua Caliente Sanitaria (ACS) y consumos pasivos (*consumo base*) de lo que es la *calefacción* con gas natural, se observa en la figura 1, donde se representa el consumo específico residencial como función de los meses del año. Los consumos de verano (enero, febrero, noviembre y diciembre) coinciden con el consumo base, que tiene una muy leve dependencia con la temperatura, representada por el área verde. Sustrayendo este consumo del total residencial, se obtiene el consumo de calefacción, se presentado por el área amarilla.

Según la figura 1, el *consumo base* de gas por usuario es en promedio unos 1,5 m<sup>3</sup>/día. Se considera que 0,5 m<sup>3</sup>/día se emplea en pilotos<sup>[4]</sup>, otro 0,35 m<sup>3</sup>/día en cocción, y 0,65 m<sup>3</sup>/día en el calentamiento de agua. El número de usuarios residenciales conectados a la red de gas natural es alrededor de 8,2 millones<sup>[5]</sup>. Si a este número agregamos los usuarios de GLP (Gas Licuado de Petróleo) no conectados a red (3,5 millones), el número total de usuarios es de aproximadamente 11,7 millones, quienes utilizan 1,15 m<sup>3</sup>/día en calentamiento de agua y su piloto

asociado, lo que da como resultado 13,4 millones m<sup>3</sup>/día.

La energía usada en el calentamiento de agua para usuarios comerciales y entes oficiales es de aproximadamente 8 m<sup>3</sup>/día, lo que corresponde a unos 370 mil usuarios<sup>[3]</sup>. Se considera que la mitad de este consumo base se usa en calentar agua (4 m<sup>3</sup>/día), lo cual resulta en un consumo diario de calentamiento de agua, para este sector, del orden de 1,5 millones de m<sup>3</sup>/día. Si se suman los consumos de gas para todos los usuarios residenciales, comerciales y entes oficiales, resulta que en la Argentina se destina cerca de 15 millones de m<sup>3</sup>/día de gas al calentamiento de agua. Este volumen de gas equivale aproximadamente al 45% de las importaciones de gas en la Argentina. Internacionalmente, el problema del calentamiento de agua ha recibido mucha atención, de hecho hay varios informes que discuten este problema de modo similar a este trabajo, que está orientado a atender la situación argentina<sup>[5],[6],[7]</sup>.

## Energía solar en la Argentina

Entre los numerosos estudios sobre la potencialidad de la energía so-

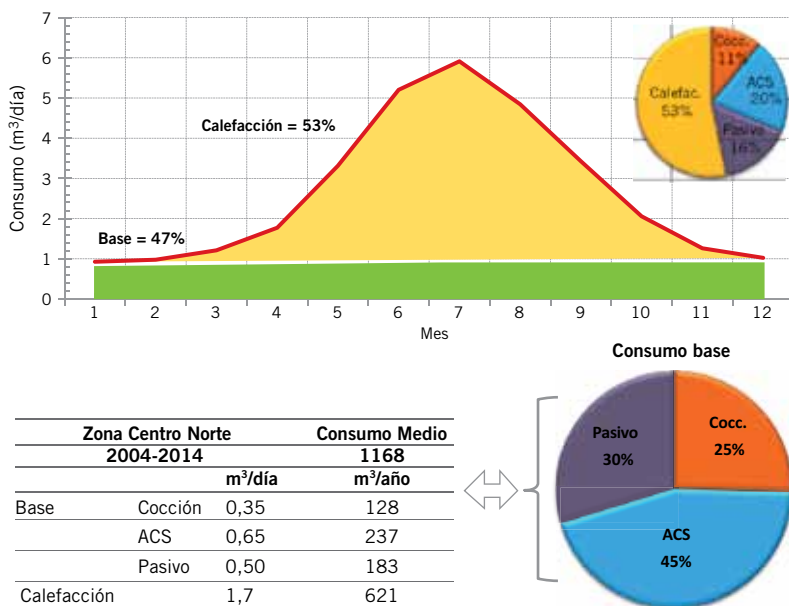


Figura 1. Arriba, variación del consumo específico medio diario de gas como función de los meses del año. Los datos muestran el comportamiento de los últimos 12 años para la región centro-norte de la Argentina. En el diagrama inserto se ve la distribución del consumo. Abajo, distribución del consumo base en el sector residencial en la Argentina. El consumo medio de los usuarios residenciales en el calentamiento de agua es de 1,15 m<sup>3</sup>/día, donde se incluye el consumo de piloto, que por lo general en los equipos tradicionales siempre está presente.

lar en la Argentina, el *Atlas de Energía Solar de la República Argentina*, GER-Solar, de la Universidad Nacional de Luján, es uno de los más completos [7]. En el territorio argentino, la radiación solar diaria promedio es de aproximadamente 4 kWh/m<sup>2</sup>. Por lo tanto, con un colector solar térmico de 2,5 m<sup>2</sup>, la energía solar que llegaría al mismo sería de unos 10 kWh por día, equivalente a 1 m<sup>3</sup> de gas natural, lo que a su vez también equivale a toda la energía requerida por una familia de la Argentina para calentar el agua sanitaria que utiliza durante un día. Estos valores varían según las zonas. Por ejemplo, en el norte del país los valores son considerablemente mayores. En un clima como el que predomina en la zona central de la Argentina, las mediciones indican que con colectores solares de 2 a 3 m<sup>2</sup> se podría cubrir el 60% de la demanda de agua caliente sanitaria, de un usuario residencial.

Si los colectores solares se asociarían con sistemas de apoyo eficientes, por ejemplo con calefones modulantes<sup>1</sup> a gas sin piloto, Clase A de etiquetado de eficiencia energética, el consumo diario de gas utilizado para el calentamiento de agua de cada usuario, pasaría de un promedio actual de 1,15 m<sup>3</sup>/día a 0,25 m<sup>3</sup>/día, lo que equivale a un ahorro del 77%. Este ahorro, suponiendo una tarifa de gas de 4\$/m<sup>3</sup>, implicaría un ahorro anual de \$1314. Los equipos solares híbridos tienen actualmente un costo aproximado de \$25.000 a \$35.000, lo que se llegaría a amortizar en veinte años.

Si se impulsa una producción masiva de estos equipos, su costo podría disminuir considerablemente. Para los usuarios de GLP, la alternativa de cambio a un sistema híbrido es mucho más atractiva, ya que el GLP es más costoso que el gas natural. Por ese motivo, el ahorro para estos usuarios sería mayor y cubriría el costo de los equipos en diez años. Más adelante analizaremos la amortización de los sistemas solares híbridos.

Los equipos solares más adecuados para la Argentina son los equipos de calentamiento indirecto, en los cuales el líquido que circula por los colectores, en circuito cerrado, no es agua sino un fluido caloportador y lleva calor al tanque de almacenamiento de agua ca-

liente. Este líquido no se congela a temperaturas inferiores a 0 °C como ocurre con el agua, ni produce el taponamiento en los colectores, que generan las aguas duras. Resulta fundamental considerar estos dos aspectos en casi todo el territorio nacional.

Los equipos solares, en general, requieren de algún equipo convencional (a gas o eléctrico) de apoyo, para calentar el agua cuando ocurren períodos de nubosidad que impiden el calentamiento adecuado o suficiente por parte de la radiación solar. Un aspecto importante de estos sistemas es la magnitud de los consumos pasivos. Si no se diseñan adecuadamente, los sistemas híbridos pueden llegar a consumir más que un equipo convencional. Este aspecto se analiza cuidadosamente tanto para sistemas a gas como eléctricos más adelante.

## Eficiencia en el calentamiento de agua sanitaria

En la Argentina, el consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS), es el principal consumo de gas después del de calefacción. El volumen de agua caliente en promedio que consume un usuario típico es de aproximadamente 195 l/día (que incluye ACS y

cocción). Este dato permite estimar el requerimiento de ACS por usuario: si suponemos que aproximadamente una masa de 10 l se usa para cocción, obtenemos una estimación de aproximadamente 185 l/día de agua caliente. Suponiendo 3,3 personas por vivienda, obtenemos un requerimiento de agua caliente de alrededor de 56 l/día por persona. Desde luego, este es un valor nominal de consumo de ACS. En el diseño de viviendas se utiliza una cifra de consumo entre 50 y 70 l/día por persona.

La Comunidad Europea, recomienda un consumo de 50 l/día.persona [5]. El consumo para cocción de una familia tipo, 3 a 4 personas, es de unos 0,35 m<sup>3</sup>/día; mientras que el consumo de 185 l/día de agua caliente, partiendo de una temperatura media de 17 °C a 42 °C, el calor necesario para calentar esta agua sería de 4.625 kcal, o sea equivalente a 0,5 m<sup>3</sup>/día de gas natural o 5,4 kWh/día, este valor lo denominamos calor útil. Si el sistema de calentamiento tuviese una eficiencia del 70% el consumo de gas sería de 0,71 m<sup>3</sup>/día. Si a este consumo le sumamos un consumo pasivo de unos 0,5 m<sup>3</sup>/día, tenemos que, en promedio, consumimos unos 1,21 m<sup>3</sup>/día en ACS.

Los consumos reales de gas natural empleados en ACS puede variar entre 0,25 a 1,5 m<sup>3</sup>/día, según la tec-

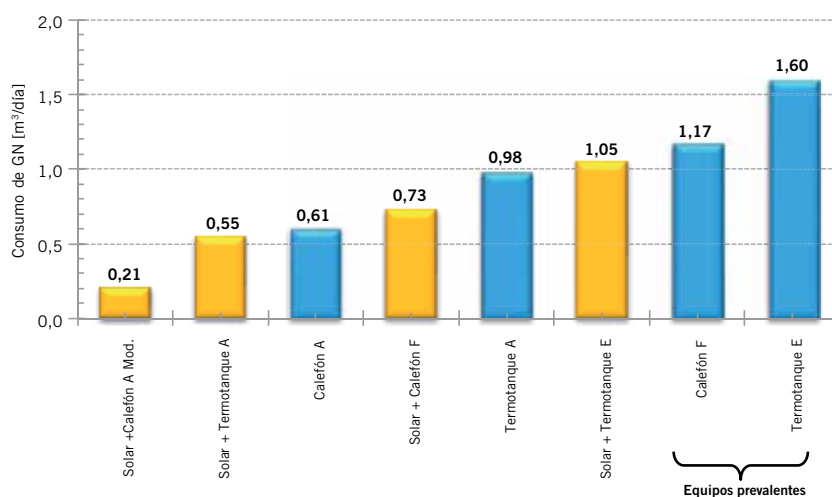


Figura 2. Consumos de gas natural (GN) en el calentamiento de agua sanitaria usando distintas tecnologías. La variación del consumo diario en ACS entre los distintos modos es muy notable y está indicado en la barra. Los ahorros que un sistema solar híbrido puede aportar son muy significativos si se utiliza como apoyo un calefón modulante sin piloto, clase A. Asimismo, un calefón clase A, consume menos que un sistema híbrido, con termostanque E de respaldo. Las barras amarillas indican los sistemas híbridos a gas y las celestes, los artefactos a gas.

1. Los calefones modulantes son sistemas de calentamiento de agua sin tanque, [25] que solo calientan el agua que se va a usar en ese momento, pero cuyo aporte calórico se regula o gradúa según sea la temperatura de entrada del agua, para llevarla a una temperatura prefijada por el usuario, generalmente coincidente con la temperatura de confort, del orden de los 42 °C. Varios fabricantes tanto nacionales [26] como internacionales [27] producen estos equipos.

nología empleada para calentar agua. Por lo tanto, sin modificar los hábitos de consumo, se podría ahorrar más de 1 m<sup>3</sup>/día mediante el reemplazo por equipos de ACS por alternativas más eficientes (Figura 2).

Un volumen de agua de 185 l/día de ACS es consistente con un grifo de 6 l/min durante unos 31 minutos. Este consumo se corresponde, en promedio, con 3 duchas por día de 7 minutos cada una y unos 10 minutos de lavado de platos, manos, etcétera. En la figura 2 se indican esquemáticamente los consumos de gas natural esperados para ACS, usando varias alternativas: desde un termotanque convencional (Clase E en el etiquetado de eficiencia) y con un calefón con encendido automático (Clase A en el etiquetado en eficiencia).

## Limitaciones de los sistemas de acumulación de agua caliente: termotanques

Los sistemas de acumulación de agua caliente, como los termotanques, tienen un consumo de mantenimiento, QM24, asociado al consumo de los pilotos y las pérdidas de calor en los tanques, que es muy importante y se debe tener en cuenta, ver Apéndice para más detalles de su funcionamiento.

Si se comparan los consumos de gas de un equipo solar, combinado con un calefón modulante Clase A, sin sistema de ahorro de agua, tendríamos un consumo diario de unos 0,21 m<sup>3</sup>/día. Si reemplazásemos el calefón modulante A por un termotanque E, el consumo del sistema sería de 1,05 m<sup>3</sup>/día, ya que ahora la eficiencia del quemador sería menor que en un calefón Clase A y el consumo de mantenimiento contribuiría con 0,77 m<sup>3</sup>/día al consumo. De este modo, si usásemos un termotanque E asociado al equipo solar, el consumo del conjunto sería superior al consumo de un calefón Clase A, sin paneles solares. Esta última elección tendría menor consumo y sería mucho más económica que un equipo solar combinado con un termotanque Clase E. Esto es consecuencia de que el consumo de mantenimiento de un termotanque es superior al consumo de gas necesario para calentar el agua.

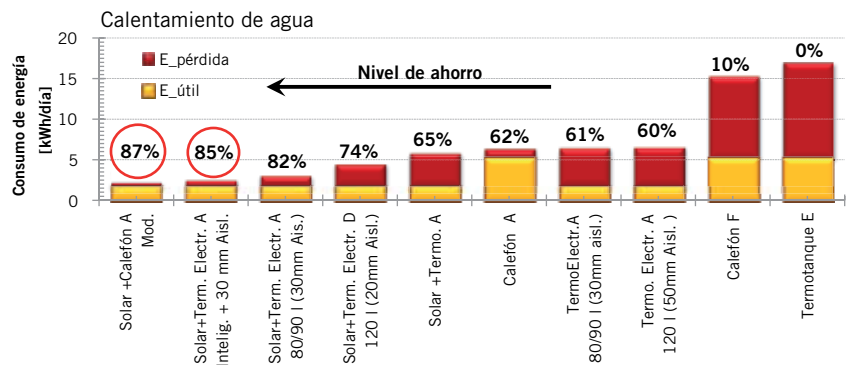


Figura 3. Consumos de energía en el calentamiento de agua sanitaria usando distintas tecnologías. La barra amarilla es la mínima energía necesaria para calentar el agua. La barra roja constituye la pérdida de energía del sistema. El nivel o grado de ahorro de energía se mide respecto de un termotanque a gas clase E.

Los termotanques estándares, además de tener un consumo de mantenimiento constante, tienen otra limitación cuando se los combina con equipos solares. Si unos minutos antes de que el sol comience a calentar, la temperatura de agua llega al mínimo de termostato, el quemador comienza a calentar el agua, minutos después, cuando el sol está listo para calentar, el quemador ya lo hizo, con lo que se produce esta competencia entre los sistemas convencionales y solares que disminuye su eficiencia. Esta limitación no ocurre en el caso de los calefones modulantes Clase A, ya que por una parte no tienen consumo pasivo y, por la otra, solo funcionan si hay demanda y el agua en el tanque de acumulación del equipo solar tiene una temperatura inferior a la de confort, fijada por el usuario. De hecho, estas mismas consideraciones se aplican a los termotanques eléctricos, ya que las pérdidas de calor en los tanques y consumos de mantenimiento son similares a la de los equipos a gas. En definitiva, de este análisis surge que los sistemas de acumulación de agua asociado a sistemas solares deben ser cuidadosamente analizados y solo usar aquellos equipos de menor consumo pasivo, cuando las condiciones exijan uso de termotanques.

Un sistema de apoyo usual de los sistemas solares, son los termotanques eléctricos. Esto se debe a que, si el gas natural o GLP no es fácilmente accesible, pero si lo es la electricidad, como ocurre en muchas localidades en particular en las regiones del NEA, puede ser más conveniente usar la electricidad para proveer el apoyo necesario para calentar agua. En ciertos casos, debido a que no hay en el

mercado local equipos similares a los calefones modulantes, se debe optar por termotanques especiales aptos para ser usados con sistemas solares. Una característica crucial que deben tener estos termotanques es la pérdida de calor (o consumo pasivo) lo más pequeña posible (Figura 3).

En caso de seleccionar como equipo de apoyo un termotanque eléctrico, es fundamental que tenga un bajo consumo pasivo, equivalente a un termotanque etiqueta A según la Norma IRAM 62410 "Etiquetado de eficiencia energética para calentadores de agua eléctricos, de acumulación, para uso doméstico". Asimismo, es oportuno mencionar que algunos fabricantes argentinos ya cuentan con modelo de termotanques eléctricos A, con sistema inteligente de apoyo solar, que registra la temperatura de la parte superior del tanque, de modo que solo mantiene caliente una pequeña reserva de agua caliente, a menos que el usuario elija otro modo de operación. Dicho sistema inteligente reduce los consumos pasivos. Aquí se supone que el equipo inteligente reduce el consumo pasivo de un termotanque A en un factor 2. En caso de usar este tipo de apoyo a los sistemas solares, es altamente recomendable seleccionar y especificar claramente que los consumos pasivos deben ser inferiores a 1 kWh/día.

## Ahorro de energía en el calentamiento de agua sanitaria

Además del uso de energía solar térmica en el calentamiento de agua, hay varios modos de reducir y eficien-

tizar nuestros consumos de energía en el calentamiento de agua sanitaria. Este problema fue analizado en varios trabajos previos<sup>[10]</sup> cuyas metas podrían lograrse por medio de un plan de cambio de artefactos de calentamiento de agua, calefones y termotanques, que incluyan dos aspectos:

- Cambio de los equipos convencionales a los más eficientes en el mercado, es decir, los equipos que tienen Clase A en eficiencia energética, según las Normas Argentinas de Gas (NAG) implementadas por el ENARGAS.
- Incorporación de dispositivos economizadores de agua, que tienen gran difusión en Europa y EE.UU. y que reducen el consumo de agua entre un 35% y un 50%. El costo unitario de estos dispositivos es del orden de unos U\$S 25.

Esta alternativa, es mucho más económica que el uso de sistemas híbridos, ya que implica financiar equipos cuyo costo es del orden de los U\$S 400, y quizás en algunos casos subsidiar a usuarios de bajos recursos. Además, en muchas viviendas, en particular en las grandes ciudades y edificios de departamentos, donde el acceso al sol está muy limitado, esta alternativa es más adecuada.

## Amortización de los sistemas híbridos para el calentamiento de agua

Los costos de los sistemas híbridos a gas en la actualidad son muy altos respecto de los convencionales. Para un consumo medio de aproximadamente 200 l/día, el costo de un buen equipo está en el orden de los U\$S 1500 a 2000, estos costos incluyen tanto el equipo solar, con su correspondiente tanque de acumulación y un sistema de respaldo a gas (calefón modular) y costo de instalación. En este ejercicio suponemos que el costo por equipo solar híbrido es de U\$S 1500. Un equipo convencional a gas de marca conocida incluyendo la instalación cuesta unos U\$S 400 en el mercado local y se puede adquirir con al menos 12 cuotas de financiación. Otro elemento necesario para poder comparar los tiempos de amortización es el costo del gas. Para ello proponemos los escenarios que se muestran en la tabla 1.

Costo de gas	S/m3 (GN eq)	U\$S/millón BTU
Escenario 1 (GN)	4	7,3
Escenario 2 (GLP)	10,5	19

Tabla 1. Costo del gas al usuario residencial. Suponiendo una conversión de U\$S 1 = \$15, la tercera columna indica el costo del gas en U\$S/millón de BTU. El costo marginal del gas importado es en 2016 del orden de los 5,3 U\$S/millón de BTU. El escenario 2 corresponde al precio que paga un usuario de GLP sin subsidio en la Argentina. Suponemos que el consumo de gas por año para el calentamiento de agua es el de un usuario medio, es decir de unos 500 m3/año (equivalente a 1,5 m<sup>3</sup>/día).

Con los costos de los equipos indicados anteriormente, con un nivel de aporte solar del 65%. En *Escenario 1* el costo del gas sea de 7,3 U\$S/millón de BTU, equivalente a 4 \$/m<sup>3</sup>; el costo de los equipos recién se amortiza a los 15 años. Sin embargo, el salto en el presupuesto inicial, que en general queda a cargo del usuario es muy importante, y actúa como un factor disuasorio para adoptar la opción solar. En el *Escenario 2* muestra la evolución de los costos en el caso que el precio del gas sea de 19 U\$S/millón de BTU, equivalente a 10,2 \$/m<sup>3</sup>, que es el costo del GLP que paga un usuario sin subsidio para este combustible en la Argentina (equivalente a un costo de \$550 el tubo de 45 kg). En este caso, los equipos solares híbridos se amortizan en 4 años. Sin embargo, el salto en el presupuesto inicial, es aún muy importante y actúa como un factor disuasorio para adoptar la opción solar.

En las figuras 4 y 5 se observan los escenarios 1 y 2, con un descuento o subsidio en los equipos del 21%, equivalente al valor de la tasa de IVA, y

con una financiación al 3% anual a valores constantes, en 4 años. Los resultados indicados en estas figuras sirven para tener un modo comparativo de visualizar las distintas alternativas y los escenarios.

Desde el punto de vista del Estado, la adopción de la tecnología solar híbrida para el calentamiento de agua implica que se pueden reducir las importaciones de gas. Además, la promoción de esta tecnología generaría nuevos emprendimientos económicos con fuerte impacto en el mercado laboral. Asimismo, los usuarios de gas natural, tendrían la ventaja de reducir sus facturas de energía y en el nivel general se reducirían las emisiones de GEL.

La reducción en los gastos de energía es particularmente interesante para los usuarios de GLP. El GLP sin subsidio, que son los que pagan una buena fracción de los usuarios de este insumo, equivale a 19 U\$S/millón de BTU.

Por lo discutido anteriormente, se observa que solo en el caso de los usuarios de GLP en la Argentina, es posible que el mercado por si solo impulse el desarrollo de sistemas híbridos para el calentamiento de agua sanitaria. Sin embargo, para su desarrollo es imprescindible una acción proactiva por parte del Estado, por un lado, generando mecanismos de financiación de bajo costo y, por otro lado, estableciendo normativas que permitan a los usuarios y a los bancos elegir equipos que efectivamente generen ahorros importantes de gas o electricidad y que se puedan amortizar en tiempos razonables, menores a los 15 años.

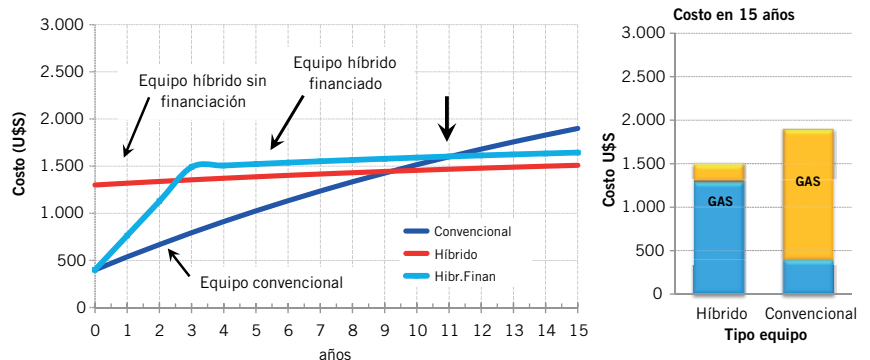


Figura 4. Escenario 1 que incluye un programa de financiación a 4 años a una tasa real de un 3% y un descuento o subsidio equivalente al costo del IVA, o sea del 21%. A la izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los dos equipos, convencional a gas y solar híbrido (solar-gas). Costo del gas 7,3 U\$S/millón de BTU. En este caso el costo del equipo híbrido se amortiza en 11 años. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los equipos híbridos y convencionales. La parte inferior de las barras (en celeste) indica el costo del equipo y la parte superior (en amarillo) indica el costo del gas. Como se ve en este caso, al cabo de 15 años el equipo híbrido genera un ahorro equivalente al 20% del costo total en 15 años.

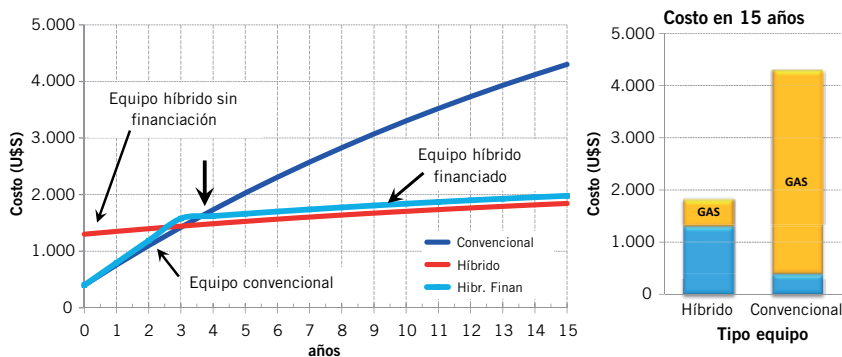


Figura 5. Escenario 2 que incluye un programa de financiación a 4 años a una tasa real de 3% y un descuento o subsidio equivalente al costo del IVA, o sea del 21%. A la izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los dos equipos, convencional a gas y solar híbrido (solar-gas). Costo del gas 19 U\$S/millón de BTU. En este caso el costo del equipo híbrido se amortiza en 3,5 años. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los equipos híbridos y convencionales. Al cabo de 15 años el equipo híbrido genera un ahorro equivalente al 60% del costo total en 15 años.

En el caso de los usuarios de gas natural se requiere de incentivos económicos y financieros a la par de algunos subsidios para la adquisición de sistemas híbridos. La razón por la que el país o el gobierno debería impulsarlos es que en el nivel nacional se ahorra gas importado y se reduce la necesidad de ampliar redes de distribución. Además, se tiende a equilibrar la balanza comercial y a estimular un importante desarrollo industrial con creación de empleo.

Por último, la tecnología de sistemas solares térmicos, combinados con equipos a GLP de alta eficiencia, calefones modulantes Clase A, puede ser una alternativa muy atractiva para llevar servicios energéticos a comunidades dispersas, de poca densidad y bajos recursos, por ejemplo el NEA, ya que al ser comunidades dispersas y de poco consumo, los costos de las redes son muy altos y difícil de amortizarse. En cambio, los sistemas híbridos con equipo de apoyo a GLP pueden ser una buena opción. Al aumentar la eficiencia de los equipos, tanto la duración como el costo del GLP pueden disminuir significativamente.

Por lo discutido anteriormente, resulta claro que sería mucho más beneficioso para el país en general y para el sistema energético nacional, subsidiar la eficiencia y el desarrollo de la energía solar térmica en lugar de subsidiar el gas. El subsidio al gas inhibe cualquier desarrollo de otras alternativas energéticas, no estimula la producción local e incita a un uso no racional del gas<sup>[11][12]</sup>. Por lo tanto, siguiendo la política desarrollada en muchos países de la OCDE (Organiza-

ción para la Cooperación y el Desarrollo Económico) como así también en América latina, es preferible subsidiar la eficiencia y las energías renovables en lugar del consumo.

### Barreras al desarrollo de la energía solar térmica para calentamiento de agua

El desarrollo de la tecnología solar térmica para el calentamiento de agua tiene varias barreras en la Argentina:

- Carencia de un marco institucional y legal por la ausencia de un organismo nacional de promoción y regulación de la energía solar, similar al Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS), con capacidad de dictar normas de carácter obligatorio y fiscalizar su cumplimiento a nivel nacional. En la actualidad solo se cuenta con Normas IRAM, (IRAM IRAM 210 001-1, 210 002-1 y 210 004, entre otras) que son de carácter voluntario y que especifican las características del colector solar, pero no de los sistemas híbridos.
- El costo inicial de inversión de los sistemas solares térmicos es relativamente alto en comparación con los sistemas de calentamiento de agua convencionales.
- Poco desarrollo del mercado, en comparación con el gran potencial existente (energía solar disponible y mano de obra desocupada).
- Falta de incentivos económicos y financieros.

- Falta de incentivos a la capacitación de personal idóneo, poco incentivo a la investigación e innovación en nivel regional.
- Existencia de incentivos dirigidos hacia los combustibles fósiles, principalmente subsidios al gas.
- Falta de difusión y de estímulo de la confiabilidad de este sistema.

Con el objetivo de facilitar a los usuarios e instaladores de sistemas solares híbridos con equipos de apoyo a gas, la selección de los gasodomésticos más eficiencia y adecuados, en el Apéndice se presenta un posible esquema de clasificación de eficiencia, que usando el esquema usual de etiquetado en eficiencia, permita seleccionar, en forma simple los equipos que generarán el mayor ahorro de gas y consecuentemente las menores emisiones de GEI.

### Certificación de instaladores de sistemas de calentamiento de agua solares en la Argentina-INTI

Desde 2015, el área Solar Térmica del INTI junto a organismos de capacitación, empresas fabricantes, importadoras e instaladores de tecnología solar térmica, están trabajando para desarrollar un programa de certificación de instaladores de equipos solares térmicos bajo norma en base a las Normas ISO/IEC IRAM 17024.

El objeto es que el sector solar térmico nacional cuente con instaladores y proyectistas de instalaciones de sistemas solares térmicos (baja temperatura), con certificación de sus competencias para la realización de sus funciones y de este modo favorecer el desarrollo del mercado de la energía solar térmica en el nivel nacional.

La certificación verifica la experiencia y la aptitud técnica del instalador con una evaluación teórica y práctica.

Esta certificación hasta el presente es de carácter voluntario, que serviría como seguridad a oferentes que den garantía de sus productos a programas de instalación de tecnología solar en vivienda social y a los usuarios que valoricen la tecnología y la necesidad de su correcta instalación. Desde luego, en el caso de sistemas solares híbridos



dos, con apoyatura a gas, el ENARGAS puede requerir, que los instaladores de estos sistemas, además de ser gasistas matriculado, deban contar con la certificación de instalador de sistemas solares.

Este sistema es utilizado en países de Europa con impactos beneficiosos al desarrollo tecnológico, brindando seguridad al usuario final y a la cadena comercial.

Pensamos que es un sistema útil y necesario, para favorecer el desarrollo de la tecnología solar térmica en la Argentina.

## Conclusiones

Actualmente en el mercado local existen artefactos convencionales de calentamiento de agua eficientes (Clase A en el etiquetado de eficiencia energética), que podrían lograr ahorros de gas del orden de 0,7 m<sup>3</sup>/día (50% de ahorro) por los usuarios. Usando equipos solares con ayuda de calefones modulantes de mayor eficiencia, Clase A en el etiquetado de eficiencia, el ahorro por usuario podría ser de 1,4 m<sup>3</sup>/día, es decir un 90% de ahorro. Esta tecnología podría aportar un ahorro de gas del orden de unos 10 millones de m<sup>3</sup>/día equivalente a 1/3 de las importaciones de gas, generando ahorros de gas importado del orden de 922 millones de dólares anuales, a un costo de 7,3

U\$S/MBTU. Sin embargo, para que los sistemas solares térmicos puedan alcanzar estos niveles de ahorro de gas, deben estar asociados a sistemas de apoyo que minimicen o no tengan consumos pasivos; por ejemplo, acoplando colectores solares térmicos de calentamiento indirecto a calefones modulantes, Clase A en etiquetado de eficiencia. Los sistemas solares asociados a termotanques de alto consumo pasivo, C, D o E en etiquetado, generarían muy poco ahorro de gas.

De hecho, estos sistemas consumirían aún más gas que un simple calefón convencional Clase A, cuyo costo es mucho más bajo y simple de instalar que un sistema solar.

En el caso de los usuarios de GLP, la inversión en equipos solares híbridos se amortizaría en menos años que en los usuarios de gas natural, pero aun para estos últimos es necesaria la introducción de estímulos económicos y financieros para el desarrollo de esta tecnología.

Nuestro análisis sugiere la necesidad de abordar el desarrollo de la energía solar térmica desde una *perspectiva estrechamente vinculada con la eficiencia energética*, de modo de lograr los máximos ahorros de gas y/o electricidad usando esta tecnología. Un aspecto clave para lograr los mejores resultados de ahorro de energía convencional usando sistemas solares térmicos para calentar agua en el sector residencial, consiste en *minimizar los consumos pasivos de los sistemas de apoyo*.

Para facilitar a los usuarios e instaladores de sistemas solares híbridos, con equipos de apoyo a gas, en el Apéndice se presenta un posible esquema de etiquetado en eficiencia que puede servir como punto de inicio para una discusión más amplia.

Otro aspecto clave es el desarrollo de normas que los equipos híbridos deberían cumplir obligatoriamente en todo el territorio nacional, para que los ahorros efectivamente se produzcan. Es importante tomar como base las normas IRAM ya existentes, complementadas con una normativa muy precisa sobre los equipos de apoyo. Aquí el rol de ENARGAS es crucial. En ese sentido es importante señalar la importancia del desarrollo de Normas Argentina de Gas (NAG) que está realizando el ENARGAS relativo a los equipos de apoyo a los sistemas híbridos. También el esfuerzo que realizan varias instituciones nacionales, en particular el INTI, en lo referente a la formación de recursos humanos capaces de colocar y diseñar instalaciones solares, que debe ser fuertemente apoyada por parte del Estado. Además, es necesario designar un organismo con autoridad de aplicación, regulación y promoción de la energía solar en la Argentina.

Desde el punto de vista institucional, y teniendo en cuenta la trayectoria del ENARGAS en establecer las normas para los equipos de calentamiento de agua en el país, sería conveniente que este mismo organismo sea el que regule y normalice todos

los equipos de calentamiento de agua sanitaria, incluyendo los solares, tomando como base las normas IRAM existentes. Esto evitaría gastos innecesarios en la creación de nuevos organismos estatales y agilizaría la implementación de las normas.

Tanto por razones económicas como medioambientales, sería conveniente una intervención del Estado para racionalizar el consumo de gas y promover el desarrollo de una importante industria nacional. La fabricación de equipos convencionales más eficientes y de sistemas solares térmicos localmente generaría valor agregado, empleo, y además promovería un importante desarrollo industrial y una disminución de las emisiones de GEL.

Finalmente, es necesario un programa, con iniciativa del Estado, que impulse la producción y la adquisición de sistemas solares híbridos. Asimismo, la formación de instaladores y personal de mantenimiento de equipos solares híbridos podría generar empleo en muchas localidades del país, en particular en el norte, que por la abundancia del recurso solar y la carencia de redes, en particular el NEA, podría verse muy favorecidas.

Sería oportuno realizar con estos equipos algo similar a lo realizado con la energía eléctrica de recambio de lamparitas residenciales y alumbrado público. También, los planes de "12 cuotas" sin interés para sistemas solares híbridos y convencionales de alta eficiencia, los que tiene etiqueta A. Además, sería beneficioso subsidiar la eficiencia y el desarrollo de la energía solar térmica en lugar de subsidiar el gas. El subsidio al gas inhibe cualquier desarrollo de otras alternativas energéticas, no estimula la producción local e incita a un uso no racional del gas.

Agradecemos a varios colegas que nos hicieron llegar sus sugerencias y comentarios. En particular agradecemos a M. Gastiarena, A. Lanson, J. S. Caceres Pacheco y M. Maubro. Finalmente agradecemos a P. Fendrich, G. Becker y R. Bazán de la firma Tonka por los datos de consumo de los termotanques realizado en sus instalaciones. También agradecemos al Ing. O. Maronna de la firma Reehm por sus valiosas sugerencias y su asesoramiento. Asimismo, los ensayos realizados en varias universidades nacionales, en particular en GERSolar

de la UNLu y UNSAM, fueron cruciales para la realización de este trabajo.

## Apéndice: posible esquema de etiquetado de sistemas de apoyo

Los termotanques o calentadores de agua de acumulación son sistemas muy comunes de calentamiento de agua caliente sanitaria. Poseen un tanque, de volumen variable, por lo general entre 30 y 150 l, con una aislación térmica en su envoltorio y algún tipo de quemador o resistencia eléctrica para calentar el agua. Pueden usar como energía gas natural, gas envasado (GLP) o electricidad.

La eficiencia de un equipo es el cociente entre la energía útil que el artefacto brinda y la energía total utilizada para su funcionamiento. En el caso de un termotanque, la energía útil es el calentamiento de agua ( $Q_{\text{útil}} = m_{\text{agua}} \cdot c_a \cdot (T_c - T_f)$ ). Aquí  $m_{\text{agua}}$  es la masa de agua en el termo,  $c_a$  es el calor específico del agua y  $T_c$  y  $T_f$  son las temperaturas del agua caliente y del agua fría de entrada al tanque. La energía utilizada para su mantenimiento incluye tanto la energía que usa el quemador para mantener el agua caliente y la llama piloto. En la figura 6 se ilustra un termotanque típico.

La energía usada es la energía asociada al gas utilizado:  $Q_{\text{gas}} = H_s \cdot V_{\text{gas}}$ , donde  $H_s$  es el poder calorífico del gas y  $V_{\text{gas}}$  es el volumen del gas usado para calentar el agua y mantener el agua caliente. En el caso de los termotanques, resulta útil definir el rendimiento del quemador,  $R$  se determina usando el termotanque con su carga de agua completa.

$$R = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{que}}} = \frac{M_{\text{agua}} \cdot C_a \cdot (T_c - T_f)}{H_s \cdot V_{\text{gas}}} \quad 1$$

donde  $V_{\text{gas}}$  es el volumen del gas consumido para producir el incremento de temperatura de  $T_f$  a  $T_c$  y  $Q_{\text{que}}$  es el calor que el quemador genera para calentar la masa de agua  $m_{\text{agua}}$  entre  $T_f$  y  $T_c$ .

Otro parámetro importante es el consumo de mantenimiento del tanque durante 24 horas,  $Q_{M24}$ . En estos sistemas, aun sin consumo de agua, se requiere energía para mantener al agua a una dada temperatura. En la figura 7 se ilustra el comportamiento de un termotanque en condiciones es-

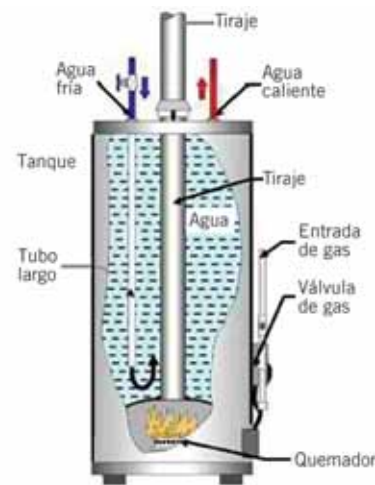


Figura 6. Esquema de un termotanque a gas de acumulación de agua.

táticas, es decir, sin consumo de agua.

Con el termotanque en condiciones estáticas<sup>[8]</sup>, es decir, sin requerimiento de agua, se mide la temperatura del agua y el consumo de gas para mantener el agua caliente. Se determina el consumo para  $Q_{\text{gas\_man}}$  desde que el agua del interior está a la temperatura de referencia, hasta un tiempo  $t_{\text{med}}$  de aproximadamente 48 horas, en el que el agua alcanza nuevamente esta temperatura. El consumo de mantenimiento de 24 horas se calcula como:

$$Q_{M24} = 24 \cdot \frac{Q_{\text{gas\_man}}}{T_{\text{med}}} \quad 2$$

La eficiencia energética,  $\eta_{EE}$ , del termotanque se determina como:

$$\eta_{EE} = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{gas}}} = \frac{Q_{\text{útil}}}{Q_{\text{que}} + Q_{M24}} \quad 3$$

Aquí  $Q_{\text{útil}}$  es el calor necesario para calentar un volumen de agua  $V_{\text{agua}}$  normalizado, según las normas NAG 313 y 314<sup>[8]</sup> este volumen se toma igual a 400 litros; las temperaturas son 17 °C y 42 °C, es decir,  $Q_{\text{útil}} = 10.000 \text{ kcal} \gg 1,075 \text{ m}^3 \text{ (GN)}$ .

Claramente, el valor de  $Q_{M24}$  depende de la aislación térmica del tanque.

Para calcular el consumo de un sistema de calentamiento de gas, para un dado volumen de agua  $V_{\text{agua}}$ , es necesario conocer el rendimiento del quemador  $R$  y el consumo de mantenimiento  $Q_{M24}$ . El calor útil efectivo es  $Q_{\text{útil}} = V_{\text{agua}} \cdot (T_c - T_f)$ . Si tomamos  $V_{\text{agua}} = 185 \text{ l}$  y  $(T_c - T_f) = 25 \text{ K}$ ,  $= 0,5 \text{ m}^3 \text{ GN/día}$ . El consumo diario de gas se calcula como:

$$Q_{\text{gas}}^{(\text{día})} = \frac{Q_{\text{útil}}^{ef}}{R} + Q_{M24} \quad 4$$



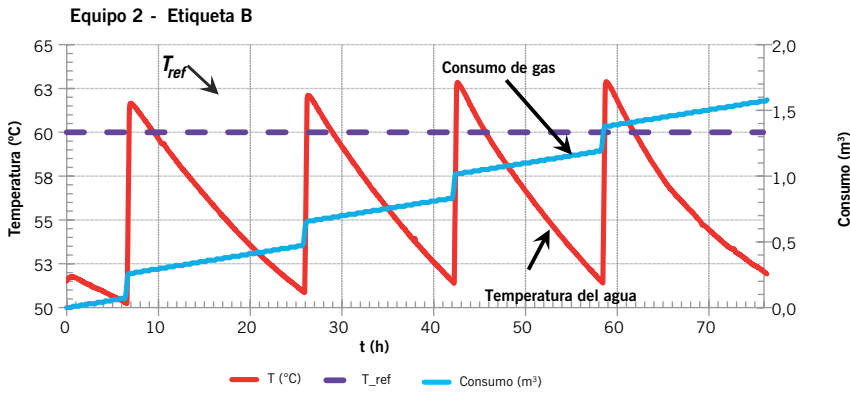


Figura 7. Variación de la temperatura con el tiempo, curva roja, referida el eje vertical izquierdo y variación del consumo de gas, curva celeste, referida al eje vertical derecho. La línea violeta horizontal es la Temperatura de referencia, tomada aquí como 60 °C. La variación suave del consumo, representa la llama del piloto, los saltos, en esta curva corresponden al encendido del quemador para incrementar la temperatura del agua. Q<sub>gas24</sub>, es el calor asociado al gas necesario para mantener el agua a la temperatura de referencia, al cabo de 24 horas. Estos datos corresponden a un termostanque clase B.

	Q <sub>útil</sub> <sup>ef</sup> [m <sup>3</sup> /día]	Q <sub>útil</sub> <sup>ef</sup> [kWh/día]
Sistema convencional a gas	0,5	5,4
Consumo del apoyo a gas del colector solar (A%=66%)	0,17	1,9

Tabla 2. Calor útil efectivo Q<sub>útil</sub> para sistemas convencionales y para equipo de apoyo a colectores solares. Se supone un consumo de agua caliente de 185 l/día y ahorro medio de los equipos solares del A=66%.

Si se usa un equipo solar, que aporta un ahorro medio anual del A%=100. f<sub>solar</sub>, el consumo medio efectivo de gas será: Q<sub>útil</sub> (1 - f<sub>solar</sub>) V<sub>agua</sub> (T<sub>c</sub> - T<sub>f</sub>). Por ejemplo, para un consumo de 185 l/día y un Ahorro promedio del A=66%, tendríamos (ver tabla 2).

### Esquema de etiquetado de un sistema de apoyo:

suponemos que el colector solar puede proveer por sí solo calentamiento a una fracción de días al año: f<sub>solar</sub>. Esta fracción de días la podemos expresar como el cociente de dos números enteros n y M, es decir: f<sub>solar</sub>=n/M, con n<M. Esta situación se esquematiza, en la figura 8, donde el sol proveer toda la energía necesaria para calentar el agua por n días o el gas los restantes M-n días.

En estas condiciones, la eficiencia efectiva del equipo de apoyo se puede escribir como:

$$\eta_{EE\_sol} = \frac{Q_{útil}}{Q_{usado}} = \frac{(M-n) \cdot Q_{útil}^{ef}}{(M-n) \cdot Q_{útil}^{ef} / R + M \cdot Q_{M24}} \quad 7$$

Aquí se supone, que el consumo pasivo está presente todos los M días. Mientras que el gas se usa solo (M-n) días. Por lo tanto:

$$\eta_{EE\_sol} = R \cdot \frac{1}{1 + R \cdot (M / (M - n)) \cdot (Q_{M24} / Q_{útil}^{ef})} = R \cdot \frac{1}{1 + R(1 / f_{solar}) \cdot (Q_{M24} / Q_{útil}^{ef})} \quad 8$$

Para el caso de la zona central de

la Argentina, una estimación razonable de f<sub>solar</sub>=0,66=2/3, por lo tanto, 1/f<sub>solar</sub>=1,5 y la Ec. (8) se puede escribir como:

$$\eta_{EE\_sol} = R \cdot \frac{1}{1 + 1,5 \cdot R \cdot (Q_{M24} / Q_{útil}^{ef})} \quad 9$$

Así, esta ecuación automáticamente tiene en cuenta los dos factores importantes en el sistema de apoyo: 1) su rendimiento de quemador y 2) los consumos pasivos. Si no hay consumo pasivo, como en el caso de los calefones modulantes, la hEE=R del quemador. Si hay consumos pasivos, Q<sub>M24</sub>>0, la eficiencia efectiva disminuye, conforme menor sea R y mayor sea Q<sub>M24</sub>.

Etiqueta	ηEE %	Artefacto
A++	ηEE >93	Calefón A ++ Recup.
A+	94≥ηEE >85	Calefón A+ Recup.
A	85≥ηEE >80	Calefón A
B	80≥ηEE >60	Calefón B
C	60≥ηEE >51	Termostanque A+
D	51≥ηEE >41	Termostanque A
E	41≥ηEE >31	Termostanque B
F	31≥ηEE >21	Termostanque C y E

Tabla 3. Posible esquema de clasificación de los equipos de apoyo a los colectores solares.

Es interesante notar que el esquema de clasificación indicado por la Ec.

(8), también se puede utilizar para el caso de equipos de apoyo eléctricos. En este caso los correspondientes consumo Q<sub>M24</sub> y se deben expresar en kWh/día.

Usando el factor k=1,5 y los datos de la tabla 3, un posible esquema de clasificación, podría ser como se muestra. ■

### Referencias

- [1] Ministerio de Energía y Minería, [en línea]. [Último acceso: julio 2016]. Disponible en: <https://www.minem.gob.ar/>.
- [2] IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, [en línea]. [Último acceso: 20 Julio 2016]. Disponible en: [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html).
- [3] Consumo de agua en la Ciudad de Buenos Aires- Gobierno Ciudad Autónoma e Buenos Aires, 2013 [en línea].
- [4] Bermejo A., E. J. Bezzo, P. L. Cozza, J. A. Fiora, M. A. Maubro, R. Prieto y S. Gil, Eficiencia de calefones- importancia de los consumos pasivos, Benos Aires, 2013.
- [5] Trends in global water use by sector United Nations Environment Programme (UNEP), [en línea]. [Último acceso: 29 junio 2016]. Disponible en: <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article43.html> [Último acceso: 29 junio 2016].
- [6] US Department of Energy, "US Department of Energy, 10 CFR Part 430, Energy Conservation Program: Energy Conservation Standards for Residential Water Heaters, Direct Heating Equipment, and Pool Heaters; Final Rule", 2010.
- [7] Water Heater Guide Energy Publications, Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada, 2012, "Water Heater Guide Energy Publications, Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada, 2012", 2012.
- [8] ENARGAS, NAG 313 y 314, [en línea].
- [9] Department of Energy, USA, 2016, Selecting a New Water Heater, [en línea]. [Último acceso: 29 junio 2016].
- [10] Gil S., "¿Es posible disminuir nuestras importaciones de gas?

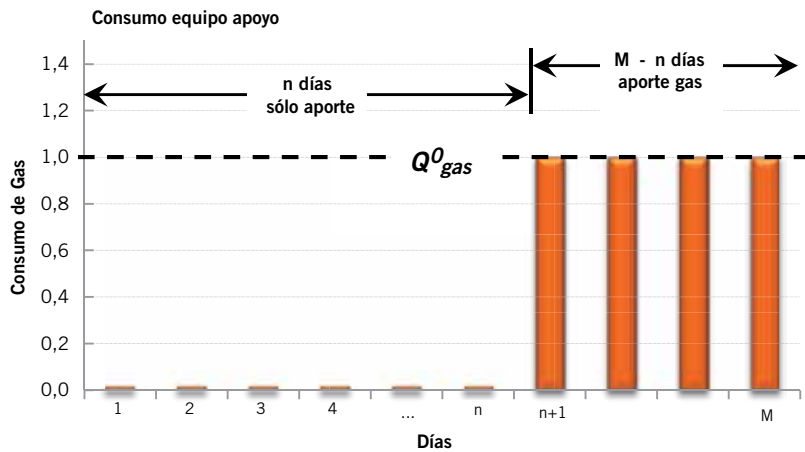


Figura 8. El aporte solar  $f_{solar}=n/M$ , generado por el sistema solar se puede esquematizar como que el mismo genera todo el aporte de agua caliente durante n días y luego durante M-n días el sistema de apoyo genera toda el agua caliente.

- Petrotecnia (Revista del IAPG)", Petrotecnia (Revista del IAPG), vol. LV, pp. 82-91, 2014.
- [11] Gil S. y R. Prieto, "¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas", Petrotecnia, vol. LIV, Nº 6, pp. 81-92, diciembre 2013.
- [12] González A. D., E. Crivelli y S. Gortari, "Eficiencia en el uso del gas natural en viviendas unifamiliares de la ciudad de Bariloche", Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, vol. 10, 2006.
- [13] "Annual Energy Outlook 2009 with projections to 2030, Departamento de Energía de los EE.UU.", [en línea].
- [14] Gil S., "Proyección de demanda de gas para mediano y largo plazo," Petrotecnia (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas), vol. XLVIII, pp. 86-100, Octubre 2007.
- [15] "IPCC. International Panel on: Climate Change. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation", 2011, [en línea].
- [16] Gil S., "Posibilidades de ahorro de gas en Argentina- Hacia un uso más eficiente de la energía", Petrotecnia (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas), Nº 2, pp. 80-84, abril 2009.
- [17] INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Vivienda, hogares y hábitat, [en línea].
- [18] Consumo e agua en el mundo, [en línea].
- [19] Grossi Gallegos H. y R. Righini., "Atlas de energía solar de la República Argentina", Publicado por la Universidad Nacional de Luján y la Secretaría de Ciencia y Tecnología, mayo 2007.
- [20] Lanson A. y A. Et., "Aprovechamiento de la energía solar en la Argentina", Petrotecnia (Revista del IAPG), vol. LV, Nº febrero 2014, pp. 62-70, 2014.
- [21] ENARGAS, Ente Nacional Regulador del Gas, 2014. [en línea]. Disponible en: <www.enargas.gov.ar>.
- [22] OLADE, "Barreras para el desarrollo del mercado de la energía solar para calentamiento de agua en América Latina y el Caribe", 2010.
- [23] Placco C., L. Saravia y C. Cadena, "Colectores solares para agua", Vols. %1 de %2. [en línea]. Disponible en: <http://www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores\_solares\_aguacaliente.pdf>.
- [24] Lanson A. y A. Et., "Aprovechamiento de la energía solar en la Argentina", Petrotecnia (Revista del IAPG), vol. LV, Nº febrero 2014, pp. 62-70, 2014.
- [25] TANKLESS OR DEMAND-TYPE WATER HEATERS, "Water Heater", 2016.
- [26] O. Argentina, [en línea]. Disponible en: <http://www.orbis.com.ar/agua-caliente/calefontestiraje-natural/digital/>.
- [27] Rinnai, "Rinnai - Tankless Water Heaters", 2016, [en línea].
- [28] IRAM, NORMA IRAM 210001-1:2014 - Energía solar Colectores solares. Parte 1 - Definiciones, Buenos Aires, 2014.