

FACTIVILIDAD ECONÓMICA DE CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA EN AREAS URBANAS RESIDENCIALES DE CIUDADES ANDINAS.

Mariela Arboit – marboit@lab.cicyt.edu.ar
Alejandro Mesa – amesa@lab.cicyt.edu.ar
Jorge Fernandez – jcfernandez@lab.cicyt.edu.ar
Carlos de Rosa – cderosa@lab.cicyt.edu.ar

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV)
Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA - CONICET)
C.C.131, (5500) Mendoza, Argentina. Tel. 0261-4288797 – Fax 0261-4287370 E-mail: marboit@lab.cicyt.edu.ar

Resumen. *El consumo indiscriminado de combustibles fósiles es el principal factor de contaminación atmosférica a escala urbana y se debe a la combustión de los vehículos por un lado y en el ámbito residencial en forma directa para la calefacción de los espacios, el calentamiento del agua y la cocción de alimentos, y en forma indirecta, en las centrales térmicas para la generación de la energía eléctrica, que se consume en los edificios y en el área urbana.*

Ante esta situación, se establecen normas técnicas para mejorar la calidad de los combustibles y programas de control de las emisiones de los vehículos por un lado, mientras que a pesar de que la demanda de energía en el sector edilicio urbano ha crecido a mayor ritmo que la demanda global, no existen muchos casos de normativas que reglamente el desempeño energético de las edificaciones.

Es necesaria la implementación de normativas, que apunten a revertir esta tendencia, y aseguren para el futuro, un aprovechamiento creciente de las energías renovables, y la preservación de la potencialidad bioclimática de cualquiera sea la escala urbana evaluada.

El trabajo analiza la factibilidad económica de la inserción de sistemas de calentamiento solar de agua, apuntando a la preservación de la disponibilidad de los recursos y por ende la eficiencia energética de los sistemas edilicios.

Palabras-clave: Energía Solar, Calentamiento de agua, Evaluación económica.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la compleja problemática del desarrollo sustentable, los aspectos relacionados con el uso de la energía en el sector edilicio urbano, adquieren particular relevancia por varias razones:

1. El sector edilicio es responsable de un porcentaje elevado del total de la energía primaria consumida, entre 30 y 40% según los climas. De este consumo total, más del 90% corresponde a los edificios urbanos y suburbanos.
2. Se trata del consumo, con crecimiento exponencial de recursos naturales no renovables, cuyo encarecimiento y eventual agotamiento es predecible en medianos plazos, más cortos que el ciclo de vida útil de los edificios que se construyen hoy en nuestras ciudades, y que son concebidos y materializados con un desconocimiento total de esta realidad.(MEADOWS,1992; BLOWERS,1993)
3. El uso en medios urbanos de combustibles fósiles para calefacción de espacios, calentamiento de agua y cocción de alimentos en los edificios y en centrales térmicas para la generación de la energía eléctrica que se consume en los mismos edificios, constituye una importante fuente de emisión de contaminantes, en su mayor parte gases de invernadero que están contribuyendo a acelerar el fenómeno de cambio climático global (GIVONI, 1998; OWENS, 1986; BREHENY,1996).
4. La morfología de los edificios urbanos, la tecnología con que están contruidos, sus características espaciales, la presencia de la arboleda urbana, la distribución y escala de los espacios verdes en la ciudad y los albedos del entorno, constituyen las variables más significativas en cuanto al impacto que producen en el clima urbano, en las condiciones de confort higrotérmico de los espacios comunitarios exteriores, en el consumo de energía en los edificios y la consecuente emisión de contaminantes y finalmente, en el mejoramiento potencial de las condiciones ambientales interiores y en los ahorros de energía posibles de obtener, mediante la implementación de estrategias de conservación y un adecuado acceso a los recursos energéticos que ofrece el clima.(GOULDING,1994; BASSO,2003; FERNÁNDEZ,2003)

Sin lugar a dudas, la sustentabilidad energética del sector edilicio de las ciudades constituye un aspecto de indiscutible relevancia dentro de la compleja problemática del desarrollo urbano sustentable y su consideración debería ser prioritaria en toda situación en que la incorporación de tecnologías más eficientes sea posible, y en cuanto los

recursos climáticos puedan realizar un aporte importante para lograr una sustancial y progresiva sustitución en el uso de los recursos no renovables.

El universo de análisis de este estudio se centra en el Área Metropolitana de Mendoza (AMM), ubicada 870 m s.n.m., a en la zona semi-desértica al oeste del Oasis Norte de la provincia homónima. Los principales requerimientos energéticos que se presentan en la zona corresponden a la calefacción (1384° día B18), disponiendo de una radiación solar global media anual de 18,06 MJ/m² día.

2. ANALISIS DE SITUACIÓN

El sistema energético actual esta conformado en su mayor parte por el uso intensivo de combustibles fósiles, con impactos deletéreos sobre el medio ambiente por lo que la reducción de los consumos energéticos y su progresivo reemplazo por energías renovables es un imperativo.

El agua caliente constituye un consumo energético importante en una casa teniendo diversos usos como la higiene personal y la limpieza de la casa. A nivel internacional existen algunos estudios de medida de este consumo. En general se considera que un consumo medio típico es del orden de los 50 litros por día y persona. En los países en desarrollo este consumo constituye entre el 30 y el 40% del consumo de energía de un hogar, este porcentaje es mayor que en los países desarrollados, donde el consumo de energía para producir agua caliente sanitaria (ACS) se supone del 26% del consumo total de la vivienda.

En nuestra provincia excluyendo el Consumo Propio (consumo de energía en yacimientos de hidrocarburos, refinerías, y otras. Consumo Propio=Consumo Neto Total - Consumo Útil Total) y el Consumo no energético (derivados del petróleo no usados como fuentes de energía- aceites, solventes, etc.-) La participación del sector residencial en el consumo energético total provincial se ubica en segundo lugar y es del 30.97%, se destaca la participación de la industria que explica alrededor del 37.66% del total seguido por el sector transporte con un 16.39%, los sectores productivo rural y servicios exhiben participaciones menores al 10% con una eficiencia del 55.6% (Rendimiento=Consumo Útil Total/ Consumo Neto Total) (Abastecimiento Bruto Total – Consumo Útil Total) , lo que significa que casi la mitad de la energía consumida presenta pérdidas de transformación, transporte, distribución y de utilización. (Figura 1)

Del 100% de la energía utilizada en el sector edilicio domestico urbano, el 37.8% del consumo corresponde a calefacción y el 30.8% a calentamiento de agua, el 6.5% a conservación de alimentos, a cocción de alimentos el 9.3% a refrigeración y ventilación el 0.7% a iluminación el 0.2% y finalmente 11.7% a otros artefactos (incluyendo bombeo de agua, y motores domésticos) (Figura 2)

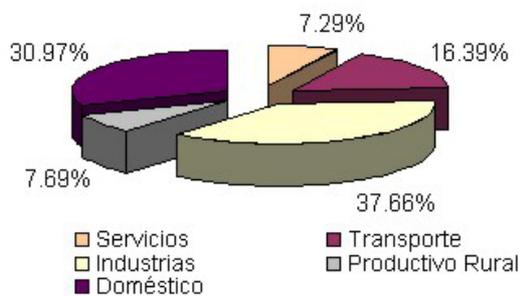


Figura 1- Consumo Propio por sector

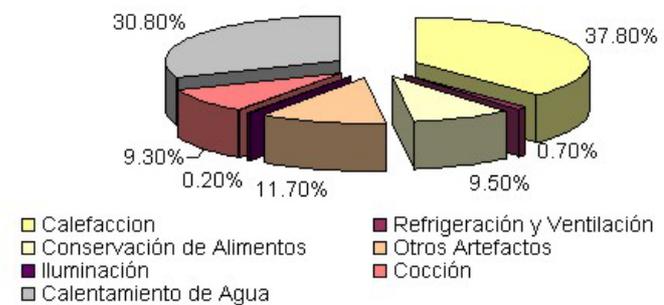


Figura 1- Consumo energético en el sector edilicio

En relación a la principal fuente de consumo en el sector domestico urbano el mayor valor corresponde al gas distribuido, que explica el 67.7%del consumo total en el sector, seguido en orden de importancia por la Electricidad con un 22.6%y el gas licuado por un 7.2%. La participación del resto de las fuentes en el sector es prácticamente marginal. (Figura 3)

Los mayores usos de gas distribuido ocurren en la calefacción (48% del total), calentamiento de agua (42%) y cocción (10%). Los dos usos citados calefacción y calentamiento de agua explican el 90% del consumo total de la fuente. (Figura 4)

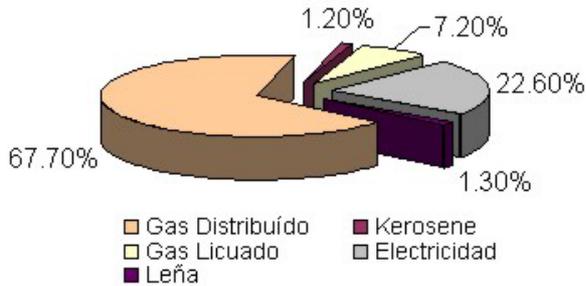


Figura 3- Participación por fuente de generación

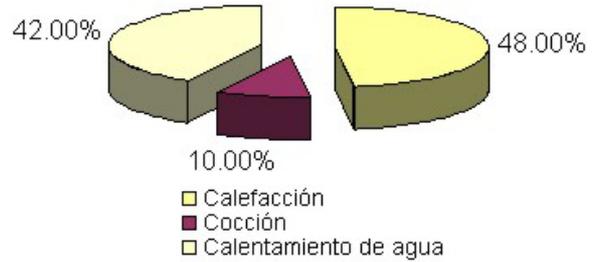


Figura 4- Porcentaje de uso de gas distribuido

A nivel mundial, el calentamiento de agua se ha convertido en el segundo uso energético doméstico en importancia después de la calefacción y la refrigeración. Por esta razón, el calentamiento de agua mediante energía solar, más allá de ser una alternativa ecológica, se ha convertido en una tecnología económicamente atractiva y competitiva en muchos países. La energía solar directa es considerada como prácticamente ilimitada. En la región existe un gran potencial para el desarrollo de la energía solar como una fuente alternativa, ya que cuenta con una radiación solar global media anual de 18,06 MJ/m² día, su carácter distribuido es un beneficio adicional, dado que en muchos casos existe un estado de subdesarrollo de la infraestructura de servicio y de las redes de distribución energética, sin embargo, hasta ahora no se han dado las condiciones para facilitar su uso, Los beneficios ambientales del uso de calefones solares incluyen dos vertientes: las de carácter local, que generan reducciones en emisiones de productos de la combustión, como los óxidos nitrosos (NOx) y monóxido de carbono (CO), y los beneficios ambientales globales derivados de menores reducciones de emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Además, a menor consumo de combustibles, disminuyen también las potenciales fugas y, las emisiones de estos compuestos hidrocarburos que pueden contribuir a la formación de ozono troposférico mediante procesos fotoquímicos.

En el sector doméstico del Área Metropolitana de Mendoza (AMM), la tecnología predominante para el calentamiento de agua es el calefón a base de gas natural. Se estima que el 73.6% de los hogares de la provincia poseen gas de red según el censo 2001 (Tabla 1). Los datos referidos a los departamentos del AMM son los siguientes:

Tabla 1. Porcentaje de Población con servicio de energía eléctrica y gas de red.

| Municipios | Población total | Porcentaje de población con | |
|------------------------|------------------|-----------------------------|--------------|
| | | Energía eléctrica de red | Gas de red |
| Total Provincia | 1,563,838 | 97.3 | 71.2 |
| Guaymallén | 250 | 98.6 | 83.7 |
| Godoy Cruz | 181 | 98.6 | 92.9 |
| Las Heras | 182 | 98.1 | 77.9 |
| Maipú | 153 | 97.3 | 67.8 |
| Capital | 106 | 98.1 | 90.0 |
| Luján de Cuyo | 103 | 97.2 | 73.8 |
| Promedio | | 97.98 | 81.01 |

3. METODOLOGÍA

El calentamiento de agua solar depende del recurso solar y del área colectora disponible por el número de personas. Para la zona noroeste de Mendoza considerando la radiación incidente el requerimiento de m² son 0.65m² por persona de colector.

3.1 Evaluación del recurso solar

La recopilación, procesamiento y archivo de los datos climáticos de la provincia de Mendoza, se ha desarrollando en el UID, en forma sistemática y progresiva desde 1987, contándose con información completa de 20 estaciones dentro del territorio provincial y 3 en zonas de provincias vecinas cercanas a los límites de Mendoza.

Se seleccionaron las estaciones con sus respectivos datos para realizar los mapeos, obteniendo un máximo grado de cobertura de la información climática básica, relevante desde el punto de vista ambiental y energético para ser aplicada en los cálculos energéticos del parque edilicio.

Mediante la interpolación de los datos meteorológicos se logró el mapeo de las isólinas correspondientes a la RADIACIÓN SOLAR que fue calculada a partir de datos meteorológicos reales (SMN década 80 - 90), que tienen en cuenta la radiación global (radiación directa + difusa), sobre plano horizontal a cielo abierto, es decir, sin ninguna obstrucción de la visión de la bóveda celeste. En los valores horarios de radiación se tienen en cuenta las cantidades de radiación medias, habiendo considerado los valores de la heliofanía relativa (cantidad de radiación real en condiciones de cielo claro). La radiación solar es uno de los recursos más importantes considerando que es la mayor fuente de energía disponible en la zona, además de gratuita limpia e inagotable.

Los valores de radiación para la provincia de Mendoza son:

- radiación solar de invierno para el mes de junio, julio y agosto es de 11 (MJ/m²) para el norte de la provincia, 10 (MJ/m²) en la zona central y 9 (MJ/m²) para el sur. En tanto en épocas estivales la radiación alcanza valores de 25 (MJ/m²) (Figura 5)
- radiación solar anual es de 19 (MJ/m²) para el centro-norte de la provincia estaciones (8 Junín, 18 San Martín y 19 Lavalle), 18 (MJ/m²) en la zona central, 17 (MJ/m²) oeste y centro sur y 16 (MJ/m²) para el sur. (Figura 6)



Figura 5- Isólinas de Radiación Solar Anual para la Provincia de Mendoza (MJ/m²)



Figura 6- Radiación Solar Invierno (meses 6,7,8) para la Provincia de Mendoza (MJ/m²)

3.2 Determinación de las áreas colectoras

Para la determinación de las áreas colectoras, en cada caso es preciso discriminar: el área potencialmente colectoras disponible, el área colectoras efectiva y las posibilidades de aprovechamiento solar real. Para el cálculo se realizó la construcción de un archivo gráfico-computacional conteniendo la información de 32 unidades de análisis seleccionadas. A partir de un relevamiento fotográfico in-situ del espacio se obtuvo información del contexto complementaria (CÓRICA, 2004).

Sobre la base de la información y la digitalización de las imágenes se conforman modelos 3D en programación AutoCAD_R, de las volumetrías de las viviendas de cada manzana de baja densidad. A continuación se insertaron las volumetrías del arbolado urbano tomando como referencia la morfología, escala y ubicación de cada elemento vegetal relevado.

La superficie asoleada se calculó mediante el uso de un modelo gráfico-computacional desarrollado en la UID (MESA, 2000), que permite determinar el asoleamiento real de volumetrías urbanas complejas sobre fachadas al norte (calefacción de espacios) y techos (calentamiento de agua). Se analizaron 1600 imágenes correspondientes a los sectores urbanos seleccionados. La superficie asoleada se considera como la sumatoria de la totalmente asoleada más la parcialmente asoleada (afectada por el arbolado urbano) (CANTÓN 1996, 2001), para cada unidad de análisis durante el ciclo anual de calefacción. (Figura 7)

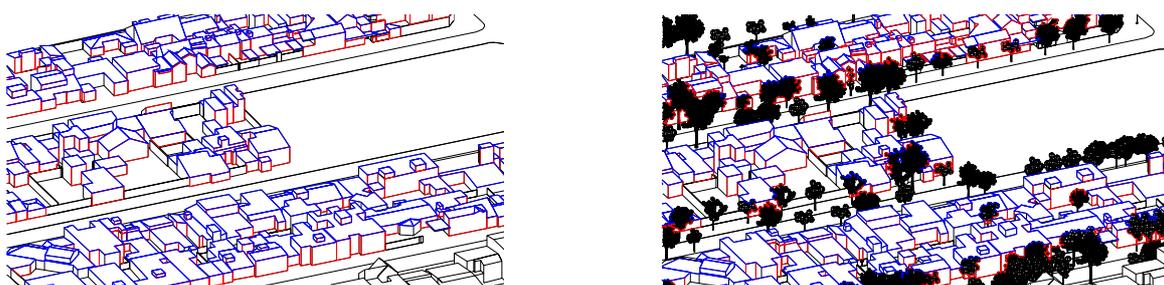


Figura 7- Imagen del cálculo área colectoras con y sin la obstrucción del arbolado

3.3 Evaluación económica

En la zona del Gran Mendoza en promedio existe una vivienda cada 4 personas. Se ha tomando como referencia para la evaluación económica que una persona consume 50 litros de agua caliente por día y se ha considerando que en la zona climática existe un requerimiento de 0.65m² por persona de colector solar. Por lo que se puede calcular que se necesitarían como mínimo 2.6 m² de colector por vivienda, la disponibilidad de mercado produce equipos de 2.5m² por lo que se establece dicha medida como caso de análisis.

En Argentina, el valor actual del equipo es de \$3250.50 para el sistema completo de termosifón, que consiste en un colector de 2,5m² más un termostanque de 240 litros de capacidad (el costo del equipo incluye el flete local e instalación). (Datos Provisos por INNOVAR S.R.L).

Los cálculos fueron realizados tomando como referencia que: un calefón solar con un colector de 1m² ahorra anualmente 1260 Mcal lo que equivale a 105 kg de gas licuado envasado y a 135.50 m³ de gas natural de red.

El objetivo de la evaluación económica es la obtención de elementos de juicios necesarios para la toma de decisiones al momento de decidir la implementación de calefones solares; se calcula a. Valor Actual Neto, b. Tasa Interna de Retorno.

a. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Se actualiza a valor presente los flujos de caja futuros que van a generar la implementación de calentamiento de agua solar, descontados a un cierto valor de interés ("la tasa de descuento"), y compararlos con el importe inicial de la inversión. Como tasa de descuento se utiliza normalmente el costo de oportunidad del capital de la empresa que hace la inversión.

$$VA = S_0 + \sum \frac{S_t}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Donde:

VAN = Valor actual neto.

S₀ = Inversión inicial.

S_t = Flujo de efectivo neto del periodo.

N = número de periodos de vida del proyecto.

i = tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA).

b. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Se define como la tasa de descuento o tipo de interés que iguala el VAN a cero, es decir, se efectúan tanteos con diferentes tasas de descuento consecutivas hasta que el VAN sea cercano o igual a cero y obtengamos un VAN positivo y uno negativo.

Si TIR > tasa de descuento (r): El proyecto es aceptable.

Si TIR = r: El proyecto es postergado.

Si TIR < tasa de descuento (r): El proyecto no es aceptable.

Este método presenta más dificultades y es menos fiable que el anterior, por eso suele usarse como complementario al VAN.

TIR está íntimamente relacionado a VAN, la función valor neto actual. La tasa de retorno calculada por TIR es la tasa de interés correspondiente a un VAN igual a 0 (cero).

4. RESULTADOS

4.2 Calculo de áreas colectoras

En la Fig. 8 se presentan los valores del total de áreas asoleadas potencialmente disponibles en techos (81,5%) y en fachadas norte (18.5%) para las 32 unidades de análisis seleccionadas. Los resultados obtenidos demuestran que en la baja densidad, el predominio de la superficie de techos asoleada con relación a las áreas de fachadas norte, es notorio. Se debe pensar en el aprovechamiento de manera de maximizar el uso potencial de energía solar, considerando el calentamiento de agua para uso doméstico, la calefacción de espacios y eventualmente generación fotovoltaica.

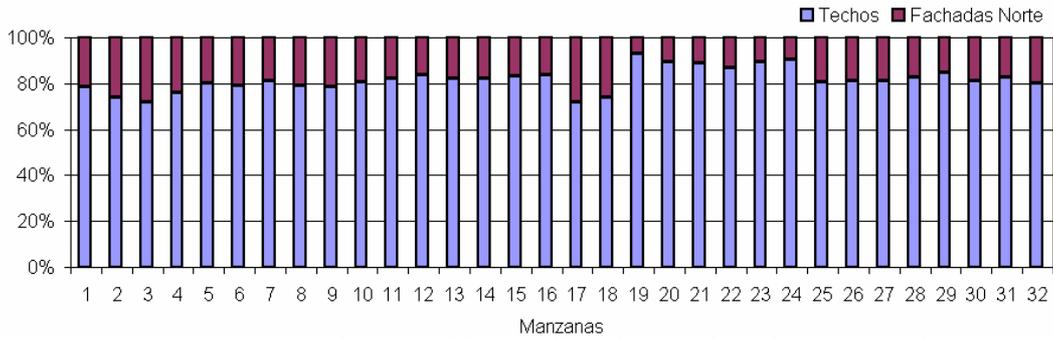
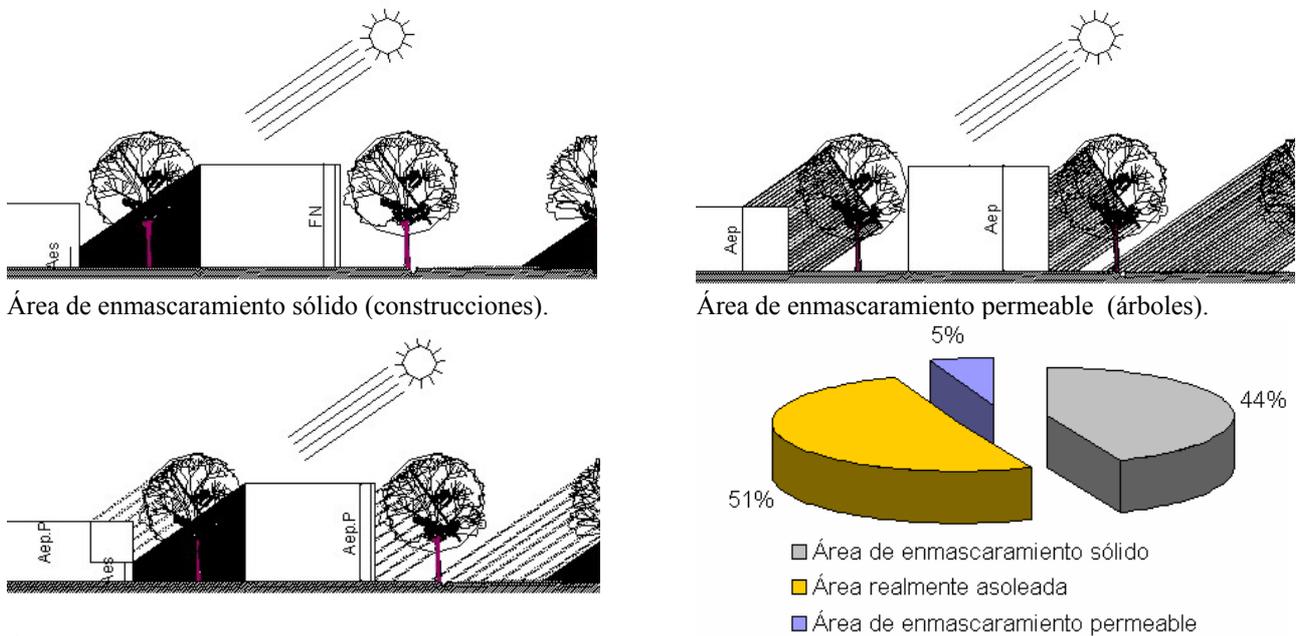


Figura 8- Porcentaje de áreas asoleadas potencialmente disponibles en fachadas norte y techos por escenarios

En esta etapa se evaluó el área potencialmente colectora total en techos y se calculó el enmascaramiento sólido (construcciones) que disminuyen en un 44% las áreas de techos donde es factible la colocación de calefones solares. Debe tenerse en cuenta, además, que la obstrucción sobre techos de los ramajes desfoliados de las especies arbóreas utilizadas es porcentualmente bajo, con una media de un 5% esto por la influencia negativa de la arboleda urbana pública o privada en los meses de estudio.



Área realmente asoleada: sumatoria de los valores de las superficies asoleadas sin árboles más las áreas asoleadas techos potencialmente colectoras afectadas por arbolado urbano.

Figura 9- Evaluación de áreas colectoras

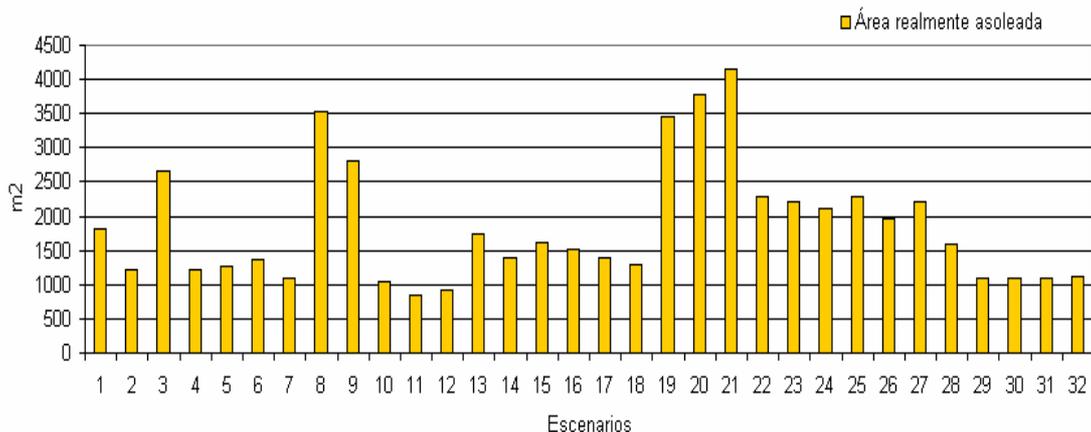


Figura 10- Valores de áreas realmente asoleadas de techos por escenarios evaluados.

La superficie realmente asoleada que puede obtenerse en techos se ha calculado y puede decirse que existe una media de 1850 m² asoleados por manzana este valor cumple ampliamente la necesidad de calefacción de agua.

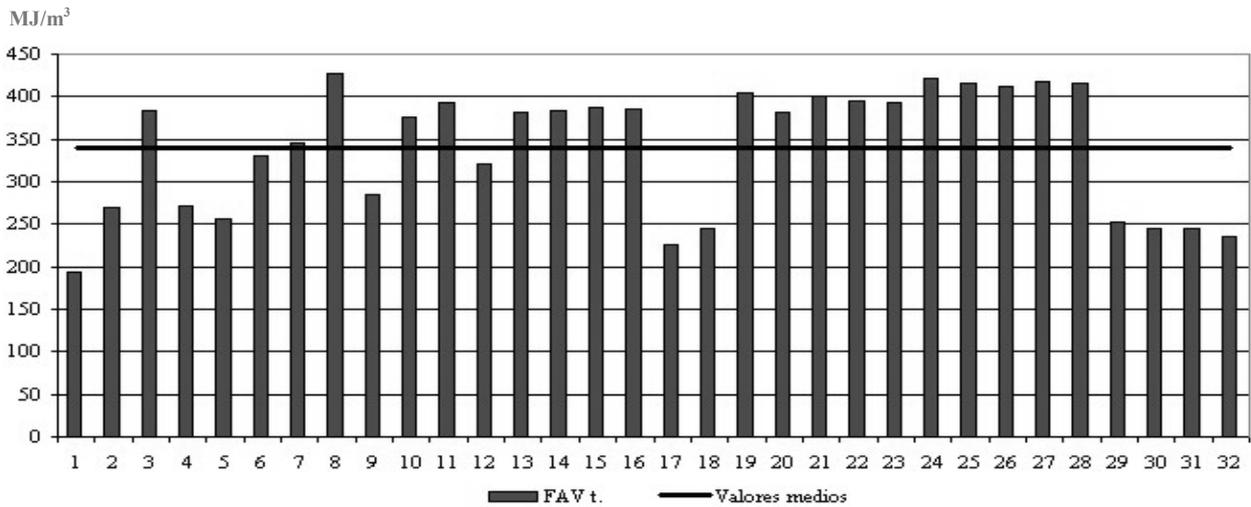


Figura 11- Valores calculados del Factor de Asoleamiento Volumétrico Techos (FAVt)

En el caso de la menor disponibilidad de energía en techos en relación al volumen construido (escenario 1), la morfología edilicia heterogénea representa una desventaja por la irregularidad en la pendiente de techos que bloquea parte de la radiación incidente sobre la superficie, y un aumento substancial de la densidad del edificio. (Arboit, et al. 2007)

4.2 Evaluación Económica

Una vivienda que utiliza gas licuado envasado en la cual es posible la instalación de un equipo de 2.5 m² de colector, consume anualmente 262.5 kg. de gas, si el precio del gas por kg. es de \$ 3.82, y se considera un rendimiento del 66% el costo ahorrado anual es de \$ 661.82/ año. El ahorro anual implementando la tasa mínima atractiva del 5.5% da como resultado 5 años de recuero de la inversión y la posibilidad de reponer el equipo al finalizar su vida útil calculada en 20 años.

Si el calefón de la vivienda es a base de gas natural consume 406.5m³ anuales el precio del gas por m³ es de 0,146787 el costo ahorrado es de \$ 59.64 / año. La tarifa residencial de gas natural argentina en una comparación internacional es nueve veces menor que la media. Si se considera sólo los países limítrofes en comparación, la tarifa es diez veces menor que la media. (Figuras 12 y 13)

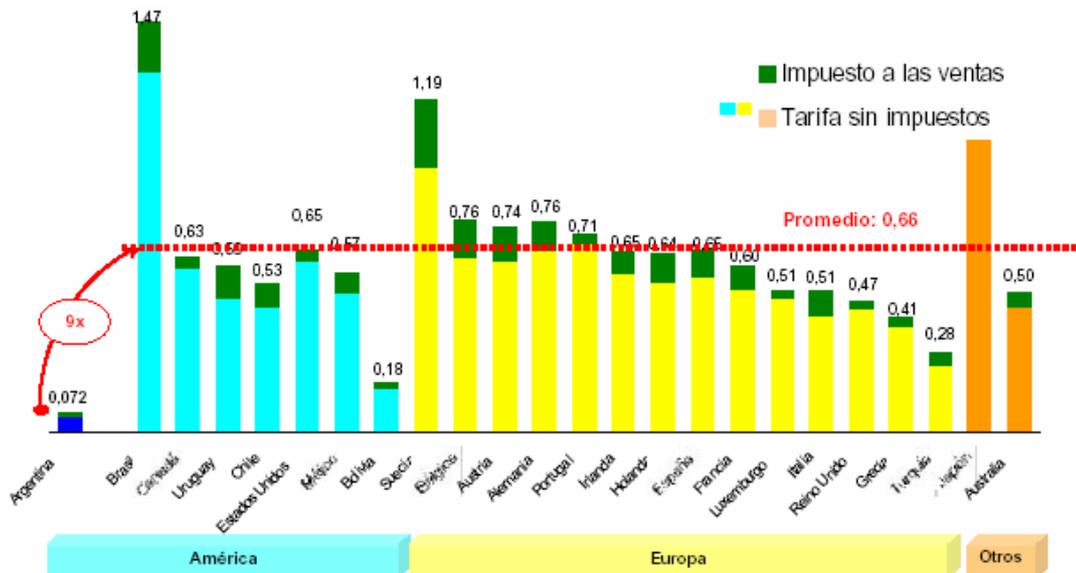


Figura 12- Tarifa residencial del Gas Natural: Comparación internacional. Septiembre 2005 (US\$/m³) (Metrogas 2005)

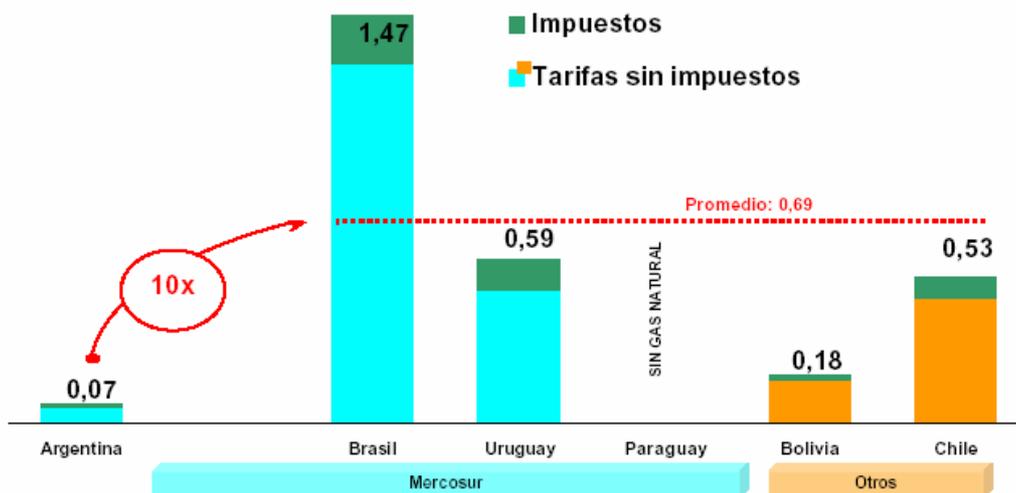


Figura 13- Tarifa residencial del Gas Natural: Comparación Mercosur. Septiembre 2005 (U\$/m³) (Metrogas 2005)

La evaluación económica se realizó considerando la tarifa internacional residencial media calculada a valor dólar de \$0.66, incluye las tarifas con impuestos a los ingresos brutos e impuestos nacionales a las ventas e excluye otros impuestos provinciales y/o municipales para un consumo anual referente de 1200 m³.

Estos valores a un tipo de cambio actual de \$ 3.19 por dólar, arroja un costo de pesos argentinos \$ 2.10 por m³ de gas residencial.

La vivienda consume 406.5m³ anuales y la eficiencia del equipo es del 66% por lo que el ahorro posible de gas es de 268.29m³.

El ahorro real es de \$563.40 anuales, si calculamos el VAN necesitaríamos aproximadamente seis años para el recupero con el precio internacional del gas. (Tabla 2)

Inversión Inicial \$ 3,250.50
 Tasa mínima atractiva 5.5% anual
 Ahorro anual \$ 563.40

Tabla 2- Cálculo del VALOR ACTUAL NETO (VAN)

| Nº Años | Valor Presente Neto | Recuperación |
|------------|---------------------|--------------|
| 1 | 563.4 | -2687.1 |
| 2 | 560.6 | -2126.5 |
| 3 | 557.8 | -1568.7 |
| 4 | 555 | -1013.7 |
| 5 | 552.3 | -461.4 |
| 6 | 549.5 | 88.1 |
| 7 | 546.8 | |
| 8 | 544.1 | |
| 9 | 541.4 | |
| 10 | 538.7 | |
| 11 | 536 | |
| 12 | 533.3 | |
| 13 | 530.7 | |
| 14 | 528 | |
| 15 | 525.4 | |
| 16 | 522.8 | |
| 17 | 520.2 | |
| 18 | 517.6 | |
| VAN | 6473 | |

Tabla 3- Cálculo de la TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

| Nº de años | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| -3250 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 | 563 |
| TIR | 17% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5. CONCLUSIONES

La energía solar para calentamiento de agua es una solución viable para los entornos construidos residenciales. La implementación de calefones solares ayuda a reducir el consumo de combustibles (petróleo, gas, electricidad) y sus consecuente impacto ambiental.

Como puede establecerse luego de analizar los resultados las áreas asoleadas disponibles en techos son abundantes, cuando se trabaja con un objetivo a mediano y largo plazo resulta inaceptable que una importante cantidad de energía no pueda ser aprovechada, para el mismo uso, especialmente cuando se trate de grandes áreas asoleadas. Para “superar” tentativamente esta limitación se propone estudiar la implementación de ganancia directa por techos y eventualmente la generación fotovoltaica, la validez de esta suposición y su viabilidad económica, debe ser puesta a prueba por estudios futuros.

La reglamentaciones municipales vigentes (Códigos de Edificación) que regulan las construcciones en medios urbanos, no contemplan la utilización de equipos de calentamiento de agua ni reglamentan el recurso solar. Si bien las Ordenanzas Municipales representan un esfuerzo interesante para mejorar las condiciones ambientales queda aún pendiente, definir lineamientos de diseño que sirvan de base a una legislación futura que controle variables significativas para la optimización y generalización del aprovechamiento solar en entornos urbanos. El incremento del precio de las energías convencionales impulsará el crecimiento continuo de la energía solar en todo el mundo y se espera un mayor fortalecimiento de la demanda de energía verde.

Ante la actual estructura económica de los combustibles fósiles, la adecuación de instrumentos y fomentos será clave para alcanzar la sustentabilidad energética en el futuro.

6. REFERENCIAS

- Arboit, M et al. (2005). "Potencial energético de la ganancia solar directa en medios urbanos consolidados de zonas áridas andinas." AVERMA, Ed. Millor, Salta, Argentina.
- Basso, M., et al. (2003). "Urban morphology and solar potential of the built environment in Andean Cities of Hispanic Layout. Assessing proposals towards a more sustainable energy future". 20th Conference on Passive and Low Energy Architecture, PLEA 2003, Santiago – Chile, Noviembre.
- Blowers, A. (1993). "Planning for a sustainable environment. A Report by the Town and Country Planning Association". Earthscan Publications Limited. London.
- Breheeny, M. (1996). "Centrist, Decentrists and Compromisers in The Compact City". E & FN Spon, London.
- Canton, M.A., et al. (2003). "Assessing the solar resource in forested urban environments: results from the use of a photographic-computational method. Architectural Science Review, Vol. 46.
- CONAE (2007). Programa para la promoción de Calentadores de agua Solares en México. Procalsol, México D.F. CNAE – Comisión Nacional para el Ahorro de Energía de México.
- Córica, L., et al. (2004). "Iluminación natural de espacios habitables en función de la morfología urbana circundante, para climas soleados". AVERMA, Ed. Millor, Salta, Argentina.
- Fernández, J. et al. (2003). "Consecuencias energéticas de las nuevas reformas al código de edificación de la Ciudad de Mendoza" AVERMA, Ed. Millor, Salta, Argentina.
- Follari y A. Fasulo. VEINTE AÑOS CON LOS CALEFONES SOLARES ARGENTINOS. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 5. 1998. ISSN 0328-932X
- Givoni, B. (1998). "Climate considerations in building and urban design" John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Goulding, J. et al. (1994). "Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook. C.E.C. INNOVAR S.R.L.
- Meadows, D. H., et al. "Beyond the limits". Earthscan Publications Limited. London. 1992.
- Mesa N. A. et al.(2000). "Determinación de áreas de fachadas potencialmente colectoras en medios urbanos, a través de un modelo gráfico computacional". Memorias del Ises Millennium Solar Forum 2000, ANES, México, D. F.
- Metrogas. Comparación Internacional de Tarifas de Gas Natural para Clientes Residenciales e Industriales a Septiembre 2005. (Metrogas, 2005)
- Ministerio de Ambiente y Obras Publicas. (1998). "Estudio energético integral de la provincia de Mendoza". Mendoza, Argentina.
- Municipalidad de Mendoza (2000). "Código de Edificación", Ordenanza N° 3296/14975/1996".
- Owens, S, (1986). "Energy, Planning and Urban Form". Pion Ltd., London.