

Análisis del potencial beneficio de la sustitución de fuentes de energía convencional por solar fotovoltaica y térmica, en una vivienda familiar de la Ciudad de Córdoba, Capital

Mirta Roitman¹,
Alejandro Mestrallet²,
María Dolores Aramburu³
Roberto Rossi⁴

¹ Departamento de Física, F.C.E.F. y N., U.N.C.

², F.C.E.F. y N., U.N.C

³ Departamento de Tecnología, F.A.U.D., U.N.C

⁴ I.U.A.

Resumen- La idea de implementar la sustitución de las fuentes de energía convencional por la solar fotovoltaica y térmica realizada en la vivienda de un vecino de la ciudad Córdoba, Capital, abocado en mejorar las condiciones de vida familiar y preservar el ambiente, conlleva a una modificación en las costumbres de uso de la misma y un potencial beneficio del grupo, más allá del económico. Se analiza en este trabajo, el potencial beneficio que se generaría a partir de la sustitución de fuentes de energía convencional por la solar fotovoltaica y térmica, en este hogar, en cuanto a la disminución de la demanda de energía provista por la Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC) y por la Distribuidora de Gas del Centro (Ecogas), en la emisión de gases de efecto invernadero y el impacto social que se generaría debido a la sustitución sustentable propuesta.

Palabras clave: energía, solar fotovoltaica - térmica, vivienda familiar

Introducción

Considerando el sensible aumento del costo de la energía convencional, el calentamiento global y la problemática derivada del uso de petróleo, cada vez más personas se preocupan seriamente, en la búsqueda de una vivienda energéticamente eficiente, como es el caso analizado en este trabajo.

A los efectos de paliar las consecuencias de los factores antes citados aparece en la concepción y visión de futuro de un vecino de la Ciudad de Córdoba, la idea de realizar en su vivienda familiar, en el marco de la Ley N° 26.190/06, la sustitución de la energía eléctrica convencional provista por la Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC) por la solar fotovoltaica y de la suministrada por la empresa prestataria del servicio de gas natural por redes, la Distribuidora de Gas del Centro (ECOGAS), por la solar térmica .

La posibilidad de implementación de ambas sustituciones convertirían a esta vivienda sustentable energéticamente, y como potencial efecto de la sustitución planteada se generaría un ahorro en la economía familiar por disminución del consumo de la energía habitualmente provista por la red domiciliaria - de origen contaminante -, y

un impacto positivo en la preservación del medio ambiente por la utilización de fuentes de energía renovables.

El análisis se realizará para la vivienda urbana que cuenta con energía solar fotovoltaica funcionando en óptimas condiciones agregando como anteproyecto de conversión solar térmica la instalación de paneles para calentamiento de agua sanitaria. Se indica también la posibilidad de utilizar eventualmente una cocina solar para cocción de alimentos

Se analizará, entonces, el potencial impacto económico, ambiental y social devenido de la sustitución planteada de la fuente habitual de suministro de energía por una fuente no contaminante y sustentable como la solar, para la vivienda ubicada en un barrio de la Ciudad Córdoba.

Objetivo:

Realizar un análisis del potencial beneficio que se produciría en una vivienda familiar ubicada en la Ciudad de Córdoba, a partir de la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaico, concebido de modo de generar energía para abastecer el consumo eléctrico interno del grupo familiar y por un sistema de energía solar térmica que satisfaga en parte el consumo térmico, evaluando el ahorro en el uso de combustibles fósiles, la disminución en las emisiones de CO₂ a la atmósfera y el impacto social devenidos de esta sustitución sustentable.

Metodología:

1- Descripción de los sistemas de energía solar propuestos para la conversión sustentable de la vivienda:

La vivienda elegida para este estudio da habitabilidad a cuatro personas y se ubica en un barrio de la Ciudad de Córdoba que dispone de energía eléctrica provista por la Empresa Provincial de Energía de Córdoba (E.P.E.C.) y energía térmica mediante gas natural por redes provisto por la empresa Distribuidora de Gas del Centro (ECOGAS).

En la misma se plantearon dos conversiones de fuentes de energía: la eléctrica de red, por solar fotovoltaica y parte de la térmica obtenida por combustión de gas, por solar térmica para calentamiento de agua para uso sanitario.

A continuación se analiza cada sistema sustentable:

1-1 Sistema de Energía Solar Fotovoltaica:

La sustitución de la fuente de energía eléctrica provista por la red se realizó mediante un sistema solar fotovoltaico que está funcionando de manera autónoma, es decir independiente de la provista por la empresa de energía prestadora del servicio, diseñado para abastecer un consumo eléctrico promedio de 2 393 Wh/día.

A los efectos de satisfacer esta demanda el vecino emprendedor instaló en la vivienda un arreglo de 12 paneles en una estructura de montaje de diseño propio, conectados de a 2 en serie (sistema a 24 V), además de un regulador de voltaje solar de tecnología PWM (Modulación por Ancho de Pulso) de 30 Ah de capacidad, un banco

de baterías con capacidad de almacenamiento de 800 Ah, del tipo plomo–ácido de ciclo profundo a 24 VCC de tensión de trabajo y un inversor / cargador de 24 VCC de entrada a 220 VCA, de 2 000 W de potencia de salida y onda sinusoidal pura.

Se instaló un tablero de control dotado de las medidas de seguridad para el manejo de las distintas tensiones presentes en el sistema, tanto de corriente continua como de corriente alterna, mediante fusibles y llaves termomagnéticas, además de indicadores de voltaje, amperaje y potencia suministrada y consumida en cada instante, incorporando protectores para descargas atmosféricas para ambos tipos de tensión (CA y CC) a los efectos de evitar daños al sistema, producto de eventuales perturbaciones eléctricas provocadas por esta causa.

El sistema cuenta con una llave selectora a levas que permite accionar, ante un eventual mantenimiento general del sistema, conmutando la o las secciones de la vivienda alimentadas mediante energía fotovoltaica a la energía de la red, de manera de no alterar el normal funcionamiento de los artefactos conectados.

1-2 Sistema de Energía Solar Térmica:

La sustitución de la fuente de energía térmica obtenida mediante combustión de gas, por solar térmica se plantea mediante la factibilidad de instalación de: a) paneles solares para calentamiento de agua sanitaria y b) eventualmente, una cocina solar para la parte de cocción de alimentos

a) Paneles solares térmicos:

En la Fig. 2 se muestra el arreglo de paneles solares que podrían instalarse en la vivienda en estudio.

Los colectores de tubos de vacío son productos de fabricación industrial en grandes series que han sido desarrollados especialmente para el calentamiento del agua y la calefacción de apoyo en viviendas familiares a través de la energía solar. Debido a su escasa pérdida de presión, los módulos se pueden conectar en serie.

Se pueden emplear como colectores aislados, sin acoplarse a otros módulos. Con sus prácticos tamaños de módulos de 3,2 y 4,0 m² de superficie de apertura, son muy eficientes y fáciles de manejar, lo cual facilita su montaje.

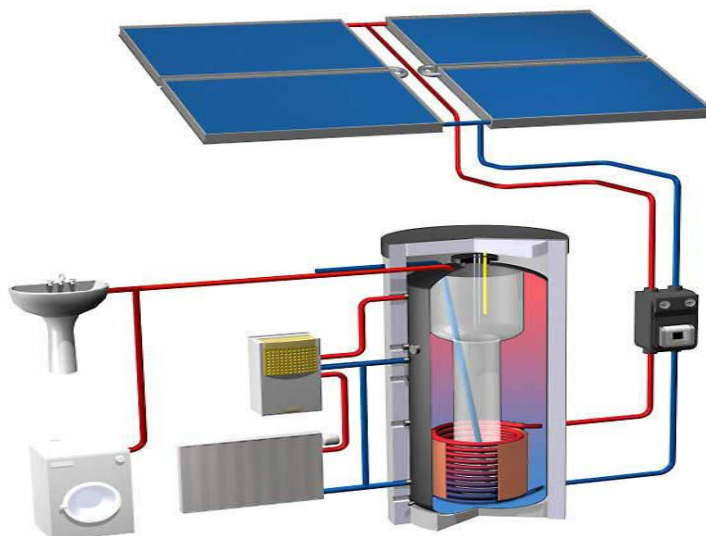


Fig. 2 – Esquema de Paneles Solares propuesto

b) Cocina Solar:

La cocina solar ofrece un sistema simplificado de cocinar con un total ahorro de dinero, al no necesitar ningún aporte de combustible u otra fuente de energía que no sea la solar directa, libre, gratuita y no contaminante.

El diseño propuesto es de un sistema de concentración de los rayos solares interceptados mediante una forma parabólica que dirige la energía radiante solar llevándola a su zona focal, de 1kW de potencia. De este modo se lograría un elevado aprovechamiento térmico en la olla donde se concentra la energía solar, alcanzándose temperaturas cercanas a los 320 °C y con ello poder realizarse no sólo operaciones de hervir, estofar, cocer al vapor, sino además freír y asar. (Ver Fig . 1)

La disponibilidad de lograr en un punto un aporte significativo de energía térmica, hacen a este sistema óptimo para utilizarse para otros fines culinarios como la elaboración de confituras y compotas, horneado en general, y recalentado de alimentos, elaboración de conservas, etc.



Fig. 1- Cocina Solar parabólica

2 – Evaluación del potencial consumo de energía de los sistemas:

2-1 Potencial Consumo del sistema eléctrico:

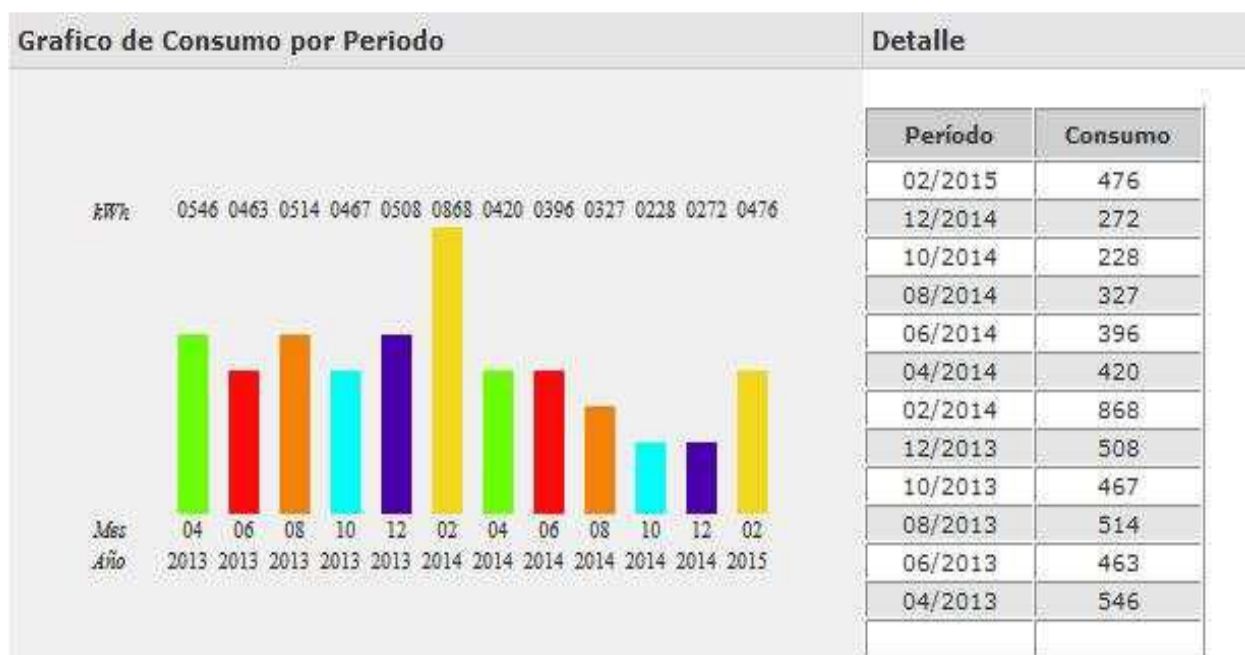
Las cargas del sistema solar fotovoltaico instalado en la vivienda familiar que se encuentra funcionando en óptimas condiciones, se fueron conectando en distintas etapas según el siguiente detalle:

- El día 25/12/2012 se incorporaron al sistema solar fotovoltaico solo las luminarias, representando 889 Wh/día, para la primera etapa.
- Con fecha 10/08/2013: se agregaron como cargas la computadora personal y la impresora aumentando en 514 Wh/día el consumo.
- Finalmente el 02/08/2014: se conectó a la red fotovoltaica la heladera familiar etiquetada clase A, adicionando 990 Wh/día de consumo.

Al finalizar estas tres etapas escalonadas en el tiempo, se obtiene el esquema final conectando al sistema solar fotovoltaico totalizando los 2 393 Wh/día previstos.

El consumo de energía eléctrica total de la vivienda por bimestres desde la puesta en marcha del sistema solar fotovoltaico según los datos suministrados por la Empresa Provincial de Energía de Córdoba, se muestra en el Gráfico 1.

El consumo a la red eléctrica se vio modificado en cada etapa de carga al sistema solar fotovoltaico, demandando de la red de EPEC progresivamente menos energía de la misma, según la sustitución realizada.



Los valores estan expresados en Kwh.

Gráfico 1: Consumo eléctrico de la vivienda.
Fuente: Datos suministrados por la EPEC

2-2 Consumo del sistema térmico.

En el caso de esta vivienda, ubicada en un centro que dispone de gas natural por redes, es difícil la estimación del consumo puntualmente realizado para cocción de alimentos.

La variación del consumo es función de los meses del año, teniendo una dependencia muy fuerte con la temperatura.

Durante los meses estivales con temperaturas mayores de 20°C aproximadamente, el consumo de gas es casi constante y aproximado a 2 m³/día, valor que tiene en cuenta el calentamiento de agua y cocción de alimentos.

Esta componente del consumo residencial, se lo denomina consumo base y a medida que desciende la temperatura, los usuarios comienzan a encender la calefacción.

El consumo base estadísticamente puede distribuirse en un 25% consumido por la llama de los sistemas de piloto de los artefactos, 24% para cocción de alimentos y el 51% restante para calentamiento de agua.

La variación del consumo diario se muestra en el Gráfico 2. (ENARGAS- Datos operativos del sistema de gas. www.energias.gov.ar, 2014.)

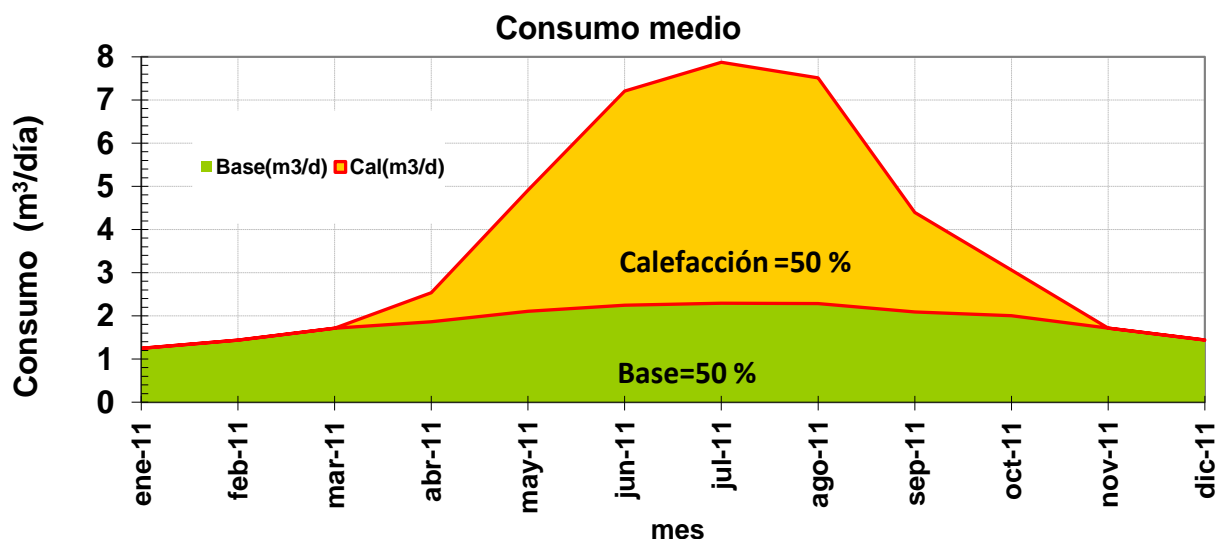


Gráfico 2: Consumo promedio de gas natural de una vivienda residencial tipo
Fuente: ENARGAS - Datos operativos del sistema de gas - 2014

3- Análisis del potencial beneficio generado por la sustitución de los sistemas de energía sustentables propuestos:

Se analizan a continuación los potenciales beneficios que se podrían generar a partir del reemplazo propuesto de las fuentes de energía habituales por red, por la solar, en la economía familiar, preservación del medio ambiente y el impacto social implícito.

3-1 Potencial beneficio económico:

3-1-1 Sistema de energía solar fotovoltaico

Según los valores de consumo suministrados por la E.P.E.C., se puede observar un ahorro de energía eléctrica demandada de la red de distribución convencional que varía según el período del año considerado y tiene relación, no solo con la sustitución de la fuente, sino con la progresiva integración de artefactos al sistema solar fotovoltaico.

En la Tabla 1 se muestra la evolución del consumo bimestral de energía eléctrica convencional y el ahorro generado.

Bimestre	Consumo (kWh) 2 013	Consumo (kWh) 2 014	Ahorro (kWh)	Ahorro (%)
2°	912	672	240	27
4°	546	420	126	23
6°	463	396	67	15
8°	514	327	187	36

10°	467	228	239	51
12°	508	272	236	47
Total	3 410	2 315	1 095	33

Tabla 1 – Consumo y Ahorro generado por la Conexión del Sistema Solar FV.

* Se promediaron las lecturas de consumo del primer bimestre 2 014 y 2 015.

El ahorro en un año de implementación del sistema solar fotovoltaico es de aproximadamente 1 095 kWh representando un ahorro promedio de energía de la red domiciliaria promedio del 33%.

Este valor se traduce en un ahorro económico que dependerá del valor del kWh según los valores determinados por CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima).

Si se considera un costo promedio de 1,5 \$/kWh, el ahorro por sustitución representa \$1 643 anuales.

3-1-2 Sistema solar térmico

Según datos del fabricante, si se orientan óptimamente los paneles en cada latitud, es posible captar una radiación media para Argentina de unos 4,5 kWh/m², valor medio para toda la región central donde se encuentra ubicada la vivienda en evaluación.

Mediante ensayos y datos suministrados por el ENARGAS, con un colector solar de 3,5 m² de área, la energía solar que le llegaría sería equivalente a 1,5 m³ de gas natural por día, es decir que en solo 3,5 m², el Sol aporta el equivalente a aproximadamente un 65% de la energía requerida a la red de gas domiciliaria para calentar el agua sanitaria que usamos.

La eficiencia del 65% surge de tener en cuenta los días nublados en los que se baja el rendimiento del panel. (Ver gráfico 3).

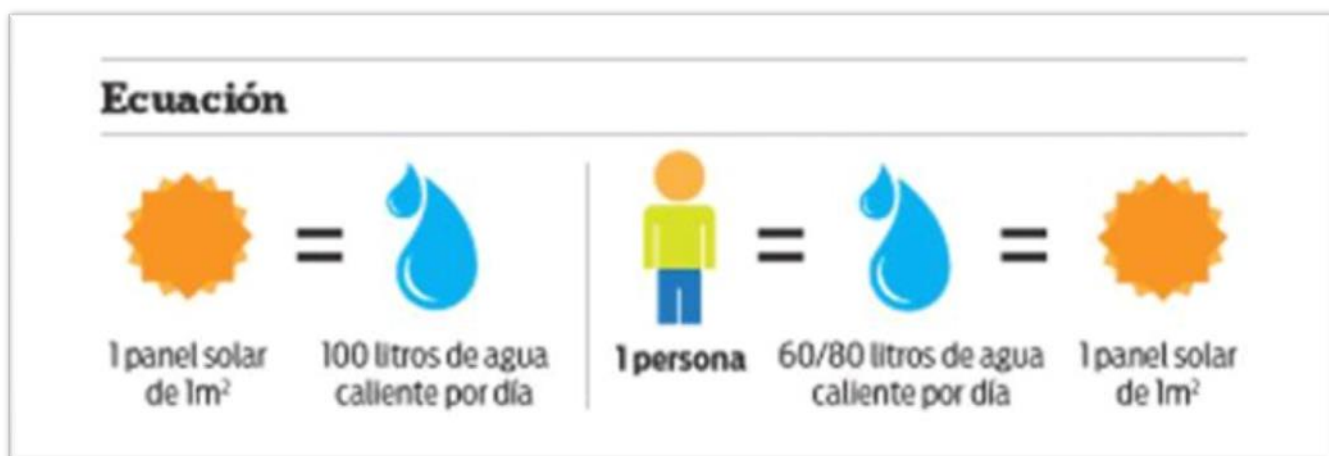


Gráfico 3: Rendimiento promedio de un panel solar

Fuente: no me acuerdo ¡!!!!

Con estos valores puede estimarse el ahorro de gas natural por usuario que utiliza un sistema híbrido como el propuesto: red de gas natural domiciliaria, panel solar y cocina solar, mediante la siguiente relación:

$$\begin{aligned}\text{Ahorro anual (m}^3\text{)} &= \text{Energía del Panel Solar} \times \text{eficiencia del panel} \times 365 \text{ días} \\ \text{Ahorro anual (m}^3\text{)} &= 1,5 \text{ m}^3/\text{día} \times 0,65 \times 365 \text{ días} \\ \text{Ahorro anual (m}^3\text{)} &= 365 \text{ m}^3\end{aligned}$$

En valores económicos, estimando el costo promedio del gas natural por redes en 0,26 \$/m³ significaría aproximadamente \$ 100 de ahorro anual por panel solar térmico.

Si tomáramos el valor del gas envasado, utilizado en gran parte del país en donde no se cuenta con el servicio de gas natural, este ahorro es aún más notable. Utilizando los datos de ENARGAS sobre calorías de gas natural y gas envasado (1m³ gas natural equivale aproximadamente a 0.78 kg de gas envasado) entonces 365 m³ de gas natural ahorrado equivalen a 286 kg de gas envasado. El costo del gas envasado en tubo de 45 kg es de \$550 (Mayo 2015) con lo que nos da 12,22 \$/kg. Entonces el ahorro utilizando este tipo de gas sería \$ 3495.

3-2 Potencial disminución de gases de efecto invernadero:

Esta vivienda ahorra alrededor de 1 095 kWh anuales y para generar la energía eléctrica convencional que satisfaga esta demanda se producirían 0.267 kg de CO₂ por kilowatt hora (kWh), totalizando 293 kg de CO₂ anuales.

Con la instalación de energía solar fotovoltaica para una sola vivienda tipo similar a ésta, se estaría disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero a razón de 0,3 Tn anuales, lográndose una importante disminución si se pudiera adoptar masivamente este esquema de conversión energético.

La combustión de gas natural como cualquier otro combustible produce CO₂, sin embargo, debido a la alta proporción de hidrógeno-carbono de sus moléculas, sus emisiones son un 40-50% menores que las del carbón y un 25-30% menores que las del fuel-oil.

La combustión de gas natural genera alrededor de 0,25 Kg de CO₂ por cada m³ consumido para generar energía térmica y con el volumen de gas que se ahorra anualmente en la vivienda devenido de la sustitución sustentable propuesta, se dejarían de emitir al medio ambiente aproximadamente:

$$\begin{aligned}\text{Disminución anual de CO}_2 \text{ (kg)} &= \text{ahorro anual} \times \text{emisión CO}_2 \\ \text{Disminución anual de CO}_2 \text{ (kg)} &= 365 \text{ m}^3 \times 2,15 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3 \\ \text{Disminución anual de CO}_2 \text{ (kg)} &= 784,75 \text{ kg CO}_2.\end{aligned}$$

En el caso de la sustitución por gas envasado, teniendo en cuenta que con la combustión de 1 Kg de GLP se emiten 2,96 Kg de CO₂ la potencial disminución de este gas de efecto invernadero se estima en :

$$\begin{aligned}\text{Disminución anual de CO}_2 \text{ (kg)} &= \text{ahorro anual} \times \text{emisión CO}_2 \\ \text{Disminución anual de CO}_2 \text{ (kg)} &= 286 \text{ Kg} \times 2,96 \text{ kg CO}_2/\text{kg} \\ \text{Disminución anual de CO}_2 \text{ (kg)} &= 846.56 \text{ kg CO}_2.\end{aligned}$$

La combinación de la conversión solar propuesta y el impacto positivo que produciría en el medio ambiente considerando solamente la emisión del gas de mayor incidencia en la contaminación ambiental como es el CO₂, se resume en el Cuadro 1.

Fuente	Disminución CO ₂ (Tn/año)	Disminución CO ₂ (Tn/año)
Solar-FV	0,29	0,29
Solar –Térmica/GN	0,78	
Solar –Térmica/GLP		0,84
Total	1,07	1,13

Cuadro1: Potencial disminución de CO₂ en Tn/año

3-3 Potencial impacto social

A continuación se sintetizan algunas consideraciones relacionadas a los efectos que la sustitución de la fuente de energía planteada produce en la sociedad en general y en la vivienda en estudio, en particular.

3-3-1 Energía Solar Fotovoltaica

Tanto para viviendas rurales como urbanas, como es el caso en estudio, el sistema fotovoltaico, una vez puesto en servicio, genera electricidad de manera continua mientras reciba luz solar, produciéndose una disminución en el gasto de energía proveniente de la red domiciliaria, lo que implica descomprimir el sistema que utiliza fuentes de energía de este tipo.

El ahorro generado por la sustitución sustentable permitiría destinar este recurso económico a otros gastos o simplemente al bienestar, mejorando la calidad de vida de los miembros del grupo familiar.

3-3-2 Energía Solar térmica:

El sistema de aprovechamiento de la energía solar térmica a través de su captación económica y sencilla introduce favorables condiciones en el ámbito social:

- Puede resolver el problema de suministro de agua caliente sanitaria a un costo prácticamente cero, lo que permite redistribución de medios económicos.
- Al presentar un modo no contaminante de obtener energía, se mejoran las condiciones sanitarias, por ejemplo, por la ausencia de afecciones respiratorias por la presencia de humos

4- Análisis de Resultados

La propuesta de utilización de fuentes de energía de red, provistas por la EPEC y ECOGAS en combinación con la solar fotovoltaica y solar térmica, generando un sistema de provisión de energía híbrida para la vivienda urbana de la Ciudad de Córdoba, es técnicamente factible.

La conversión propuesta implicaría beneficios económicos para el grupo familiar generados a partir del consumo de una parte de energía proveniente del sol y libre de costo, produciendo esta sustitución energética sustentable una disminución en la emisión de gases contaminantes y por lo tanto una mejora en las condiciones ambientales, contribuyendo a la disminución del calentamiento global. Los valores se obtenidos en cada propuesta de sustitución energética se resumen en el Cuadro 2.

Fuente Sustentable	Ahorro Anual Energía	Costo Unitario Energía	Ahorro Anual (\$)	Disminución CO2 (Tn/año)
Solar FV (1)	1095 kWh	1,5 \$/kWh	1643	0,29
Solar Térmico/GN (2)	365 m3	0,26 \$/m3	95	0,78
Solar Térmico/GLP (3)	286 Kg	12,22\$/Kg	3495	0,84
Totales (1+2)			1255	1,07
Totales (1+3)			4695	1,13

Cuadro 2: Potenciales beneficios de la sustitución por las fuentes de energía solar propuestas

Adicionalmente los integrantes de la familia y eventualmente su grupo social se beneficiarían por el consumo de alimentos que preservan mejor la calidad nutricional, además de respirar una atmósfera con menor concentración de gases contaminantes.

5- Conclusiones:

El desarrollo de este trabajo permite evaluar, a partir de la propuesta de utilización de las tecnologías fotovoltaicas y solar en la vivienda ubicada en un barrio de la Ciudad de Córdoba, los potenciales impactos económicos, ambientales y sociales que podrían obtenerse a partir del uso de estas energías, sustentables y no contaminantes.

Uno de los aspectos negativos de la conversión energética planteada, principalmente de energía eléctrica de red a fotovoltaica, tiene que ver con la inexistencia de un impacto económico de ahorro significativo e inmediato para los residentes de la vivienda en estudio, si se tiene en cuenta el elevado costo inicial de la instalación.

La ventaja inmediata de esta sustitución se refleja directamente en la calidad del servicio en virtud que la independencia del servicio prestado por la EPEC significa para las personas que habitan la vivienda, quedar exentos de los problemas actuales de distribución del sistema interconectado, en especial los cortes de servicio producidos durante fenómenos climáticos que pueden durar varias horas o días.

La responsabilidad de promoción y masificación de estos sistemas queda en manos del Estado, como así también el desarrollo de nueva legislación y políticas que permitan lograr este objetivo, propiciando el apoyo mediante subsidios a nivel residencial, de manera de lograr la competitividad económica con el sistema de distribución por redes y la interconexión al mismo, de modo que el usuario también pueda vender el excedente de la energía que produciría con esta fuente no contaminante.

Los impactos económicos que generan las tecnologías solares fotovoltaicas y térmicas no son efectivos en el corto plazo, siendo el beneficio social producido significativamente más alto.

Uno de los impactos sociales de mayor relevancia, hace referencia a la nula emisión de gases efecto invernadero. Este impacto se vuelve aún más importante en la medida que no sólo repercute en la zona donde se implementa esta tecnología, sino que además permite sumar apoyo a la descontaminación a nivel mundial y a la disminución del calentamiento global.

Tiene un bajo impacto por contaminación auditiva y visual, siendo éstos otros efectos positivos que estos sistemas aportan a la comunidad en contraste con un generador diesel el cual produce altos niveles de contaminación auditiva sumados a emisión de gases de efecto invernadero.

Una instalación fotovoltaica durante su vida útil no emite ningún contaminante, por lo tanto tiene un impacto nulo - o tal vez solo paisajístico -, en el medioambiente de la zona donde se encuentra funcionando. Una vez finalizada la vida útil de los paneles solares es necesario un manejo adecuado de los residuos, ya que la mayor parte de éstos puede ser reciclada para fabricación de nuevos paneles fotovoltaicos.

Los paneles instalados, no producen ningún tipo de contaminación. Hablamos de una energía limpia, silenciosa y que no daña el medio ambiente.

Bibliografía

- Saravia, L. R. y Moragues, J. (editores), Primera escuela Argentina de Energías Renovables, 2005, versión en CD publicada por ASADES.
- Energía Solar y Medio Ambiente (ERMA), ASADES, vol. 14.
- Energías Renovables 2008, Energía Solar, Secretaría de Energía enegia@minplan.gov.ar – <http://www.energia.gov.ar>
- Guía Básica de la generación distribuida, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, www.fenercom.com
- La energía solar en la Argentina, Luis R. Saravia, INENCO, Instituto UNSa – CONICET, saravia@unsa.edu.ar – www.inenco.net
- GARCÍA, J. La Cocina solar: El nuevo arte de cocinar de modo saludable y ecológico. Barcelona: Progenia.
- ¿Es posible disminuir nuestras importaciones de gas? Salvador Gil – ECyT-UNSAN, Mayo 2014.
- ENARGAS- Datos operativos del sistema de gas. www.energias.gov.ar, 2014.
- Guía práctica para el cálculo de emisiones de GEI, Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Marzo 2012.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo financiero del Programa de Financiamiento para Proyectos de Investigación de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba y al Lic. Roberto Rossi por abrirnos las puertas de su hogar y compartir generosamente con la comunidad su emprendimiento personal.