



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FCE
FACULTAD DE
CIENCIAS ECONÓMICAS

Carrera: Licenciatura en Economía

ENERGÍA SOLAR, UNA APLICACIÓN LOCAL

Trabajo de Investigación

POR

Ulises Daniel Serio

Profesor Tutor

María Florencia Gabrielli

M e n d o z a - 2012

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	05
II. MOTIVACIÓN.....	09
III. ANTECEDENTES.....	11
IV. METODOLOGÍA.....	18
V. SUPUESTOS.....	19
1. COSTOS.....	21
2. INGRESOS.....	22
VI. ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO.....	25
1. FLUJO DE COSTOS.....	25
2. FLUJO DE BENEFICIOS.....	26
VII. INDICADORES DE RENTABILIDAD.....	28
VIII. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	30
IX. EXTENSIÓN A ESCENARIO DE MEDIO Y BAJO CONSUMO.....	38
X. RECOMENDACIONES DE POLÍTICA.....	42
XI. CONCLUSIONES.....	46
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1: Tarifa de Gas.....	20
Cuadro 2: Flujo de Costos del Proyecto, Alto Consumo.....	27
Cuadro 3: Flujo de Ingresos del Proyecto, Alto Consumo.....	27
Cuadro 4: Sensibilidad VAN Respecto a Precio Calefón Solar, Tarifa de gas y Nivel de Ahorro.....	30
Cuadro 5: Sensibilidad VAN Respecto a Inflación, Tasa Préstamo y Tasa de Descuento.....	31
Cuadro 6: Sensibilidad VAN Respecto al Periodo del Préstamo.....	31
Cuadro 7: Sensibilidad Conjunta VAN Respecto a Precio Calefón Solar y Tarifa de gas.....	34
Cuadro 8: Sensibilidad Conjunta VAN Respecto a Tasa Préstamo y Periodo Préstamo.....	35
Cuadro 9: Sensibilidad Conjunta VAN Respecto a Tasa Préstamo e Inflación.....	36
Cuadro 10: Sensibilidad Conjunta VAN Respecto a Tarifa de Gas y Ahorro de Gas.....	37
Cuadro 11: Flujo de Costos del Proyecto, Medio Consumo.....	40
Cuadro 12: Flujo de Ingresos del Proyecto, Medio Consumo.....	40
Cuadro 13: Flujo de Costos del Proyecto, Bajo Consumo.....	41
Cuadro 14: Flujo de Ingresos del Proyecto, Bajo Consumo.....	41

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría que esta sección sirviera para expresar mi profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial a la Dra. M. Florencia Gabrielli, profesora tutor, por la orientación, seguimiento y supervisión continúa del trabajo, por su tiempo, motivación y apoyo.

Agradezco las valiosas sugerencias recibidas del Director de Carrera Mag. Gustavo Germán Maradona. También me gustaría reconocer la ayuda recibida de mi madre, Dr. Virginia Vera de Serio, por sus atentas lecturas y comentarios durante el proceso de elaboración de este trabajo, y demás profesores que con sus aportes ayudaron a darle forma.

Doy gracias a mi hermana, Mag. Monserrat Serio, quien con Florencia Gabrielli, me permitieron estudiar junto a ellas la temática de la presente investigación.

A Johanna Yupanqui por los ánimos recibidos en innumerables ocasiones y su formidable paciencia.

A los Institutos Multidisciplinarios (IMD) de la Universidad Nacional de Cuyo y al Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS), por permitirme tener entrevistas con profesionales de la industria de calefones solares y el aporte de importantes datos empíricos.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.

A todos ellos, muchas gracias.

Ulises Daniel Serio

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo busca dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Es rentable la utilización de energía solar para el calentamiento de agua sanitaria?. Para responderla se ha realizado un análisis de costo-beneficio de la adquisición de un calefón solar por parte de usuarios residenciales, en el marco metodológico del análisis de proyectos.

Ciertas tecnologías permiten disminuir el uso de las fuentes tradicionales de energía (petróleo, gas o energía eléctrica), sin tener que sacrificar los fines últimos que se buscan con su utilización. Una forma de lograr esta disminución es captar energía para transformarla en electricidad y de esta forma alimentar a la red normal (ejemplo de esto son molinos de viento, represas hidroeléctricas, centrales mareomotrices, etc.). Sin embargo existe otra forma menos conocida de lograr el mismo objetivo y es aumentar la eficiencia energética de las actividades realizadas, a estas tecnologías se las suele denominar como tecnologías de conservación de energía. Los calefones solares pertenecen a esta segunda tecnología.

Se puede definir el objetivo de una tecnología de conservación de energía como disminuir el uso de energía eléctrica manteniendo el mismo nivel de vida de una sociedad o individuo (Lackner y Sachs 2005).

La radiación solar es la fuente de energía más abundante del planeta. Pero la mayoría de las formas de aprovecharla siguen siendo costosas de implementar en la escala que mantienen los combustibles fósiles. Teniendo en cuenta el precio de estos combustibles, un desafío esencial para la energía solar en los próximos 50 años será disminuir el costo de explotación hasta lograr niveles lo suficientemente competitivos (Lackner y Sachs 2005). Dentro de las tecnologías actuales, una de las formas más eficientes de aprovechar la energía solar a pequeña escala es la utilización de calefones solares.

Un calefón solar es un equipo que posee un sistema de calefacción de agua, y que utiliza para ello sólo la energía proveniente del sol, sin consumir gas o electricidad. Usualmente consta de tres partes: el colector solar plano que absorbe la energía solar, el termotanque que almacena el agua caliente y las cañerías por donde circula el agua. El calefón solar recibe la energía solar a través del colector solar plano, que se instala en el techo de la propiedad. Luego el agua que pasa por el colector se calienta y llega al tanque, donde se mantiene caliente para ser utilizada.

En edificios de viviendas, habitualmente la instalación consta de un campo de captación en la cubierta del edificio, con orientación sur, unos depósitos de acumulación en los cuales se almacena el agua calentada en las horas de sol y a continuación de estos depósitos el agua se lleva a los tanques calentados por las calderas (para alcanzar las temperaturas necesarias cuando las mismas no se hayan logrado con el sol). La instalación se complementa con las regulaciones, bombas y demás elementos hidráulicos necesarios (IDAE 2008). En su uso industrial el diseño de los calefones solares tiende a ser más diversificado, existiendo otras formas de captar la energía solar dependiendo de la temperatura a lograr.¹

El primer calentador solar para agua fue inventado por Charles Greeley Abbott en 1936, su utilización inicial fue limitada a algunos estados de EE.UU. pero creció en popularidad de forma constante hasta llegar a la década del 50, época en la cual el precio del gas y la electricidad desplazó casi por completo la utilización de esta tecnología. Tuvo algunos rebotes de popularidad durante las crisis de petróleo pero no fue hasta los 90' que se empezó a implementar de forma masiva en muchos países desarrollados y algunos en vías de desarrollo como China (INTI 2009).

Las aplicaciones de los calefones solares son variadas, su uso más común es el de calentamiento de agua corriente para uso sanitario, pero también puede integrarse al sistema de calefacción central, utilizarse para templar piscinas, desinfección de agua, destilación de agua contaminada, para uso industrial (puede elevarse la temperatura dentro de un calefón solar hasta 250° C), etc.²

Es usual que la implementación de calefones solares vaya acompañada de políticas públicas, por ejemplo: subsidios de créditos fiscales (Francia), incentivos gubernamentales (Alemania), legislaciones específicas (España e Israel), incentivos a Investigación y Desarrollo (China), subsidios sobre el valor del producto (Japón), etc. En América Latina los países más avanzados en la implementación de estos bienes son México (quien incentiva mediante el co-NAE el uso de los mismos), Brasil (quien tiene algunas legislaciones provinciales respecto a calefones solares) y Cuba (donde el Estado fabrica y utiliza calefones solares en edificios gubernamentales) (INTI 2009).

Argentina tuvo un pico de fabricación de calefones solares en los años 80, luego ésta disminuyó por problemas inflacionarios y el aumento del uso de las redes de gas natural sobre el gas en garrafa. Han habido algunos intentos de resurgir esta tecnología pero éstos no han tenido éxito, actualmente en el país se producen cerca de 500m² de calefones solares anuales (INTI 2009).³

¹ La principal diferencia se encuentra en el tipo de captadores utilizados, siendo los más usuales el de placa plana (mismo diseño que el de uso residencial), de tubos de vacío de todo vidrio y de tubos de vacío de calor por cambio de fase. Los últimos son utilizados cuando se necesita altas temperaturas.

² Respecto a las opciones de desinfección de agua y destilación de agua contaminada, el trabajo de Jiménez y Lawand (2000) estudia esta provechosa función de los calefones solares en escuelas rurales.

³ Representa la superficie de los paneles captadores de radiación de los calefones solares.

Yokell (1979) señala tres razones por las que actualmente se encuentran sobreutilizadas las formas convencionales de producción de energía:

1. Grandes subsidios a las formas tradicionales de producción de energía (ya sea aplicación directa de las mismas o en Investigación y Desarrollo)
2. Manejo de precios para petróleo, gas y electricidad por parte de los estados hacen que deba subsidiarse la producción de los mismos para mantener el precio bajo (y por lo tanto encarece las formas alternativas)
3. Externalidades negativas que no son incluidas en el precio de la energía (por lo que las tecnologías limpias se encuentran en desventaja por proporcionar un mejor servicio sin que haya una contrapartida en el precio).

Barbados es un país que ha tenido un éxito casi sin igual en la implementación de calefones solares, no sólo por el alto nivel de adopción (35.000 calefones solares en una población de únicamente 270.000 personas), sino también por su “éxito económico” (Langniss e Ince, 2004). Las características de Barbados (alto nivel de radiación, altos precios de energía y gran porcentaje de la población con “alto poder adquisitivo”) generaron la conveniencia financiera de la implementación de calefones solares por parte de los usuarios. Hubieron otros factores beneficiosos, características del contexto de la economía de Barbados, que lograrían una diferenciación respecto de otros países de Centro América, con los cuales comparte una gran cantidad de características. Entre estas diferencias se encuentra la creación de la “*Fiscal Incentive Act*” de 1974 la cual facilitó la importación de insumos industriales y colocó un elevado nivel de exención de impuestos. Ambas medidas apoyaron el desarrollo de la industria local de calefones solares, la cual se benefició aún más al recibir la compra de calefones eléctricos un impuesto del 30% sobre el consumo. La crisis energética (originada a partir de la crisis del petróleo de 1975) fue el último impulso que necesitó la industria local de calefones solares para dejar de ser una industria infante y poder producir competitivamente durante las siguientes décadas, no solo para el mercado local sino para el internacional también. Como indicaron Langniss e Ince (2004):

“Podría decirse que Barbados tuvo en 1974 todas las correctas condiciones para desarrollar esta industria: clima favorable, una economía fuerte, precio elevado del combustible, apoyo político, dos excelentes empresas productoras de calefones solares y un mercado internacional del petróleo incierto tanto en disponibilidad de petróleo como en su precio”

Este trabajo está estructurado de la siguiente manera. En la sección 2 se presenta la motivación que inspiró esta investigación. La sección 3 expone una síntesis de los principales trabajos con las contribuciones más importantes en esta temática. Las secciones 4 y 5 explican la metodología utilizada y los supuestos realizados en el trabajo. Las secciones 6 y 7 presentan un análisis de costo-beneficio de

la adquisición de un calefón solar por parte de un usuario y sus respectivos indicadores de rentabilidad. En la sección 8 se presenta el análisis de sensibilidad con respecto a las principales variables. La sección 9 expande el análisis de las secciones 6 y 7 a nuevos escenarios que consideran consumidores de consumo medio y bajo de gas. La sección 10 enuncia y estudia algunas recomendaciones de política para incentivar la utilización de calefones solares, y por último, la sección 11 presenta las principales conclusiones del trabajo y futuras líneas de investigación que se derivan del mismo.

II. MOTIVACIÓN

La energía solar posee un enorme potencial, por ejemplo, si un 10% del desierto de Sahara fuera instalado con paneles solares (suponiendo una efectividad de captación de radiación del 10%), produciría una cantidad de energía eléctrica equivalente al doble del consumo eléctrico mundial. De este modo no existe un problema de recursos o fuentes de energía, sino un problema de costos (actualmente, la energía solar es 10 veces más cara de producir que la provista por una central térmica tradicional) y las demás formas limpias de generar electricidad (hidroeléctrica, geotérmica, mareomotriz, eólica, etc.) no poseen la capacidad técnica de alimentar al planeta dado los recursos limitados de las mismas (Lackner y Sachs 2005).⁴

Básicamente hay tres tecnologías con la aptitud de solucionar el problema energético mundial a largo plazo: la aplicación efectiva y global de CCS (*Carbon Capture and Sequestration*), la energía nuclear y la solar. Todas ellas necesitan de un nivel tecnológico inexistente en este momento (Lackner y Sachs 2005).

Es de esperar que habrá un avance tecnológico que abrirá paso a alguna de estas tecnologías, sin embargo, mientras se las espera es necesario tomar medidas alternativas que ayuden a solucionar el problema energético-ambiental. Es por ello que la utilización de calefones solares es importante (aunque no represente una solución definitiva).

Dado que estas tecnologías todavía no existen, es relevante tener en cuenta que las grandes reservas de petróleo y gas del mundo tienden a estar concentradas en pequeñas regiones del mundo, derivando en un mercado frágil y volátil con cada vez mayores características monopólicas (Lackner y Sachs 2005). Es por esto que estudiar alternativas que permitan independizarse del uso del petróleo o gas es conveniente (Anand y Nalebuff 1987).⁵ Dichas alternativas se vuelven aún más atractivas si se tiene en cuenta que en países de poca estabilidad institucional existe un fuerte sesgo a no realizar Investigación y Desarrollo o exploración de hidrocarburos, a no blanquear exploraciones ya realizadas y presentar información falsa al público y autoridades estatales, por el peligro que resulta para las empresas privadas las estatizaciones de empresas o yacimientos o los aumentos desproporcionados de

⁴ Se ha supuesto que la radiación solar golpea la tierra con un flujo de energía equivalente a $300\text{W}/\text{m}^2$ (valor promedio para latitudes menores a los 30° durante un día soleado).

⁵ Schipper (1979) demostró que es más conveniente en un esquema de costo beneficio disminuir la demanda de energía eléctrica mediante técnicas de conservación de energía que encontrar y desarrollar nuevas formas de incrementar la oferta de energía eléctrica.

impuestos, sobre todo si las compañías basan sus prácticas comerciales en que cubrirán los altos costos en exploración y desarrollo de tecnología con la explotación de unos pocos, pero grandes, yacimientos petrolíferos (Anand y Nalebuff 1987).

Como se mencionó en la Introducción, la principal aplicación de la energía solar térmica es la producción de agua caliente sanitaria para el uso comercial y residencial. Esta se realiza a través de calefones solares, que disminuyen la necesidad energética tradicional (electricidad o gas) al ahorrar parte de la misma para calentar agua.

En los últimos años se ha observado un incremento en las instalaciones de energía solar en el sector residencial en el mundo. Los avances tecnológicos han permitido la fabricación de sistemas de mayor calidad y a menor costo y la sociedad está entendiendo la necesidad de sustituir los combustibles fósiles.

En Argentina el uso de este tipo de tecnología es todavía muy limitado. No obstante ha aumentado recientemente la popularidad del uso de la energía solar (y calefones solares) en la región de Cuyo haciendo verdaderamente importante un estudio sobre si esta tendencia es correcta y conviene a la sociedad o si sus recursos serían mejor invertidos en otras tecnologías o gastos (incluso dentro del ámbito energético).⁶

Un aspecto que resulta importante evaluar es la conveniencia de la implementación de estas tecnologías desde el punto de vista económico-privado ya que de esta manera se pueden direccionar acciones de políticas tendientes a incentivar el uso de las mismas.

⁶ En mayo de 2012 el gobernador de la provincia de San Juan, José Luis Gioja, durante una misión diplomática en Europa realizó un anuncio respecto a la importación de tecnología y la construcción de una fábrica de paneles solares a instalar en San Juan para alimentar la granja solar que está siendo construida actualmente. También dio inicio a las intenciones de incorporar energía solar térmica como próximo paso del desarrollo energético de la provincia. En las palabras del mismo gobernador (Pérez, Diario de Cuyo, 29 de Mayo de 2012):

“Vinimos para firmar la carta de intención para la compra de la fábrica solar, pero también veremos la posibilidad de asociación para que se instale un parque de energía solar térmica en la provincia.”

En Mendoza la Universidad Nacional de Cuyo ha tenido un papel activo en la investigación e implementación de calefones solares, poseyendo instalaciones de calefones solares en sus residencias universitarias y en el comedor universitario (Conte, Diario Los Andes, 04 de Julio de 2012).

III. ANTECEDENTES

Los tópicos de producción de energía, tradicional y “limpia” y ahorro de energía, han sido sujeto de estudio por el más variado rango de profesionales. Dentro de los trabajos más importantes se encuentra el de Lackner y Sachs (2005) que ofrece un detallado resumen de la situación energética actual y presenta opiniones sobre cuál debe o puede ser el futuro de las energías renovables y cómo actuar para asegurar su desarrollo.

El trabajo se basa en la premisa que la utilización de un elevado nivel de combustible (i.e., energía) es un indicio de una economía avanzada y un Estado organizado, objetivo de la mayoría de los países del mundo. Se basa además en que la tecnología actual no permitirá sostener las necesidades energéticas de 9 mil millones de personas en el largo plazo y que la sustentabilidad no es posible sólo con la aplicación masiva de las mejores prácticas actuales, por lo que es esencial la creación de nuevas tecnologías.⁷

Otro importante punto del trabajo sostiene que no existe un problema de escasez de largo plazo (un siglo) de combustibles fósiles.⁸ Existen enormes reservas de carbón en Rusia, hidrato de metano bajo el permafrost ártico y el suelo oceánico, butin en arenas bituminosas de Canadá y grandes reservas de gas de esquito en EEUU (que pasaron de una nula explotación en 2000 a proporcionar un tercio del gas consumido en EEUU en 2012 y cuya tecnología puede ser utilizada para la explotación del gas de esquito en otras partes del mundo).⁹ Es por estas razones que los autores alertan que las mayores limitaciones probablemente resultarán de las restricciones ambientales (si se continúa con el “*bussiness as usual*”).

Cuando se analizan las posibles soluciones al problema, se llega a una importante conclusión respecto al futuro de la energía nuclear (la cual hasta ahora es considerada la “ganadora” entre las alternativas a los combustibles fósiles tradicionales). Si en el futuro el mundo únicamente se alimentara con energía nuclear sería necesario desprenderse de la necesidad de obtener de la

⁷ Incluso con el “reducido” nivel de consumo energético per cápita que posee el planeta respecto a una situación ideal de desarrollo global.

⁸ Los combustibles fósiles tienden a ser fungibles, ej: el carbón puede ser convertido en un combustible líquido parecido a la gasolina en un proceso de bajo costo, como lo hace ahora SASOL, una empresa sudafricana, que convierte carbón de su país en un sustituto de la nafta y el gas oil a precios competitivos con el valor internacional del petróleo. En el futuro cercano quizás sea posible realizar dicho proceso de forma más eficiente y suplantarlo al petróleo de forma competitiva (Steynberg, Espinoza y Vosloo, 1999 y Rogner, 1997).

⁹ The Economist (2012).

naturaleza uranio 235 (relativamente escaso en el mundo).¹⁰ Una forma de tener este recurso de forma ilimitada son las llamadas “*breeder plants*” donde se realizarían fusiones nucleares (en vez de fisiones) para volver a los desperdicios nucleares a su forma de uranio 235. Esta tecnología, aunque teóricamente posible, todavía no ha podido desarrollarse de forma segura y eficiente en la realidad. Por lo que si se desea tener la energía nuclear como principal forma de alimentación para el mundo, es necesario que se realice un salto tecnológico muy importante (Lackner y Sachs 2005). Una segunda opción respecto a la energía nuclear que no fue tratada por Lackner y Sachs 2005 es la utilización de torio en vez de uranio como combustible, el torio es un elemento extremadamente abundante en la tierra con desechos (después de ser utilizado en la producción de energía nuclear) mucho menos dañinos, y de menor duración que los del uranio 235. Los principales problemas con este combustible son: primero que no es lo suficientemente eficiente y en segundo lugar, los enormes costos de transformar una planta de uranio en una de torio. Sin embargo se están realizando un gran número de investigaciones en China para su aplicación en un futuro (Jiyang et al., 2004).

Cooper y Pizer (2005) realizan un trabajo de comentario y discusión del artículo de Lackner y Sachs (2005) argumentando sobre la complejidad del tema cuando se analiza con mayor detalle esta problemática en países en vías de desarrollo. Esto constituye una diferencia importante con Lackner y Sachs, quienes se focalizan principalmente en países desarrollados.

Otro autor que analiza la complejidad del área energética es Sav (1984a) quien estudió los incentivos para el consumo y la producción de energía llegando a conclusiones inesperadas, como por ejemplo que un apoyo lo suficientemente importante al desarrollo de energías renovables produce un aumento considerable en el consumo de energías no renovables. Esto es posible debido a algunos supuestos que el autor realiza (como por ejemplo que la economía se comporta bajo un modelo de producción KLEN al estilo de Berndt y Wood (1975)), al valor que toman en dicha economía la complementariedad entre dos insumos de la economía y el efecto ingreso que el incentivo a la producción de energía solar produciría en la economía.¹¹

Sosteniendo la posición que las políticas a tomar son diferentes si se trata de un país en vías de desarrollo frente uno desarrollado se encuentran Anand y Nalebuff (1987), quienes analizan detalladamente las diferencias existentes entre los gobiernos de países desarrollados y en vías de desarrollo en cuanto a la aplicación de un análisis de costo-beneficio de políticas energéticas.

Este trabajo también explica la importancia para un país de adecuar sus políticas energéticas a la regla de Hotelling (que predice los precios medios de petróleo una vez maximizadas las ganancias teniendo en cuenta la tasa de extracción y las reservas de petróleo (Hotelling, 1931)). La regla de

¹⁰ Hoffert et al. (2002)

¹¹ Básicamente complementariedad entre combustible fósiles y capital destinado a energía solar, ambos insumos primarios para producir el factor productivo “Energía”

Hotelling puede ser ampliada para incorporar cambios no previstos en los valores de sus supuestos y el uso de formas alternativas de obtener electricidad. La conclusión más importante del uso de esta regla es que un país debe adecuar sus industrias energéticas para que las energías renovables sean competitivas al mismo tiempo que se agoten las reservas de hidrocarburos del mismo (suponiendo que posee una cantidad apreciable de hidrocarburos).

El trabajo de Anand y Nalebuff (1987) también demuestra que dado que las tasas de descuento subjetivas varían entre países desarrollados y en vías de desarrollo, entonces serán los segundos los que deberán enfrentarse primero a problemas y crisis energéticas, por lo que es esencial que éstos lleven a cabo estrategias para hacer frente a las mismas antes que los países desarrollados.

Un trabajo pionero en el área de formas alternativas de producción de energía es el de Yokell (1979), quien estudió las políticas públicas, su impacto en el desarrollo energético y la relación entre los objetivos y herramientas del Estado con el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías energéticas (en particular la solar). Uno de los principales puntos del trabajo es la importancia del precio relativo de la energía, punto compartido por Popp (2002) quien lo profundiza, al estudiar la incidencia de este precio relativo en el desarrollo de tecnologías innovadoras en el área energética.

Desde un punto de vista microeconómico se puede citar a Hassett y Metcalf (1999). El trabajo analiza por qué los individuos tienden a asumir tasas de retorno demasiado altas, con el perjuicio que ello implica, respecto a tecnologías ahorradoras de energía. La principal explicación de este hecho radica en las promesas de los productores de dichas tecnologías que por lo general se encuentran sobredimensionadas, debido principalmente a la forma de llevar a cabo los experimentos de rendimiento de estas tecnologías.

Martin y Nutter (2006) realizan un análisis empírico sobre varias tecnologías de conservación de energía aplicables en hogares residenciales suizos. Los autores encuentran que estudios empíricos anteriores tienden a sobre-simplificar la situación llegando como consecuencia a una subestimación de los costos de estas tecnologías. El trabajo también hace hincapié en la ventaja (en términos de costos) de instalar bienes de conservación de energía en su proceso de construcción (integrándolos al proceso de diseño arquitectónico), logrando en algunos casos hasta una disminución de un 67% de los costos de inversión. Los mencionados autores también proponen, cambiando el enfoque tradicional, una forma “más correcta” de ver algunas de estas tecnologías y, apoyándose en que estas tecnologías funcionan como un seguro, proponen implementar la misma metodología que se aplicaría al analizar un seguro patrimonial.

Frondel, Ritter, Schmidt y Vance (2010) se encargan de analizar la legislación alemana sobre energías renovables (principalmente la “*Renewable Energy Source Act (EEG)*”) y cuáles son sus

verdaderos costos económicos e impacto en la generación de trabajo y el medio ambiente.¹² Los investigadores concluyen que la “*Renewable Energy Source Act*”:

“ha fallado en crear los incentivos de mercado necesarios para asegurar una introducción viable y costo-eficiente de las energías renovables en el portfolio energético del país y por el contrario: los mecanismos de soporte del gobierno han mermado estos incentivos, resultando en gastos masivos que muestran pequeñas promesas a largo plazo respecto a la estimulación de la economía, la protección del ambiente o la seguridad energética de la nación”

El mencionado trabajo muestra razones por las que deben tenerse muy en cuenta las consecuencias económicas de las leyes que se deseen promulgar respecto a cuestiones ambientales y no caer en la trampa de “la economía seguirá la intención de la ley”.

El trabajo de Caldés, Varela, Santamaría y Sáez (2009) analiza el impacto de un “desarrollo futuro” de la energía solar en España en la generación de empleo, tomando como base el supuesto que el país llegaría en 2010 a los objetivos de “cantidad de energía solar producida en España” del Plan de Energías Renovables de España (PER). Los autores concluyen que si dicho supuesto se hubiese logrado el impacto hubiera sido una disminución en el desempleo de 4,5% del nivel del desempleo registrado en 2009.¹³ El estudio también indica la importancia del apoyo a la energía solar si se espera que ésta pueda ser generada en el ámbito privado a precios competitivos y concluye que la energía solar por ahora presenta una decisión de “*trade-off*” entre los recursos públicos necesarios para llevarla a cabo y su impacto ambiental, generación de trabajo, aumento de la independencia energética de España, etc.

Respecto a la tecnología de calefones solares propiamente dicha, los autores Pan, Kao y Wong (2012) indican que “*Para reducir la emisión de gases de invernadero en Taiwán, la promoción de calefones solares se ha convertido en una importante política nacional*” y que para la correcta implementación de subsidios e incentivos debe estudiarse la aplicación de calefones solares en distintas regiones del país. Advierten sobre el peligro de uno de los principales supuestos que realizan estudios anteriores de factibilidad económica de calefones solares, los cuales no tenían en cuenta las

¹² La experiencia alemana con la promoción de energías renovables mediante el uso de legislación es usualmente citado como un modelo a replicar en otros países.

¹³ Es decir: cerca de 110.000 puestos de trabajo a tiempo completo.

diferencias regionales de radiación y uso de energía (tipo de fuente y cantidad) y el cambio estacional en la radiación solar.¹⁴

Los autores realizan estimaciones sobre el programa nacional de calefones solares y analizan varios indicadores de rentabilidad y su sensibilidad (principalmente en el periodo de retorno de la inversión, el cual varía entre 6 y 15 años).

Srinivasan (2006) realiza un compendio de la evolución en los últimos años del ciclo económico de la industria de calefones solares y de las políticas o situaciones externas que hayan influenciado en la misma. Realiza este compendio para una gran cantidad de países como India, China, Turquía, Italia, Grecia, Pakistán y Egipto sin detenerse a tratarlos en detalle.

Un punto relevante de este trabajo es que el “Ministerio Federal Indio de fuentes de energía no-convencionales” (MNES) ha determinado que para el Estado indio la implementación de un calefón solar cuyo uso sea de 100 litros por día posee un periodo de recuperación de la inversión (PRI) de 2 años si éste reemplaza electricidad y 7 años si reemplaza carbón.¹⁵ La utilización de este tipo de bien es de vital importancia para el gobierno indio por la situación energética de ese país: los beneficios para el gobierno indio que derivan de una menor utilización de la red de electricidad son mayores que para otros gobiernos porque existe una sobredemanda de electricidad que provoca enormes costos en producto bruto (ejemplo de estos costos es que en promedio las ciudades de Nueva Delhi y Bombay poseen un apagón de luz por día y por esta razón la mayoría de los edificios e industrias poseen sus propios sistemas electrógenos, usualmente alimentados por derivados de petróleo).

Otro punto importante de este estudio es la importancia de diferenciar si la industria necesita un “*push*” de demanda o de oferta. La autora concluye que el mismo depende de si se ha realizado lo que llama “*first impression for product reliability*”, es decir, si el mercado ya ha sido introducido al producto. Si este evento todavía no ha sucedido, entonces los esfuerzos del gobierno deben estar concentrados de forma exclusiva en la oferta, buscando realizar una primera impresión bastante positiva (la cual puede, por si misma, encargarse de una firme evolución de la industria). De forma posterior a este evento el gobierno debe apoyar la demanda, buscando crear de esta forma un mercado accesible a la mayor cantidad de consumidores (el objetivo del gobierno debe ser incorporar la mayor cantidad de actores en el mercado para que en el futuro éste pueda sostenerse de forma autónoma y competitiva).

¹⁴ Basaban sus estudios en la cantidad anual de radiación solar de una región, lo cual sobrestima los beneficios (porque la radiación que no se aprovecha hoy no puede ser almacenada para su uso futuro).

¹⁵ El trabajo demuestra que el análisis que debería realizar un individuo privado puede diferir en gran medida del que debería realizar el gobierno.

Leidl y Lubitz (2009) realizan un estudio técnico (con una ligera contribución económica) en el cual compara el sistema de calefón solar y el sistema de precalentador de drenaje (“*Drain water heat recovery*”), ambos sistemas de calentamiento de agua cuya función es ahorrar energía. El estudio analiza la poca implementación de ambos sistemas y crea un modelo para determinar el nivel de implementación que sería necesario para alcanzar una meta específica de ahorro energético, para el caso en particular de las metas energéticas de la comunidad de Guelph, Canadá. El estudio encontró al precalentador de drenaje como un sistema técnica y económicamente superior (en gran medida por la escasa radiación solar de la localidad) y estimó que ninguna de las dos medidas podrían llevarse a cabo satisfactoriamente sin un sistema de subsidio (los autores trabajan con un subsidio basado en “pagar” al consumidor por cada kilowatt ahorrado de la red de electricidad).

Desde un punto de vista técnico-económico se puede citar a Sav (1984b) que propone una función de producción de “agua caliente” basándose en las especificaciones técnicas de calefones solares y datos empíricos sobre su rendimiento. El trabajo es relevante porque elabora un marco metodológico para la utilización de modelos de ingeniería en la derivación de funciones de producción que permite estudiar la sustituibilidad entre procesos productivos de energía. Aunque esta metodología ya se había utilizado para comparar funciones de producción, nunca había sido aplicada en el estudio de la producción de energía.

Veeraboina y Ratnam (2012) han realizado un estudio cualitativo sobre la situación de la industria de calefones solares en India. Para estudiarla dividen el mercado en torno al consumidor final del bien (residencial, hoteles, hospitales, escuelas, instituciones e industria). Los autores encuentran que el potencial de esta tecnología está lejos de lograrse en India, y que su desarrollo encuentra “trabas” en los niveles políticos, tecnológico, financiero, legislativo, cultural, etc. Al igual que Srinivasan (2006) los autores advierten del reducido PRI que poseen estos bienes en India y por ello defienden la idea que el apoyo gubernamental debe extenderse a varias ramas del mercado de calefones solares y no únicamente a otorgar subsidios y exención de impuestos a algunos productores como viene trabajándose hasta ahora.¹⁶

El trabajo presenta dos elementos interesantes, el primero es el elevado uso de energía para calentar agua en la importante industria textil (70% de su consumo energético es calentamiento de agua) y como los calefones solares son capaces de proporcionar dicha necesidad energética, este punto es importante porque los calefones solares de uso industrial proporcionan incentivos para realizar Investigación y Desarrollo en esta tecnología solar y las empresas especializadas en clientes industriales tienden a ser más dinámicas, eficientes y competitivas.¹⁷ El segundo elemento es la gran

¹⁶ Ambas medidas en cantidades insuficientes como para incentivar a todo el mercado por si mismas.

¹⁷ Lo cual culmina en un efecto de derrame tecnológico hacia los calefones solares de uso residencial.

disparidad de su uso entre zonas urbanizadas y zonas rurales, el cual debe ser equiparado principalmente mediante apoyo gubernamental.

En cuanto a otros estudios, es relevante mencionar el trabajo de la antropóloga Henning (2005) quien estuvo involucrada en los programas nacionales de Suecia para la implementación de estaciones de calefones solares para proveer de agua caliente a comunidades enteras. Henning (2005) estudió la forma en que los consumidores tomaban su decisión de incorporarse a la red colectiva de agua caliente y cómo el servicio podía mejorar teniendo esto en cuenta. Otro estudio realizado por Tremayne y Waal (1998) se centra en el desarrollo de las políticas ambientales en China y como éstas han afectado a la industria de energías renovables y de conservación de energía en ese país.

La mayor parte de la literatura de calefones solares se centra en el carácter técnico de los mismos, estando más acorde con trabajos de ingeniería que con trabajos económicos. Los trabajos de índole económica son escasos y dispersos en el tiempo. El estudio de la tecnología de calefones solares se ha visto relegada a ser una parte accesoria de trabajos centrados en tópicos más abarcativos dejando a esta tecnología sin la atención que necesita y merece en el campo económico. Es así, que se espera que la actual investigación sea un aporte y avance en el estudio económico de la utilización de calefones solares.

IV. METODOLOGÍA

Para analizar la conveniencia (o no) de comprar un calefón solar por parte de un individuo perteneciente a una familia de alto consumo de gas se planteó realizar una evaluación económica de la decisión del individuo: “comprar un calefón solar versus continuar con el sistema actual de calentamiento de agua”. Esta evaluación se realiza desde un punto de vista privado con un horizonte temporal a 10 años sin tener en cuenta los valores o precios sociales de los elementos a analizar (ej: el costo que provoca a la sociedad la polución debida al gas utilizado) y suponiendo neutra la valoración del individuo sobre el impacto socio-ambiental de la producción y/o utilización del calefón solar (ej: mayor empleo en la industria de calefones solares, mayor disposición de gas para el resto de la población, menor polución por la energía ahorrada, aumento de minería para satisfacer las materias primas del calefón solar, etc.).

Se identificarán las principales variables a tener en cuenta para la evaluación del proyecto y los ítems que integran los rubros de costos e ingresos (los cuales derivan de las anteriores variables). Luego, se estimará para cada año el valor actual de los costos e ingresos registrados durante el mismo periodo, según la tasa de inflación estimada, para poder calcular el Valor Actual Neto (VAN) de la compra del calefón solar utilizando la tasa de descuento del individuo y otros indicadores de rentabilidad relevantes. A continuación se realiza el análisis de sensibilidad que determinará las variables de mayor influencia sobre la rentabilidad del proyecto.

Para finalizar se aplicará el procedimiento anterior a una familia de consumo intermedio de gas y a una familia de bajo consumo de gas. De esta manera el trabajo contempla tres escenarios alternativos según el nivel de consumo de gas de una familia.

V. SUPUESTOS

A continuación se enumeran las fuentes y/o supuestos realizados para la determinación de cada variable necesaria en la elaboración de la evaluación del proyecto “compra de un calefón solar”.¹⁸

Inflación: para el primer periodo se ha supuesto una inflación del orden de los 30 puntos porcentuales (que es acorde con el estudio de expectativa de inflación realizado en abril de 2012 por el Centro de Investigación en Finanzas de la Universidad Torcuato Di Tella) y a partir de allí un escenario optimista donde la inflación disminuye 5 puntos porcentuales por año hasta estabilizarse en los 15 puntos porcentuales.

Precio calefón solar: se ha utilizado un promedio entre el valor de venta sin IVA de las compañías “ENERGE” e “INNOVAR SRL – SOUK SRL” dando el mismo un valor de 7.000 pesos.

Gastos de instalación: como un valor usual en la industria se estimó en torno al 10% del valor de venta sin IVA del calefón solar. Incluye mano de obra e insumos necesarios.

Impuesto al valor agregado (IVA): la alícuota del IVA se mantiene en 21% y es aplicada tanto a la adquisición del calefón solar, instalación incluida, como al consumo de gas.

Costos de mantenimiento: se estimaron en un 1% del valor del calefón solar sin IVA para el primer periodo y a partir de allí se los ajusta a la evolución de la inflación. Este valor de mantenimiento está sobrevalorando el costo de mantenimiento que tendrá el comprador promedio del calefón pero se decidió considerarlo así para poder contemplar la posibilidad de gastos mayores pero improbables (ej: gasto de reparación por un gran deterioro del calefón provocado por alguna situación climática extrema).

Vida útil calefón solar: se utiliza una vida útil del calefón solar de 20 años, lo cual es una estimación conservadora de la misma pero que fue elegida por la escasa información referente a este tema (el producto calefón solar para uso residencial es relativamente novedoso y se encuentra en constante evolución lo cual dificulta la confirmación de las estimaciones de la vida útil del mismo).

Consumo de gas: la estimación del consumo de gas del primer escenario está basada en las necesidades energéticas de una familia residencial de alto poder adquisitivo de 4 integrantes (2.500 m³ de gas al año) según lo desarrollado en el trabajo de Contraffatto y Da Costa (2008). Del mismo trabajo se extraen las estimaciones del ahorro energético provocado por la utilización de un calefón

¹⁸ Los valores numéricos de las variables se basan en datos de abril de 2012.

solar en una familia de estas características, un promedio anual del 67% del consumo de gas destinado al calentamiento de agua para baño o cocina, estimado en un total de 737 m³ de gas al año.

Para los escenarios de “consumo medio” y “consumo bajo” se utilizan las cifras proporcionadas por el mismo trabajo de Contraffatto y Da Costa (2008) siendo las mismas de 1.200 m³ y 450 m³ con un ahorro de energía de 410 m³ y 184 m³ respectivamente.¹⁹

Precio del gas: se ha expresado sin IVA al precio del gas (presentado así por el ENARGAS) y separado entre las categorías R1 y R3 4°, donde en cada categoría se ha obtenido el precio como el valor otorgado a la misma por la resolución ENARGAS N°1/568 del 2008 sumado los respectivos valores de la resolución ENARGAS N°1/1982 suponiendo que la orden del Juzgado Federal N° 2 de Mendoza, que exime al pago del gas importado, no continúa vigente.²⁰ Además, se ha decidido tomar como una aproximación del comportamiento futuro de la tarifa de gas que ésta se ajustará a la inflación año a año. En el Cuadro 1 se presenta el cuadro tarifario residencial.

Cuadro 1: Tarifa de Gas

Precio del Gas por m ³				
Categoría:	R1 (0 - 600m ³ al año)	R2 1° (601 - 750)	R2 2° (751 - 900)	R2 3° (901 - 1100)
Resolución ENARGAS N°1/568	0,1467	0,1467	0,1467	0,1500
Resolución ENARGAS N°1/1982	0,0870	0,1080	0,1080	0,1310
Total	0,2337	0,2547	0,2547	0,2810
Categoría:	R3 1° (1101 - 1400)	R3 2° (1401 - 1700)	R3 3° (1701 - 2050)	R3 4° (>2051)
Resolución ENARGAS N°1/568	0,1926	0,1926	0,2450	0,2450
Resolución ENARGAS N°1/1982	0,1740	0,4700	0,6620	0,9400
Total	0,3666	0,6626	0,9070	1,1850

Fuente: Elaboración propia en base a ENARGAS

Monto de préstamo: se fijó el monto del préstamo según la inversión inicial necesaria para llevar a cabo el proyecto, ésta incluye: el precio del calefón solar, los costos de instalación y el IVA de la compra del calefón solar.

¹⁹ El ahorro de gas representa el 67% del consumo de gas destinado al calentamiento de agua para baño o cocina, al igual que en el caso de consumo alto.

²⁰ El sistema de tarifa de gas diferencia el valor de la tarifa de acuerdo a la categoría del consumidor, una primera diferenciación es entre consumo residencial, industrial o gran consumidor (ej: club deportivo), dentro del consumo residencial, el sistema discrimina 8 categorías: R1 si su consumo es menor a 600 m³ de gas al año, R2 1° si el consumo está entre 601 y 750 m³, R2 2° si el consumo está entre 51 y 900 m³, R2 3° si el consumo está entre 901 y 1100 m³, R3 1° si el consumo está entre 1101 y 1400 m³, R3 2° si el consumo está entre 1401 y 1700 m³, R3 3° si el consumo está entre 1701 y 2050 m³ y R3 4° si el consumo es mayor a 2051 m³ al año. Estos valores son específicos para los consumidores de Mendoza, Argentina y difieren de los relevantes para otras provincias.

Período del préstamo: se estimó el período del préstamo en 3 años, por ser un valor adecuado para el proyecto y usual en el sector financiero.

Tasa del préstamo: se ha realizado el análisis con una tasa fija de 35% anual, que es la tasa de un préstamo personal en bancos comerciales sujeto a un periodo de 3 años y al monto de la inversión necesaria, para una persona con la capacidad de pago.

Aumento vida útil de calefón tradicional: se ha estimado que el uso de un calefón solar aumenta significativamente la vida útil del calefón tradicional utilizado en dicha vivienda hasta ese momento. Para el mismo se ha supuesto un calefón termotanque tradicional no menor a 120 litros cuyo precio promedio es de \$2.000y cuya vida útil es de 7 años sin calefón solar y que aumenta en 5 años por su implementación.

Tasa de descuento: representa la mejor alternativa que el comprador posee para el dinero invertido en la compra del calefón solar, en este caso se la supone en 10%.

Horizonte temporal: su determinación se basó en el trabajo de Ortégón, Pacheco y Roura (CEPAL, 2005) donde se indica que el mismo no debe ser tomado de forma arbitraria, sino que debe sustentarse en las características propias e intrínsecas del proyecto a llevar a cabo. Para este proyecto se ha decidido determinarlo a través de un valor de “horizonte explícito o intermedio”, durante el cual se posee una mayor certeza de las variables del proyecto, y el bien de inversión (calefón) todavía está en su “duración económica” y seguramente presenta características de ventaja comparativa (permite tener rendimientos económicos mayores que otros bienes del mercado). Aunque la duración técnica de los calefones solares es de 25 años, se ha decidido que el horizonte sea de 10 años porque de esta forma se tiene certeza de que todavía no se está en su periodo de “obsolescencia económica” (momento en el cual es económicamente más rentable comprar un bien con el mismo fin pero técnicamente superior) CEPAL (2005).

Una segunda razón para elegir un periodo de 10 años resulta de una solución de compromiso: la naturaleza del bien de capital “calefón solar” acucia por un periodo mayor, más cercano a los 25 años. No obstante la rentabilidad del proyecto está fuertemente ligada al precio del gas y cómo éste se ajusta o no a la inflación (y el valor supuesto de la misma) por lo que es importante considerar un periodo menor donde la inflación no vuelva irrelevantes e inciertos los valores de los últimos periodos.

1. COSTOS

Inversión inicial: la inversión inicial del proyecto es considerada como un costo y está formada por el precio del calefón solar, su costo de instalación y el IVA del mismo.

Gastos de mantenimiento: estimados en un 1% del valor del calefón solar sin IVA para el primer periodo y a partir de allí se ajusta a la evolución de la inflación. Este valor de mantenimiento está sobrevalorando el costo de mantenimiento que tendrá el comprador promedio del calefón pero permite contemplar la posibilidad de gastos mayores pero improbables (ej: gasto de reparación por un gran deterioro del calefón provocado por alguna situación climática extrema).

Devolución préstamo: representa los pagos necesarios para devolver el préstamo solicitado para la compra del calefón. Los mismos se obtienen según el sistema francés sin gastos o comisiones explícitas o fijas por parte del banco, otro supuesto simplificador es la combinación de todos los pagos en un “único pago anual” de igual valor actual.

2. INGRESOS

Ahorro energía: Para obtener el beneficio del ahorro de los costos por el remplazo directo de la energía convencional se utilizó la metodología planteada por Pan et al. (2012) donde se propone la siguiente ecuación.²¹

$$CBE_z = \frac{ESR_z}{HV} \cdot s \cdot EP$$

Donde, CBE_z es el costo ahorrado de la fuente de energía (electricidad, diesel, gas, kerosén, etc.) en la región z (*cost savings from energy source in region z*); ESR_z es la efectiva radiación solar en la región z (*effective solar radiation in region z*); “A” es un factor tecnológico de transformación de dicha radiación en energía; s es un factor de eficiencia para transformar la energía de un calefón solar en agua caliente (*heating efficiency of energy source (or SWH)*); HV es el valor en calor de la fuente de energía (*heating value of energy source*); EP es un factor de eficiencia para transformar la energía de la fuente en agua caliente; y EP es el precio unitario de la fuente de energía (*unit price of energy source*).

Esta función permite determinar de forma precisa cuál será el valor monetario del ahorro logrado por utilizar un método de calentamiento de agua sobre otro. También permite describir en una concisa fórmula matemática cuáles son las razones por la que un método es más eficiente económicamente que otro, permitiendo así un mayor grado de análisis de los mismos.

²¹ Los autores dan un excelente marco teórico para la incorporación de los beneficios de la mitigación de polución y del ahorro por la evasión del costo de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo el actual trabajo no es tan abarcativo, centrándose únicamente en los efectos financieros privados del consumidor, dejando de lado las consideraciones de alcance público o colectivo.

Para el caso actual se tomará : gas natural y z: Mendoza. Se estima la variable EP con las tarifas de gas presentadas en el Cuadro 1.²²

Respecto al resto de las variables, aunque no es posible obtener sus valores individuales, sí es posible obtener un valor aproximado de todo el factor $\frac{S}{v}$. Para dicha aproximación se han utilizado los datos obtenidos en el trabajo de Contraffatto y Da Costa (2008). Dicho trabajo observa que el consumo anual de gas de un usuario con un alto consumo de gas es, en promedio, 2500 m³ de gas, de los cuales solo un 44% es destinado al calentamiento de agua sanitaria. Del gas destinado a este fin (1100 m³), la utilización de un calefón solar puede reemplazar su uso en un 67%.²³ Es decir, que puede ahorrarse una cantidad de gas equivalente a 737 m³.

Para sintetizar, el ítem actual representa un ahorro directo por el uso del calefón solar y puede definirse en la práctica como el ahorro en el consumo de gas (737 m³ por año para una familia de alto consumo) multiplicado por el precio que se pagaba originalmente por dicho gas (1,185 pesos por m³ de gas).

Ahorro cambio categoría: representa un ahorro indirecto por el uso del calefón solar, ahorro que el comprador posee al cambiar de categoría y tener que pagar lo que le queda de consumo de gas al precio de una categoría menor R3 3° (0,907).

Mientras que el usuario de alto consumo no utilice un calefón solar, éste se mantendrá en la categoría de usuario residencial R3 4° porque su consumo anual de gas será mayor a 2051m³. Sin embargo, si el usuario utiliza un calefón solar, su consumo de gas disminuye a 1763m³ permitiéndole establecerse en la categoría R3 3° (que posee una tarifa menor a la categoría R3 4°). Es decir, que debido a la utilización del calefón solar el consumidor deberá pagar una menor tarifa de gas por los restantes 1763 m³ de gas que continuará utilizando.

Aumento vida útil calefón tradicional: al adquirir un calefón solar aumenta la vida útil del calefón tradicional (que continúa siendo utilizado como un calefón de apoyo). La vida útil aumenta por la menor carga de uso que recae sobre el calefón de apoyo, lo cual significa que habrá un gasto que se distará en el tiempo al tener que comprar un calefón tradicional cada 12 años en vez de cada 7 años. Este beneficio se representa en el flujo de beneficios como la diferencia entre la compra (y venta) estimada del calefón tradicional si no se compra el calefón solar y si se adquiere el mismo. Al calcularlo se supone que el individuo puede vender el calefón tradicional al final del periodo de 10 años, tanto en la situación con proyecto como sin proyecto.

²² Para poder adaptar el trabajo de Pan et al. (2012) de forma correcta habría que realizar una tarifa artificial que integre la tarifa propiamente dicha del gas que deja de consumirse y el beneficio (expresado por m³) del cambio de tarifa del gas consumido de forma posterior a la instalación del calefón solar. Sin embargo se tratará estos dos beneficios separadamente para simplificar la lectura de los cuadros de flujos.

²³ Al ponderar de forma anual la eficiencia del calefón solar se tiene en cuenta que la eficiencia del mismo aumenta durante los meses de verano y disminuye durante los de invierno.

Venta calefón: se refiere a la posibilidad de vender el calefón solar al final del proyecto al valor residual del mismo a ese momento (su valor inicial menos la depreciación acumulada hasta ese momento y el gasto incurrido en el desmantelamiento del calefón y la instalación en el hogar del nuevo comprador, el mismo se estimó en 30% del valor original del calefón solar).

Préstamo: indica la cantidad de dinero que recibe la persona cuando pide el préstamo para comprar el calefón solar (es equivalente a la inversión inicial).

Siempre se expresan los resultados en valores reales (es decir: sin inflación y descontados a la tasa subjetiva de descuento).

VI. ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO

Como se mencionó anteriormente se ha decidido realizar un análisis de costo-beneficio, desde el punto de vista financiero, de un consumidor privado. Para el mismo se usan las variables mencionadas en la sección anterior. Cabe recordar que dichas variables se encuentran expresadas en términos reales (es decir, excluyendo el efecto de la inflación).

A continuación se muestran los flujos de fondos relevantes a la evaluación del proyecto “adquirir un calefón solar vs. mantener el sistema tradicional de calentamiento de agua”. Primero se presentará y analizará el escenario que involucra a una familia de alto consumo de gas para luego pasar a analizar los escenarios de medio y bajo consumo en la sección VIII.

1. FLUJO DE COSTOS

El flujo de costos se muestra en el Cuadro 2. En este cuadro es importante observar cómo el valor actual de la devolución del préstamo está significativamente influenciado por los supuestos realizados sobre el nivel de inflación, como la tasa de interés es fija, el valor del préstamo está subordinado a la inflación, esto genera que la inflación sea muy importante en los costos del proyecto. También es importante observar que este flujo tiene pocos ítems, sin embargo el uso de una limitada cantidad de variables facilita entender la naturaleza del bien analizado, es decir, que es un bien de capital, financiado por un préstamo, con un alto valor de inversión inicial y gastos posteriores prácticamente nulos.

La naturaleza del bien indica algunas cosas interesantes. Por un lado que la rentabilidad del proyecto estará fuertemente ligada al trato que pueda llegar el consumidor con su proveedor al negociar la compra del calefón solar y los términos del préstamo a tomar. Si el comprador posee escala de negociación o una mayor capacidad negociadora que los oferentes del bien o los prestamistas podrá obtener un menor precio en el calefón solar (disminuyendo el valor de la inversión inicial y, por lo tanto, del préstamo a tomar) o mejores tasas de interés (disminuyendo el alto costo asociado a la devolución del préstamo en los primeros tres periodos) y esto influenciará de forma positiva en la rentabilidad del proyecto.²⁴

²⁴ Por ejemplo, podría poseer escala de negociación si se une a otros compradores para presentar una “*bulk offer*” al proveedor del bien.

Al descontar los valores del flujo de costos (Cuadro 2), se obtiene un valor actual de los costos de 18.500 pesos para el proyecto. Por otro lado, la rentabilidad estará también ligada al comportamiento de los beneficios, los cuales aparecen a lo largo del tiempo y no solamente en un periodo en particular.

2. FLUJO DE BENEFICIOS

El flujo de beneficios se presenta en el Cuadro 3 de donde se obtiene un valor actual de los ingresos de 20.708 pesos. Puede observarse que este número es mayor al valor actual de los costos, indicando que adquirir un calefón solar es beneficioso para un usuario de alto consumo de gas.

Los ítems más relevantes del flujo de beneficios son el “ahorro energía” y el “ahorro por cambio de categoría”. Las variables detrás de ambos ítems son la cantidad de gas consumida (con y sin la utilización de un calefón solar) y la tarifa de gas por cada una de esas cantidades consumidas, por ello es relevante comentar los supuestos realizados en la sección V que afectan a estas variables. Por un lado se ha supuesto que las cantidades consumidas no varían a través del tiempo, permitiendo un mayor grado de estabilidad al proyectar el comportamiento futuro del consumidor. Por otro lado se ha supuesto que el organismo con el poder de disponer el valor vigente de la tarifa de gas es capaz de anticipar correctamente la tasa de inflación y variar año a año la tarifa de gas en la misma cuantía, este es un supuesto importante porque la tarifa de gas es la variable más importante en la determinación del valor actual de los ingresos (un aumento de 1% en el valor de la tarifa aumenta el valor actual de los ingresos en un 0,5%).

Es interesante observar que el beneficio obtenido por el aumento de vida útil del calefón tradicional no es tan insignificante como se podría pensar que lo sería antes de realizar el flujo de beneficios. También hay que tener en cuenta que el precio de venta del calefón solar esté posiblemente subestimado, este es un buen actuar si se toma en cuenta el limitado tamaño del mercado por calefones solares y lo complicado que resulta realizar predicciones técnicas a 10 años sobre esta tecnología y otras suplementarias o complementarias.

Por otro lado, respecto a los calefones solares existen características intangibles que dependiendo de las características del consumidor serán positivas o negativas (ejemplo de estas son, el status social obtenido al poseer una casa ambientalmente sustentable y la des-utilidad que se puede tener por el valor antiestético de un calefón solar) (Henning, 2005). Este flujo se encarga de estimar un flujo prácticamente financiero, sin consideraciones por beneficios de una naturaleza más intangibles de la utilización de un calefón solar.

Cuadro 2: Flujo de costos del proyecto, alto consumo

Costos del proyecto

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión inicial	9.317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastos mantenimiento	0	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Devolución préstamo	0	4.226	3.381	2.817	0	0	0	0	0	0	0
Total (en valor actual)	9.317	4.296	3.451	2.887	70	70	70	70	70	70	70
Total (en valor corriente)	9.317	5.585	5.608	5.630	157	181	208	239	275	316	363

Valor Actual de los Costos 18.500

Fuente: Elaboración propia en base a varias fuentes

Cuadro 3: Flujo de ingresos del proyecto, alto consumo

Ingresos del proyecto

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro energía	0	1.057	1.057	1.057	1.057	1.057	1.057	1.057	1.057	1.057	1.057
Ahorro cambio de categoría	0	593	593	593	593	593	593	593	593	593	593
Aumento vida útil	0	0	0	0	0	0	0	2.000	0	0	-810
Venta calefón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.400
Préstamo	9.317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (en valor actual)	9.317	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	1.650	3.650	1.650	1.650	2.240
Total (en valor corriente)	9.317	2.145	2.681	3.217	3.700	4.255	4.893	12.448	6.471	7.441	11.620

Valor Actual de los Ingresos 20.708

Fuente: Elaboración propia en base a varias fuentes

VII: INDICADORES DE RENTABILIDAD

Para estudiar la conveniencia de la adquisición del calefón solar se ha resuelto utilizar los siguientes indicadores de rentabilidad: el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto, la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Periodo de Recupero de la Inversión (PRI) y la relación beneficio-costos (obtenida como la relación entre los valores actuales del flujo de beneficios y del flujo de costos).

Es interesante destacar que el monto total al momento 0 del flujo de beneficios es igual al del flujo de costos, debido a que el monto del préstamo se ha ligado al monto de la inversión inicial. Sin embargo, durante los siguientes 3 periodos los costos son mayores a los ingresos, y después la diferencia se revierte, lo cual permite la utilización de indicadores de rentabilidad como la TIR sin que haya problemas conceptuales respecto a su utilización.^{25, 26}

Para el presente trabajo se obtienen los siguientes resultados, que se exponen a continuación:

VAN: \$2.208

TIR: 18,64%

PRI: 9 años

Relación beneficio-costos: 1,12

Puede observarse que el VAN es positivo, lo que indica que la adquisición del calefón solar es una decisión conveniente, desde el punto de vista financiero, para el usuario de consumo alto. También se observa que la TIR es mayor al 10% (tasa de descuento), es decir, que la compra del calefón solar otorga una tasa de retorno mayor para el capital invertido que la mejor alternativa disponible al consumidor. Finalmente, existe un valor para el PRI (es decir que en algún momento se recupera la inversión realizada) y la relación beneficio-costos es mayor a 1. En otras palabras: estos indicadores señalan que conviene llevar a cabo el proyecto “adquisición de calefón solar”

²⁵ Para permitir la utilización conceptual de la TIR también se ha supuesto la inexistencia del riesgo de reinversión (riesgo que se produce cuando el inversor, al recibir una porción del retorno de su inversión, desea reinvertirla en las mismas condiciones de rentabilidad que presentó su inversión inicial, pero al variar las condiciones del mercado, le es imposible hacerlo).

²⁶ Como indica Molina (2000):

“Para una vida útil de n años, en la determinación de la TIR es necesario resolver una ecuación de grado n (es decir: igual a la vida útil del proyecto). Por lo que existirán n soluciones de TIR para el proyecto. Sin embargo, si se produce un solo cambio de signo en el polinomio de los flujos del proyectos, entonces, existirá solo una solución real, que posee más sentido económico.”

El valor del PRI es elevado, lo cual ayuda a reforzar una presunción del presente trabajo, que un calefón solar posee características que lo hacen más parecido a una inversión que a un bien de consumo común y por lo tanto su adquisición es mejor tratarla como una inversión. Esta es la principal razón que llevó a realizar el siguiente análisis desde un punto de vista financiero, obviando algunos ítems que tendría en cuenta un análisis más amplio y que considere otros beneficios y costos que no afecten de forma directa la situación monetaria del comprador del calefón solar.

Es importante destacar que Pan et al. (2012) realizan en su trabajo un análisis de costo-beneficio sobre la implementación de calefones solares en Taiwán y obtienen, al analizar el caso particular de calefones solares que reemplacen gas natural y que no posean subsidio gubernamentales, un PRI de 13 años.²⁷ El resultado de Pan et al. (2012) es relevante por dos razones, primero, el PRI es elevado igual que en el presente trabajo (PRI de 9 años) y segundo, es un trabajo actual, realizado en el año 2012, por lo que constituye un buen punto de comparación ya que ambos trabajos consideran tecnologías actuales para calefones solares, similares mercados internacionales de energía, etc.

El hecho que la relación beneficio-costo sea ligeramente superior a uno indica una posible inestabilidad en la conveniencia del proyecto respecto de algunos factores claves como puede ser el precio de gas o el valor del calefón. Esta característica no se advierte con tanta claridad en el resto de los indicadores.²⁸

²⁷ El estudio de Pan et al. (2012) incluye beneficios por menor emisión de gases de invernadero y mitigación de polución que no han sido considerados para la obtención del PRI del actual trabajo.

²⁸ Por esta razón es deseable utilizar más de un indicador al evaluar la rentabilidad de un proyecto.

VIII. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

En esta sección se presenta un análisis de sensibilidad de las principales variables, el mismo se desarrolla realizando un sondeo entre los posibles valores que las diferentes variables pueden tomar y cómo esto se refleja en la modificación del VAN del proyecto. El escenario de la sección anterior constituye el escenario base (indicado en los cuadros como “100%”, es decir, que el valor supuesto de la variable es el 100% del valor que poseía en el escenario base), una vez planteado este punto de inicio se las modificó en una escala de 10 puntos porcentuales hasta llegar a valores del 50% y 150% del valor original.²⁹ En la primera columna de cada cuadro se muestra el cambio para cada variable considerada, por encima del “100%” las variables se modifican de forma positiva según el porcentaje indicado y por debajo del valor 100%, las variables disminuyen. En los cuadros de entrada doble la primera fila también posee la función de indicar el grado de modificación de la correspondiente variable respecto al escenario base.

Los Cuadros 4 a 6 muestran en forma de tabla la variación del Valor Actual Neto al variar una o dos de las respectivas variables independientes. Los Cuadros 7 a 10 se encuentran al final de esta sección.

Cuadro 4: Sensibilidad VAN respecto a precio calefón solar, tarifa de gas y nivel de ahorro

Porcentaje de variación	Precio calefón solar	Tarifa gas	Nivel de ahorro
50%	-2.113	7.277	4.693
40%	-1.249	6.263	4.196
30%	-385	5.249	3.699
20%	480	4.236	3.202
10%	1.344	3.222	2.705
0%	2.208	2.208	2.208
-10%	3.073	1.195	1.711
-20%	3.937	181	1.214
-30%	4.801	-833	717
-40%	5.666	-1.847	220
-50%	6.530	-2.860	-277

Fuente: Elaboración propia

²⁹ La única variable que no es modificada de esta forma fue la duración del préstamo, para esta variable se expresó de forma explícita sus valores por un motivo de claridad del cuadro y la lógica de exigir valores enteros al periodo del préstamo.

Cuadro 5: Sensibilidad VAN respecto a inflación, tasa préstamo y tasa de descuento

Porcentaje de variación	Inflación	Tasa préstamo	Tasa de descuento
50%	3.647	108	743
40%	3.393	536	989
30%	3.124	961	1.256
20%	2.838	1.381	1.547
10%	2.533	1.797	1.864
0%	2.208	2.208	2.208
-10%	1.862	2.615	2.584
-20%	1.491	3.017	2.993
-30%	1.093	3.413	3.439
-40%	667	3.804	3.926
-50%	208	4.189	4.457

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6: Sensibilidad VAN respecto al periodo del préstamo

Periodo préstamo	VAN del proyecto
10	1.467
9	1.550
8	1.644
7	1.749
6	1.864
5	1.986
4	2.107
3	2.208
2	2.233
1	2.165
Contado	1.644

Fuente: Elaboración propia

Puede verse, por ejemplo, que si el valor de la tasa del préstamo aumentara un 20% es decir, pasara de 35% a 42%, el VAN disminuiría, pasando de 2.208 a 1.381 pesos. Otro ejemplo relevante es si el precio del calefón solar aumentase un 30% (es decir, pasando a costar 9.100 pesos), entonces el VAN sería negativo, tomando un valor de -385 pesos. Este aumento en el precio del calefón solar sobrepasa el aumento límite que estaría dispuesto a aceptar el consumidor, haciendo que el proyecto no sea rentable e indicando al usuario que debería utilizar sus recursos en otros proyectos de mayor provecho.

Teniendo en cuenta los Cuadros 4 a 6 (en donde se modifica una variable a la vez), el VAN del proyecto tomaría valores negativos únicamente en tres casos:

1. Si el precio del calefón solar es mayor a 8.800 pesos.
2. Si la tarifa de gas aumenta en un 22% respecto al escenario base.
3. Si el nivel de eficiencia técnica del calefón solar (“nivel de ahorro”) disminuye en un 45%, pasando a ser 37,2% del gas destinado a calentamiento de agua sanitaria (en lugar de 67%).

Teniendo en cuenta la interacción de dos variables (Cuadros 7 a 10) aumentan levemente los casos en los cuales el proyecto no es rentable, es decir, su VAN es menor a cero. Un buen ejemplo de esto es si se toma un periodo de devolución del préstamo de 6 años (en vez de 3) y una tasa de interés de 45,5% (un 30% mayor a la original), en este caso el VAN es -75 pesos y por lo tanto el proyecto no es rentable. Es importante destacar que ambas variables separadamente no tenían la influencia necesaria para disminuir en esa cuantía al VAN (como se observa en el Cuadro 5). En particular es relevante el Cuadro 7, ya que incluye a las dos variables con el mayor nivel de influencia en la determinación del VAN.

Las variables que más influyen en un cambio de decisión, manteniendo las demás variables sin modificaciones, son el precio del gas y el precio del calefón solar (el escenario sólo permite un aumento o disminución de 20% en dichos precios, más allá de eso pasa a ser indeseable la compra de un calefón solar).

La conclusión de llevar a cabo el proyecto (impulsada por un VAN positivo) es bastante estable. Por sí solas las variables no poseen un efecto lo suficientemente grande como para poner en peligro la estabilidad de la decisión, e incluso cuando se fusionan los efectos de dos variables, son pocas las combinaciones que poseen un efecto lo suficientemente “peligroso” como para cambiar la decisión (estas combinaciones son: precio del calefón solar y tarifa de gas por un lado, y la tarifa de gas y el rendimiento técnico del calefón solar por otro).

Una variable importante a observar es la tasa de interés del préstamo, ya que tiende a ser una variable que puede modificarse de forma sustancial respecto a la asumida en el análisis del proyecto y su efectiva implementación (ya que depende del banco que financie la inversión). Una razón importante por la que puede alterarse esta variable son las distintas condiciones que imponen los bancos en los préstamos otorgados (especialmente en la tasa de interés), además de existir conceptos que no siempre pueden anticiparse con total seguridad (como alícuotas de seguros, gastos administrativos, tasas legales, etc.).

Por estas razones es relevante observar la sensibilidad respecto a la tasa del préstamo y tener en cuenta que incluso con una tasa de 52,5% anual sigue siendo rentable el proyecto, lo cual da un espacio más que considerable para absorber gastos no esperados respecto del escenario base.

Un hallazgo relevante es que si la eficiencia técnica del calefón solar es bastante menor (40%) a la supuesta (67%), el proyecto sigue siendo rentable (con un VAN de 206 pesos). Este punto es importante porque Hassett y Metcalf (1999) observan que tienden a haber diferencias de rendimiento técnico entre los experimentos de laboratorio y los efectivamente alcanzados en el uso normal de los bienes. Es decir, que se puede resguardar de una situación de rentabilidad negativa una vez comprado el calefón solar si se realiza una estimación conservadora respecto a la eficiencia del calefón solar (Contraffatto y Da Costa (2008) estiman una tasa de 67%, sin embargo muchas compañías productoras de calefones solares publican estimaciones de eficiencia en torno a los 80 puntos porcentuales) por la gran flexibilidad que presenta la positiva rentabilidad del proyecto respecto a la tasa de eficiencia técnica.

Hay que tener en cuenta que el análisis de sensibilidad respecto a la inflación se realizó suponiendo que no varía la tasa de interés del préstamo a tomar y manteniendo el supuesto que el aumento de la tarifa seguirá la evolución de la inflación. Si se dejara de lado alguno de estos dos supuestos se tendrían escenarios más pesimistas. Por ejemplo, si la tasa del interés del préstamo se ajustara a la inflación, se obtendría un VAN de -66 pesos y si la tarifa de gas se mantuviese congelada en su valor inicial se alcanzaría un VAN de -3.365 pesos.

Las conclusiones anteriores están basadas en que el precio del gas se ajusta a la evolución de la inflación, que el consumo de gas es elevado (y por lo tanto su ahorro también) y que se posee una fuente “indirecta” de beneficio que es el cambio de categoría en la tarifa de gas. Como estas características pueden variar, es importante tener en cuenta qué pasaría si cambia alguno de estos supuestos. Por esta razón a continuación se analizan los casos de consumo medio y bajo.

Cuadro 7: Sensibilidad conjunta VAN respecto a precio calefón solar y tarifa de gas

		Precio gas										
		-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Precio calefón solar	50%	-7.182	-6.168	-5.154	-4.141	-3.127	-2.113	-1.099	-86	928	1.942	2.955
	40%	-6.318	-5.304	-4.290	-3.276	-2.263	-1.249	-235	779	1.792	2.806	3.820
	30%	-5.453	-4.439	-3.426	-2.412	-1.398	-385	629	1.643	2.657	3.670	4.684
	20%	-4.589	-3.575	-2.561	-1.548	-534	480	1.493	2.507	3.521	4.535	5.548
	10%	-3.725	-2.711	-1.697	-683	330	1.344	2.358	3.371	4.385	5.399	6.413
	0%	-2.860	-1.847	-833	181	1.195	2.208	3.222	4.236	5.249	6.263	7.277
	-10%	-1.996	-982	31	1.045	2.059	3.073	4.086	5.100	6.114	7.128	8.141
	-20%	-1.132	-118	896	1.910	2.923	3.937	4.951	5.964	6.978	7.992	9.006
	-30%	-267	746	1.760	2.774	3.788	4.801	5.815	6.829	7.842	8.856	9.870
	-40%	597	1.611	2.624	3.638	4.652	5.666	6.679	7.693	8.707	9.720	10.734
	-50%	1.461	2.475	3.489	4.502	5.516	6.530	7.544	8.557	9.571	10.585	11.598

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 8: Sensibilidad conjunta VAN respecto a tasa préstamo y periodo préstamo

		Periodo préstamo										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tasa préstamo	50%	1.644	1.025	596	108	-427	-943	-1.414	-1.833	-2.198	-2.510	-2.773
	40%	1.644	1.253	927	536	92	-341	-740	-1.097	-1.410	-1.679	-1.908
	30%	1.644	1.481	1.257	961	605	253	-75	-370	-631	-857	-1.050
	20%	1.644	1.709	1.584	1.381	1.113	840	582	347	139	-43	-200
	10%	1.644	1.937	1.910	1.797	1.613	1.417	1.228	1.054	898	760	640
	0%	1.644	2.165	2.233	2.208	2.107	1.986	1.864	1.749	1.644	1.550	1.467
	-10%	1.644	2.393	2.555	2.615	2.593	2.544	2.487	2.430	2.375	2.325	2.280
	-20%	1.644	2.621	2.874	3.017	3.071	3.092	3.098	3.096	3.091	3.083	3.076
	-30%	1.644	2.849	3.191	3.413	3.541	3.628	3.694	3.745	3.787	3.822	3.851
	-40%	1.644	3.077	3.506	3.804	4.001	4.152	4.274	4.376	4.463	4.538	4.603
	-50%	1.644	3.305	3.817	4.189	4.452	4.662	4.837	4.986	5.116	5.229	5.327

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9: Sensibilidad conjunta VAN respecto a tasa préstamo e inflación

		Inflación										
		-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Tasa préstamo	50%	-2.372	-1.804	-1.275	-782	-322	108	511	889	1.243	1.577	1.892
	40%	-1.846	-1.300	-792	-319	123	536	923	1.286	1.627	1.947	2.249
	30%	-1.325	-801	-313	141	564	961	1.332	1.680	2.007	2.314	2.604
	20%	-808	-306	160	595	1.001	1.381	1.736	2.070	2.383	2.678	2.955
	10%	-297	183	629	1.045	1.434	1.797	2.137	2.456	2.756	3.037	3.303
	0%	208	667	1.093	1.491	1.862	2.208	2.533	2.838	3.124	3.393	3.647
	-10%	708	1.145	1.552	1.931	2.284	2.615	2.925	3.215	3.488	3.745	3.987
	-20%	1.201	1.617	2.005	2.365	2.702	3.017	3.311	3.588	3.848	4.092	4.322
	-30%	1.688	2.084	2.451	2.794	3.114	3.413	3.693	3.956	4.203	4.435	4.653
	-40%	2.168	2.543	2.892	3.217	3.520	3.804	4.069	4.319	4.553	4.773	4.980
	-50%	2.641	2.996	3.326	3.633	3.920	4.189	4.440	4.676	4.897	5.106	5.302

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10: Sensibilidad conjunta VAN respecto a tarifa de gas y ahorro de gas

		Ahorro gas										
		-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Precio gas	50%	-4.103	-3.854	-3.606	-3.357	-3.109	-2.860	-2.612	-2.363	-2.115	-1.866	-1.618
	40%	-3.338	-3.039	-2.741	-2.443	-2.145	-1.847	-1.548	-1.250	-952	-654	-356
	30%	-2.572	-2.224	-1.877	-1.529	-1.181	-833	-485	-137	211	559	907
	20%	-1.807	-1.409	-1.012	-614	-217	181	578	976	1.374	1.771	2.169
	10%	-1.042	-595	-147	300	747	1.195	1.642	2.089	2.536	2.984	3.431
	0%	-277	220	717	1.214	1.711	2.208	2.705	3.202	3.699	4.196	4.693
	-10%	489	1.035	1.582	2.129	2.675	3.222	3.769	4.315	4.862	5.409	5.956
	-20%	1.254	1.850	2.447	3.043	3.639	4.236	4.832	5.429	6.025	6.621	7.218
	-30%	2.019	2.665	3.311	3.957	4.603	5.249	5.896	6.542	7.188	7.834	8.480
	-40%	2.784	3.480	4.176	4.872	5.567	6.263	6.959	7.655	8.351	9.046	9.742
	-50%	3.549	4.295	5.040	5.786	6.531	7.277	8.022	8.768	9.513	10.259	11.004

Fuente: Elaboración propia

IX. EXTENSIÓN A ESCENARIOS DE MEDIO Y BAJO CONSUMO

La compra de un calefón solar resulta ser una acción económicamente viable en un comprador de alto consumo, sin embargo una gran cantidad de los consumidores de gas no son grandes consumidores sino que son de medio o bajo consumo, por lo que es importante realizar el mismo análisis pero para estos nuevos agentes.

La diferencia principal entre éstos y el comprador de alto consumo radica en dos aspectos: 1º, el consumo (y por lo tanto el ahorro de gas derivado del calefón solar) es menor; 2º, la tarifa de gas aplicable a estos consumidores es menor (es decir que las tarifas que enfrentan poseen un nivel de subsidio mayor que las enfrentadas por los consumidores anteriores). Esto hace, como se verá a continuación, que cambie la decisión del consumidor de aplicar un sistema de calefacción solar de agua sanitaria.

Los flujos de costo y beneficio del consumidor medio y bajo se presentan en los Cuadros 11 a 14 y han sido realizados con las mismas especificaciones metodológicas que las utilizadas en el caso de alto consumo.

Lo relevante de estos flujos de costos y beneficios es que los costos asociados al proyecto no varían de acuerdo a la categoría de consumidor. Con respecto a los ingresos se aprecia la fuerte disminución de los ítems asociados al ahorro del consumo de gas, en el caso del consumidor de bajo consumo el ahorro por el cambio de categoría es nulo. La categoría tarifaria más baja se aplica a los usuarios que consuman menos de 600 m³ de gas al año, el usuario de bajo consumo utiliza, antes de adquirir un calefón solar, 450 m³ de gas al año y al utilizar el calefón disminuye su consumo a 266 m³ de gas, manteniéndose en ambos casos en la misma categoría tarifaria (R1).

Al descontar los valores del flujo de costos para el consumidor intermedio (Cuadro 11), se obtiene un valor actual de los costos de 18.500 pesos y al descontar el flujo de beneficios (Cuadro 12), se obtiene un valor actual de 12.346 pesos. El valor actual de los costos es mayor al de los ingresos, indicando que adquirir un calefón solar no sería beneficioso para un usuario de consumo intermedio de gas.

Al descontar ambos flujos para el consumidor de bajo consumo se obtienen un valor actual de los costos de 18.500 y un valor actual de los beneficios de 10.891. Adquirir un calefón solar tampoco es beneficioso para un usuario de bajo consumo de gas.

Para los usuarios de consumo intermedio y bajo consumo se obtienen los siguientes indicadores de rentabilidad, respectivamente, expuestos a continuación:

Consumo intermedio:

VAN: -\$6.154

TIR: -13,99% (no es útil como indicador de rentabilidad)

Relación beneficio-costos: 0,6673

Bajo consumo:

VAN: -\$7.609

TIR: -21,51% (no es útil como indicador de rentabilidad)

Relación beneficio-costos: 0,5886

Ambos escenarios presentan un VAN negativo, es decir que según estos indicadores no conviene la compra del calefón solar para estos consumidores. La principal diferencia con el escenario del usuario de alto consumo no está en la cantidad ahorrada por sí misma, sino que radica en el precio de la tarifa que se le aplica a cada consumidor. La tarifa que se le aplica al usuario de alto consumo es 223% mayor que la impuesta al consumidor medio y 407% mayor a la de bajo consumo. Esto ayuda a explicar la diferencia en la rentabilidad de los diferentes escenarios.

El análisis de sensibilidad de estos dos escenarios no presenta casos en los cuales resulte conveniente la adquisición de un calefón solar, es decir, que el VAN se mantiene negativo aun aumentando de forma sustancial los beneficios de las variables en ambos proyectos. Por esta razón no se incorpora el análisis de sensibilidad (para los usuarios de bajo y medio consumo) en el actual trabajo. Sin embargo sí es relevante pensar en el diseño de política para estos consumidores, de ello trata la siguiente sección del trabajo.

Cuadro 11: Flujo de costos del proyecto, medio consumo

Costos del proyecto - Medio consumo

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión inicial	9.317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastos mantenimiento	0	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Devolución préstamo	0	4.226	3.381	2.817	0	0	0	0	0	0	0
Total (en valor actual)	9.317	4.296	3.451	2.887	70	70	70	70	70	70	70
Total (en valor corriente)	9.317	5.585	5.608	5.630	157	181	208	239	275	316	363

Valor Actual de los Costos 18.500

Fuente: Elaboración propia en base a varias fuentes

Cuadro 12: Flujo de ingresos del proyecto, medio consumo

Ingresos del proyecto - Medio consumo

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro energía	0	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182
Ahorro cambio de categoría	0	107	107	107	107	107	107	107	107	107	107
Aumento vida útil	0	0	0	0	0	0	0	2.000	0	0	-810
Venta calefón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.400
Préstamo	9.317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (en valor actual)	9.317	289	289	289	289	289	289	2.289	289	289	879
Total (en valor corriente)	9.317	376	469	563	648	745	857	7.806	1.133	1.303	4.561

Valor Actual de los Ingresos 12.346

Fuente: Elaboración propia en base a varias fuentes

Cuadro 13: Flujo de costos del proyecto, bajo consumo

Costos del proyecto - Bajo consumo

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión inicial	9.317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastos mantenimiento	0	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Devolución préstamo	0	4.226	3.381	2.817	0	0	0	0	0	0	0
Total (en valor actual)	9.317	4.296	3.451	2.887	70	70	70	70	70	70	70
Total (en valor corriente)	9.317	5.585	5.608	5.630	157	181	208	239	275	316	363

Valor Actual de los Costos 18.500

Fuente: Elaboración propia en base a varias fuentes

Cuadro 14: Flujo de ingresos del proyecto, bajo consumo

Ingresos del proyecto - Bajo consumo

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro energía	0	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Ahorro cambio de categoría	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aumento vida útil	0	0	0	0	0	0	0	2.000	0	0	-810
Venta calefón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.400
Préstamo	9.317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (en valor actual)	9.317	52	52	52	52	52	52	2.052	52	52	642
Total (en valor corriente)	9.317	68	85	101	117	134	154	6.998	204	235	3.333

Valor Actual de los Ingresos 10.891

Fuente: Elaboración propia en base a varias fuentes

X. RECOMENDACIONES DE POLÍTICA

Un elemento importante en la diferencia entre alto, medio y bajo consumo es el hecho que aunque el consumidor privado se enfrente a distintos precios al variar su consumo, el Estado (o la sociedad en su conjunto) siempre se enfrenta al mismo precio de gas. Bajo el sencillo supuesto que la tarifa de gas del usuario de alto consumo representa los costos de producción de gas y que la misma no está subsidiada por el Estado mientras que en los otros dos casos los subsidios abarcan la brecha entre las distintas categorías tarifarias. Si un consumidor de nivel medio adquiere un calefón solar esto representa un beneficio para el Estado (básicamente por dejar de subsidiar a este consumidor) de casi 2.000 pesos.

Cabe destacar que el costo del consumo de gas de un habitante promedio es mucho mayor para el Estado que el valor pagado por el usuario de alto consumo ya que existen un gran número de gastos gubernamentales que no se ven reflejados directamente en la tarifa del gas aplicada a los consumidores. Ejemplos de estos gastos estatales son: gastos de regulación y control y subsidios a empresas relacionadas con la producción de gas natural; existen también costos indirectos cuyos efectos pueden no influenciar directamente al Estado. No obstante estos efectos sí afectan a la economía en su conjunto, algunos ejemplos son: la menor disponibilidad de gas al sector industrial/comercial que disminuye la competitividad de estos sectores, reduciendo inversiones y provocando un menor producto bruto (entre otros efectos).

Es importante tener en cuenta que si pudiera utilizarse un mismo calefón solar para dos residencias de consumo medio (suponiendo que no aumentan los costos asociados al proyecto), en ese caso se obtiene para el Estado un VAN positivo de 550 pesos mientras que para el consumidor privado sigue manteniéndose negativo el VAN (-1.563 pesos).^{30, 31}

Esta dualidad en la rentabilidad de un calefón solar para dos usuarios de consumo intermedio es especialmente interesante porque da cabida a una rivalidad entre los incentivos privados y los del Estado, siendo que los primeros no quisieran colocar un calefón solar y el segundo sí (dadas ciertas condiciones en su implementación). Por lo tanto, es importante considerar hasta qué punto está dispuesto a pagar el consumidor privado y en qué magnitud debe intervenir el Estado para llegar a una

³⁰ Si a eso se le agrega que el Estado es capaz de negociar mejores precios por el calefón solar por poseer escalas de negociación (si éstas son llevadas a cabo eficientemente), entonces habrá una disminución importante en una de los variables claves de los costos: la inversión inicial.

³¹ Este calefón posee la capacidad técnica para suplir las necesidades de ambas residencias, lo que constituye un supuesto crucial.

situación de beneficio para ambos agentes. El Estado puede utilizar varias herramientas para subsidiar la compra del bien, como por ejemplo, la implementación de tasas diferenciadas para su adquisición, otorgar aun menores tarifas de gas a los usuarios de calefones solares, realizar un descuento en la factura de gas ligada a la utilización de agua caliente procedente del calefón, desarrollar un sistema de leasing, etc.

Debe considerarse que a pesar de no ser económicamente viable la compra de un calefón solar para el consumidor de medio consumo, no debe descartarse la opción de que el mismo adquiera un calefón solar ya que en el análisis no se ha tenido en cuenta la valoración personal del agente por un ambiente más limpio o por llegar al status social de quien colabora con la consecución de los objetivos ecológicos de la sociedad. Por estos motivos un subsidio por parte del gobierno puede llegar a incentivar más usuarios aun si el monto del subsidio es menor al valor negativo del VAN del consumidor de consumo medio.

También debe tenerse en cuenta que si el consumidor medio adquiere un calefón solar el Estado no debe gastar recursos en el subsidio que antes recibía el consumidor, por lo que ese gasto en subsidio debería funcionar como una aproximación al valor mínimo que estaría dispuesto a ofrecer el Estado como subsidio para la adquisición del calefón solar.

Otra razón importante por la que la adquisición de un calefón solar para un usuario de consumo medio es tan poco rentable es el hecho que, por lo general, los proyectos económicamente convenientes de energía solar (como calefones solares) poseen largos periodos de retorno, con tasas que no son lo suficientemente altas como para poder recuperar la inversión en el corto plazo, usualmente excediendo los plazos típicos para préstamos tradicionales (incluso los de adquisición de bienes de capital). Por lo expresado, sería importante que el gobierno proveyera planes de financiamiento acordes a los tiempos de recuperación de la inversión, ya que el actual mercado de capitales no está estructurado para dar soporte a proyectos como éste.³²

Otra herramienta que podría utilizar el Estado para incentivar el uso de calefones solares es el re-diseño del sistema de precios relativos de la energía (particularmente en este caso: gas natural, el cual es visto como un “medio de transporte” de energía), pero debe tenerse en cuenta la investigación de Yokell (1979), quien demuestra que una forma de incentivar la Investigación y Desarrollo y la utilización de tecnologías energéticas alternativas es establecer un adecuado precio relativo de la energía (presente y futura). Sin embargo, este autor también demuestra que si bien parece que el Estado posee un solo objetivo, en realidad posee varios objetivos intermedios y se necesitaría un instrumento de política económica por cada objetivo intermedio (básicamente “precios de energías y

³² Necesita otorgar préstamos a largo plazo con características más parecidas a los préstamos inmobiliarios o los de inversión a largo plazo de industrias intensivas en capital y alejándose de los prestamos usuales para proyectos de menor envergadura como son los préstamos personales o de consumo.

bienes relacionados a la industria energética”), siendo en la práctica casi imposible que el Estado pueda utilizar estos instrumentos de forma adecuada para ajustar la política a los cambios de oferta y demanda de la energía y bienes relacionados a la industria energética.³³ Yokell (1979) indica que deben buscarse otras formas de incentivar el uso de estas tecnologías, ya que de querer utilizar los precios relativos como estrategia deberán superarse grandes problemas de coordinación, costo de diseño, implementación, incentivos desleales, financiación, etc.

Una opción presentada por el autor es simplemente acercarse a los objetivos primeramente planteados, sin llegar a ellos de forma precisa, al segmentar los mismos por sectores y buscar uno o dos objetivos intermedios a cumplir en cada sector (aunque esto signifique una solución de segundo mejor). De esta forma se disminuyen drásticamente los problemas a enfrentar.

Hay que tener en cuenta que si el Estado decide subsidiar el uso de calefones solares, habrá una parte de su uso que beneficia a la comunidad como un todo, pero otra parte que solo beneficia al usuario del calefón solar. Es decir que para este tipo de política en particular, gran parte del riesgo del proyecto recae sobre un sector de la población muy específico (familias de alto consumo de gas) y el gobierno debe tener en cuenta en su análisis de costo y beneficio este fenómeno, para mantener un adecuado equilibrio en los incentivos de los agentes económicos, Anand y Nalebuff (1987).

Por otro lado, este mismo autor hace referencia a cómo la información (uno de los bienes públicos más puros) es esencial para el desarrollo de tecnologías energéticas, y sin embargo casi todas las partes involucradas poseen incentivos para dejar de lado su generación de información y alimentarse de la información producida por terceros, por lo que es importante tomar políticas nacionales, regionales o globales que incentiven la investigación y el desarrollo de tecnologías energéticas alternativas si se quiere llegar a niveles tolerables de polución en el mediano y largo plazo.

Un punto positivo de estudios financiados por el Estado es que éstos pueden hacer un “*risk sharing*” que integra a todos los ciudadanos del país, el Estado de esta forma puede tomar riesgos que los actores privados no tomarían.³⁴ Otra ventaja es que no posee problemas de “ocultamiento de información” (al menos dentro del país) ya que no existen para el Estado incentivos a mantener en secreto la información obtenida, beneficiando de esta forma a un gran número de personas, organismos y empresas que pueden trabajar a partir de una base ya elaborada o financiada por el

³³ En el caso de los calefones solares se deben regular distintos subsidios al consumidor dependiendo de la categoría donde esté (R1, R2, etc), porque los grandes consumidores poseen incentivos distintos del pequeño consumidor. Es necesario que a cada plan de subsidio se le otorgue recursos hasta que el beneficio marginal social iguale al costo marginal social. También es relevante que aunque los consumidores poseen distintos precios relativos del gas, el gobierno no (por lo que es igualmente importante incentivar el ahorro del pequeño consumidor como del gran consumidor).

³⁴ Una desventaja importante es que las investigaciones e inversiones realizadas por el Estado pueden ocasionar un “*crawling out*” de los privados (Yokell 1979)

Estado (lo cual disminuye los costos de Investigación y Desarrollo, si estas investigaciones son lo suficientemente básicas como para ser una parte clave de las investigaciones privadas).

Otra política que puede llegar a debatir el gobierno es la de implementar un sistema de seguro que proteja las inversiones realizadas por los productores de calefones solares o los consumidores. Yokel (1979) encontró que una política de seguro pública puede reemplazar al “*pool risk sharing*” privado e incentivar el desarrollo de un sector riesgoso.

El hecho de que el mercado de calefones solares en Argentina no esté lo suficientemente desarrollado es tanto una debilidad como una fortaleza, una espada de doble filo, que depende de cómo sea utilizada. Si el gobierno aprovecha para fortalecer el lado de la oferta del mercado mientras todavía sea chico (es decir: que el producto calefón solar todavía no sea “presentado en sociedad”), entonces podrá irrumpir en el mercado la oferta de calefones solares con un gran “*push*” inicial que genere confianza en los posibles consumidores y desarrolle de esta forma su propia demanda (Srinivasan, 2006). Sin embargo, para aprovechar al máximo esta etapa el actuar gubernamental debe ser ejemplar, no basta con solamente otorgar subsidios monetarios, sino que debe trabajar en la estructura interna de la fase productiva y comercial de la industria para poder ganar competitividad y estabilidad. Influir de forma positiva en los demandantes de este producto al principio es muy importante, es esencial ayudar de diversas formas a la creación y mantenimiento del lado de la demanda de este mercado. El Estado posee para esto herramientas que no poseen los privados como, sistemas de comunicación masivos y de bajo costo, influencia en la educación cultural de sus habitantes, creación de legislación favorable, compra directa del producto para distintas instituciones, etc.

Un buen ejemplo de legislación favorable es el de España, país en el cual entró en vigencia en 2006 el Código Técnico de la Edificación (CTE), documento donde se exige que todos los edificios de construcción nueva, o rehabilitados, dispongan de una instalación de energía solar térmica que aporte una fracción del consumo anual de energía para este servicio. Además, la fracción solar debe ser más alta cuanto mayor radiación solar posea la localidad del edificio (IDAE 2008). En instalaciones con más de 20 m² de captadores, es obligatorio disponer de equipos de medición de eficiencia, de forma tal que permita tener un control del rendimiento de la instalación solar (lo cual facilita la realización de estudios de rendimiento sobre tecnologías solares).

XI. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se analiza la rentabilidad económica de adquirir un calefón solar por parte de consumidores pertenecientes a distintas categorías de consumo de gas (alto, medio y bajo). El estudio se realizó mediante la aplicación del marco teórico de la disciplina del análisis económico de proyectos y utilizando datos de Mendoza. Solamente sobre el usuario de alto consumo se realizó un análisis de sensibilidad de las principales variables. Dicho análisis se utilizó como base para proponer pautas de política económica, sin llegar a un nivel de diseño específico de política.

Los resultados indican que para el usuario de alto consumo es rentable la adquisición de un calefón solar (suponiendo no vigente el subsidio por orden del Juzgado Federal N° 2 de Mendoza que existe actualmente) pero la misma decisión no es rentable para los usuarios de medio y bajo consumo (lo cual impulsa a examinar políticas económicas que estimulen el mercado de calefones solares).

En el análisis de sensibilidad se llegó a la conclusión que la rentabilidad positiva para el consumidor de alto consumo es relativamente estable y que las variables de mayor efecto sobre la rentabilidad del proyecto son el precio del calefón solar y la tarifa de gas.

En el apartado de recomendación de política se acentuó la importancia de incentivar no solamente la demanda de calefones solares (subsidijs sobre precio de calefón, préstamos diferenciados, etc.) sino que también se debe incentivar la oferta de calefones solares (préstamos para inversión, fomento de Investigación y Desarrollo, manejo del ciclo productivo, uso de herramientas de coordinación, incentivos fiscales, información, etc.) para aprovechar el correcto desarrollo de la industria antes de generar una mayor interacción cliente-proveedor en este mercado.

La importancia de aplicar subsidios gubernamentales para estos bienes aumenta al observar que los calefones solares poseen un mayor atractivo para los individuos de alto poder adquisitivo, lo cual significa que la aplicación urbana de calefones solares es más común que la implementación rural de los mismos (porque en general los niveles más pudientes de una economía tiende a moverse a las ciudades).³⁵ Esta situación pugna con una de las grandes ventajas de un calefón solar, que la producción de energía y su uso se realizan en el mismo lugar y su instalación posee costos logísticos mínimos, siendo de esta forma un bien con un fuerte atractivo para ser utilizado en zonas que no posean acceso a la infraestructura normal de gas o electricidad o donde existen costos mucho mayores

³⁵ Langniss e Ince (2004).

que en las grandes ciudades.³⁶ Las zonas rurales cumplen con este criterio, por lo que es importante incentivar el uso de calefones solares en ellas.

Por otro lado, aunque algunas de las medidas de política económica sólo pueden ser llevadas a cabo por el Estado Federal, la gran mayoría podrían ser ejecutadas por los gobiernos provinciales y hasta municipales. Es interesante propiciar la implementación de esta tecnología desde el ámbito municipal, que puede llevar a cabo un micro manejo de la situación mucho más efectivo que las otras esferas de gobierno. Waal (1998) brinda una segunda razón por la que es conveniente que el municipio se involucre al mostrar que existe un desarrollo desigual de la implementación de tecnologías ambientalmente responsables dentro de los distintos municipios (particularmente en China). La causa principal radica en que el desarrollo de estas políticas depende en gran parte de la voluntad política local, el nivel de desarrollo local del sector financiero, los recursos humanos y tecnológicos (incluso cuando se encuentran bajo los mismos incentivos por parte del Estado Federal y regional).³⁷ En otras palabras, los municipios pueden ajustar su actuar para complementar las directivas del gobierno provincial y federal y crear los incentivos adecuados con la menor distorsión de las medidas de las esferas superiores de gobierno.

En concordancia con la experiencia internacional, de este trabajo es posible concluir que es necesaria la implementación de diversos instrumentos de política de promoción para difundir y expandir el uso de tecnologías de energías alternativas. Entre los instrumentos de incentivos económicos más utilizados se pueden nombrar subsidios directos, préstamos a baja tasa de interés, exenciones fiscales, etc. que tienen como principal objetivo ayudar al consumidor con la inversión inicial y mejorar la rentabilidad de la adquisición de esta tecnología.

Para investigaciones posteriores sería interesante extender el análisis a otro tipo de consumidores (clubs deportivos, edificios institucionales, edificios de departamentos, etc.) y ampliar la cuantificación económica de las características sociales de los calefones (dar un “precio” a la polución evitada para facilitar un análisis económico-social).

También la expansión a otros escenarios como por ejemplo: la utilización de calefones solares para calefacción ambiental de la vivienda, reemplazo de electricidad y no gas, para aclimatar piscinas en uso residencial, para su uso en zonas rurales o que no estén conectadas a la red usual de gas/electricidad. Integrar la tecnología solar con paneles fotovoltaicos para una plena utilización de la energía solar, realizar un análisis desde el punto de vista del productor de esta tecnología, realizar un

³⁶ Los costos logísticos son mínimos si se compara la adquisición de un calefón solar con la alternativa de crear o aumentar la red de gas.

³⁷ También demuestra la importancia de crear planes a largo plazo que den un marco institucional más perdurable para permitir a las empresas poder crear planes de inversión a largo plazo sin tener un alto grado de incertidumbre.

análisis que integre al productor y al consumidor y así obtener los verdaderos costos y beneficios económicos financieros, sociales y ambientales, son otras de las tareas pendientes.

Tomando en cuenta que la tecnología de calentamiento solar de agua presenta economías de escala importantes (Henning, 2005), sería interesante expandir este estudio a la implementación de centrales de calentamiento solar de agua para abastecer a un alto número de consumidores (ej: podría utilizarse la montaña mendocina para calentar cantidades masivas de agua y de esa forma alimentar a la ciudad de Mendoza con un costo mínimo y de una forma ambientalmente responsable).

Finalmente la característica particular de la provincia de Mendoza, de ser una zona soleada, hace que la implementación de esta tecnología sea muy atractiva desde el punto de vista técnico; por lo que junto con el diseño y la aplicación concreta de políticas de promoción de energías solares podría influir significativamente en el desarrollo del mercado de energía solar local.

XII. BIBLIOGRAFÍA

1. Anand, Sudhir and Nalebuff, Barry (1987). Issues in the Application of Cost-Benefit Analysis to Energy Projects in Developing Countries, *Oxford Economic Papers*, New Series, Vol. 39, No. 1, pp. 190-222.
2. Berndt, Ernst R. and Wood, David O. (1975). Technology Prices, and the Derived Demand for Energy, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 57, No. 3, pp. 259-268.
3. Caldés N., Varela M., Santamaría M., and Sáez R. (2009). Economic impact of solar thermal electricity deployment in Spain, *Energy Policy*, Volume 37, Issue 5, pp. 1628–1636.
4. Centro de Investigación en Finanzas (2012). *Encuesta de Expectativas de Inflación: Abril 2012*, Centro de Investigación en Finanzas, Universidad Torcuato Di Tella.
5. Conte, Sandra (2012, 04 de Julio). *La UNCuyo incorpora energías alternativas*, Diario Los Andes.
6. Contraffatto, Carolina y Da Costa, Roberto (2008). *Energía, Sociedad y Medio Ambiente, Un Caso de Sustitución Energética*, Tesis de Maestría en Energía, Universidad Nacional de Cuyo.
7. Cooper, Richard N. and Pizer, William A. (2005). [A Robust Strategy for Sustainable Energy]. Comments and Discussion, *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 2005, No. 2, pp. 270-284.
8. Frondel M., Ritter N., Schmidt C.M., and Vance C. (2010). Economic impacts from the promotion of renewable energy technologies: The German experience, *Energy Policy*, Volume 38, Issue 8, pp. 4048-4056.
9. Henning, Annette (2005). Climate Change and Energy Use: The Role for Anthropological Research, *Anthropology Today*, Vol. 21, No. 3, pp. 8-12.
10. Hoffert Martin I., Caldeira Ken, Benford Gregory, Volk Tyler, Criswell David R., Green Christopher, Herzog Howard, Jain Atul K., Kheshgi Haroon S., Lackner Klaus S., Lewis John S., Lightfoot H. Douglas, Manheimer Wallace, Mankins John C., Mauel Michael E., Perkins L. John, Schlesinger Michael E., and Wigley Tom M. L. (2002). Advanced Technology Paths to Global Climate Stability: Energy for a Greenhouse Planet, *Science*, Vol. 298, No. 5595, pp. 981-987.
11. Hotelling, Harold (1931). The Economics of Exhaustible Resources, *Journal of Political Economy*, Vol. 39, pp. 137-175.

12. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2009). *Guía para desarrollar herramientas de comunicación*, Área Tecnológica Estratégica Energías Renovables del INTI, Argentina.
13. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2008). *Guía práctica sobre instalaciones centralizadas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) en edificios de viviendas. Información y consejos para las comunidades de vecinos*, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), España.
14. Jiménez, Antonio C. and Lawand, Tom (2000). *Renewable Energy for Rural Schools*, National Renewable Energy Laboratory, United States of America.
15. Jiyang Yu, Kan Wang, Songbo You, Baoshan Jia, Shifei Shen, Gong Shi, Rayman Sollychin, and Yangqiang Ruan (2004). Thorium fuel cycle of a thorium-based advanced nuclear energy system, *Progress in Nuclear Energy*, Vol. 45, No. 1, pp. 71-83.
16. Lackner, Klaus S. and Sachs, Jeffrey D. (2005). A Robust Strategy for Sustainable Energy, *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 2005, No. 2, pp. 215-269.
17. Langniss Ole and Ince David (2004). Solar water heating: A viable industry in developing countries, *Refocus*, Vol. 5, No. 3, pp. 18-21.
18. Leidl Chantelle M. and Lubitz David W. (2009). Comparing domestic water heating technologies, *Technology in Society*, Vol. 31, No. 3, pp. 244-256.
19. Martin Jakob and Nutter Sharon (2006). Marginal costs and co-benefits of energy efficiency investments: The case of the Swiss residential sector, *Energy Policy*, Volume 34, Issue 2, pp. 172-187.
20. Metcalf, Gilbert E. and Hassett, Kevin A. (1999). Measuring the Energy Savings from Home Improvement Investments: Evidence from Monthly Billing Data, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 81, No. 3, pp. 516-528.
21. Molina, Axel Jansson (2000). *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*, Chile: Ediciones Universidad Tecnológica Metropolitana.
22. Ortegón E., Pacheco J. F. y Roura H. (2005). Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública, *Serie Manuales N° 39*, Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES): Área de proyectos y programación de inversiones, (CEPAL).
23. Pan,Tze-Chin, Kao, Jehng-Jung, and Wong Chih-Po(2012). Effective solar radiation based benefit and cost analyses for solar water heater development in Taiwan, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.16, No. 4, pp. 1874-1882.
24. Pérez, Elizabeth (2012, 29 de Mayo). *Energía solar: interés en traer más tecnología*, Diario de Cuyo.
25. Popp, David (2002). Induced Innovation and Energy Prices, *The American Economic Review*, Vol. 92, No. 1, pp. 160-180.

26. Rogner, H.H. (1997). An assessment of world hydrocarbon resources, *Annual Review of Energy and Environment* No. 22, pp. 217–262.
27. Sav, G. Thomas (1984a). Micro Engineering Foundations of Energy-Capital Complementarity: Solar Domestic WaterHeaters, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 66, No. 2, pp. 334-338.
28. Sav, G. Thomas (1984b). The Engineering Approach to Economic Production Functions Revisited: An Application ToSolar Processes, *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 33, No. 1, pp. 21-35.
29. Srinivasan, Sundearasan (2006). Transforming solar thermal: Policy support for the evolving solar water heating industry, *Refocus*, Vol. 7, No. 2, pp. 46-49.
30. Steynberg A.P., Espinoza R.L., Jager B., and Vosloo A.C. (1999). High temperature Fischer–Tropsch synthesis in commercial practice, *Applied Catalysis A: General*, Vol. 186, No. 1–2, pp. 41–54.
31. The Economist (2012, 12 de julio). *America’s bounty: Gas works*, The Economist Magazine - Special report July 12th 2012: Natural gas An unconventional bonanza.
32. Tremayne, Bruce and de Waal, Penny (1998). Business Opportunities for Foreign Firms Related to China's Environment, *The China Quarterly*, No. 156, Special Issue: China's Environment, pp.1016-1041.
33. Veeraboina, Punnaiah and Ratnam, G.Yesu (2012). Analysis of the opportunities and challenges of solar water heating system (SWHS) in India: Estimates from the energy audit surveys & review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, No. 1, pp. 668-676.
34. Yokell, Michael D. (1979). The Role of the Government in Subsidizing Solar Energy, *The American Economic Review*, Vol. 69, No. 2, *Papers and Proceedings of the Ninety-First Annual Meeting of the American Economic Association*, pp. 357-361.

DECLARACION JURADA – Res. 212/99-CD

“El autor de este trabajo declara que fue elaborado sin utilizar ningún otro material que no haya dado a conocer en las referencias, que nunca fue presentado para su evaluación en carreras universitarias y que no transgredí o afecta derecho de terceros”.

Mendoza, *21 de agosto* del *2012*

Apellido y Nombre
Ulises Daniel Serio

Nº de Registro *25 90 P*

Firma

