

Negavattios a partir de la incorporación masiva de paneles solares térmicos

Autores: Nicolás Castromán - Ernesto Elenter - Daniel Larrosa

Docente: Ruben Chaer

Instituto de Ingeniería Eléctrica – FING

Julio de 2011

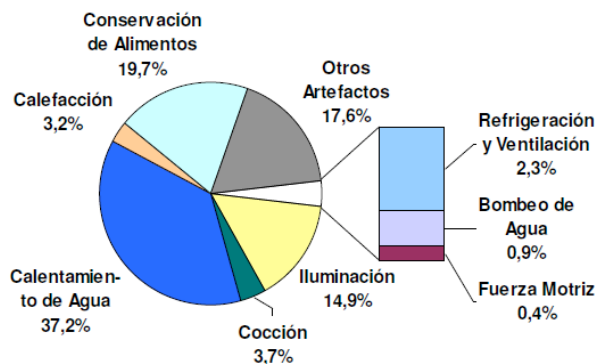
Montevideo-Uruguay


IMPORTANTE: Este trabajo se realizó en el marco del curso Simulación de Sistemas de Energía Eléctrica (SimSEE) y fue evaluado por el enfoque metodológico, la pericia en la utilización de las herramientas adquiridas en el curso para la resolución del estudio y por la claridad de exposición de los resultados obtenidos. Se quiere dejar expresamente claro que no es relevante a los efectos del curso la veracidad de las hipótesis asumidas por los estudiante y consecuentemente la exactitud o aplicabilidad de los resultados.

1. Introducción

Los costos de abastecimiento de Uruguay en los últimos 7 años han sido relativamente altos, lo que se refleja en un alto costo marginal, y viéndose forzado a importar energía eléctrica con poca capacidad de negociación. Para evitar esta situación en el futuro nuestro país incorporó a su estrategia energética un conjunto de soluciones que tanto apuntan a incrementar la oferta como a reducir la demanda. Entre las últimas se encuentra la reducción del consumo de energía eléctrica, a través de medidas de eficiencia energéticas. Una de ellas, consiste en el aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento de agua. Esa actividad representa el 37.2 % del uso residencial de energía eléctrica en nuestro país., de acuerdo BALANCE NACIONAL EN ENERGÍA ÚTIL DE URUGUAY 2006.¹

Total Sector Residencial
Participación de los usos en el consumo neto de Electricidad
Año 2006



Este trabajo analiza primariamente y con las limitantes que se expondrán la incorporación de esta tecnología en la matriz energética del Uruguay, en el marco del aprendizaje de la Plataforma de Simulación de Sistemas de Energía Eléctrica  SimSEE.

2. Negavativos

NEGAVATIVOS, son los Megavatios retirados de la demanda de un sistema eléctrico por la incorporación de medidas de:

- EFICIENCIA ENERGÉTICA
- ENERGÍAS RENOVABLES

Diversos estudios sostienen que es mas barato ahorrar energía que generarla.

Por ejemplo, el BID reportó en 2008 que:

“Si Uruguay mejorara su eficiencia energética en un 10% en el curso de los próximos 10 años, ahorraría el equivalente a 1,020 GWh de electricidad por año en 2018.

El costo para lograr ese nivel de eficiencia (basado en inversiones en lámparas y motores eficientes, entre otras medidas) sería aproximadamente US\$ 120 millones en ese mismo período (en dólares de 2008). En base a los precios actuales, costaría aproximadamente US\$ 380 millones sólo la construcción de plantas (de generación convencional), sin contar los costos

¹ “Estudios de base para el diseño de estrategias y políticas energéticas: relevamiento de consumos de energía sectoriales en términos de energía útil a nivel nacional” Montevideo, 7 de Julio de 2009. BALANCE NACIONAL EN ENERGÍA ÚTIL DE URUGUAY 2006

operacionales y el combustible.

Dicho de otra forma, Uruguay tiene dos alternativas para generar 1.020 GWh de electricidad en 2018: una cuesta US\$ 120 millones, y la otra US\$ 380 millones.”

3. Energía Solar

En los siguientes gráficos puede observarse la irradiancia media diaria según ubicación geográfica y la variación que la misma tiene a lo largo del día para un día tipo. Es evidente además que la nubosidad impone una importante aleatoriedad al recurso.

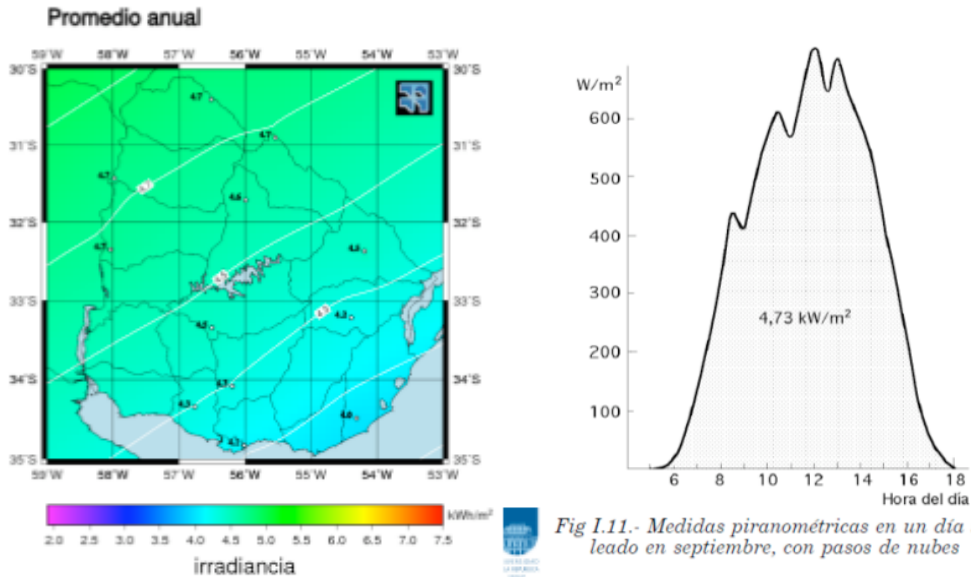
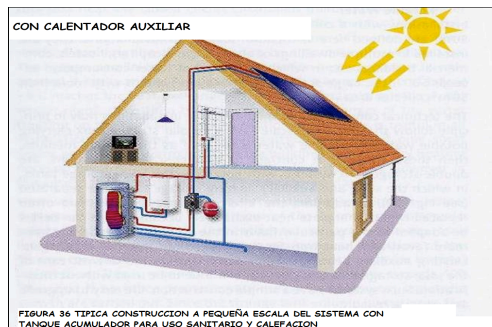


Fig 1.11.- Medidas piranométricas en un día soleado en septiembre, con pasos de nubes

La irradiancia media anual en Montevideo asciende a 4,1 kWh /m2-día. Para el presente estudio, se toma un valor ponderado por población de 4,23 kWh /m2-día.

4. Paneles solares térmicos

Los paneles o colectores solares, son los dispositivos por los cuales se captura la energía solar y se la convierte en energía térmica para el calentamiento de agua. Su rendimiento depende del tipo y calidad del colector, y en mayor medida de la diferencia de temperatura existente entre el agua y la temperatura ambiente.



A efectos del presente trabajo, se estimó un rendimiento complejo (incluyendo pérdidas del panel y de la instalación) de 56%.


5. Eficiencia Energética

Los MWh no consumidos implican ahorro de fuentes primarias de energía, el prolongamiento de la vida útil de las plantas generadoras (también la postergación de inversiones en generación, transmisión y distribución), y la no emisión de gases de efecto invernadero. A su vez, tiene la ventaja de evitar pérdidas de energía en el sistema de transmisión (t) y distribución (d). En Uruguay, las pérdidas técnicas de t+d son de un 12% aproximadamente.

Por lo tanto la energía evitada al instalar paneles solares térmicos, involucra:

- La energía de los paneles
- Las pérdidas (t+d).

6. Objetivo del trabajo

Aprender a utilizar el software  SimSEE para optimizar un sistema eléctrico desde el punto de vista del costo de generación.

Para ello se realiza un ejercicio de simulación de incorporación de paneles solares, con el objetivo de:

- Evaluar el ahorro en el CAD (costo de abastecimiento de la demanda) por la instalación masiva de paneles solares térmicos.
- Comparar dicho ahorro, con la inversión requerida.

7. Escenarios

Se evalúan tres escenarios de incorporación de paneles:

El escenario SIN PLAN representa la ausencia de instalación de paneles solares en nuestro país.

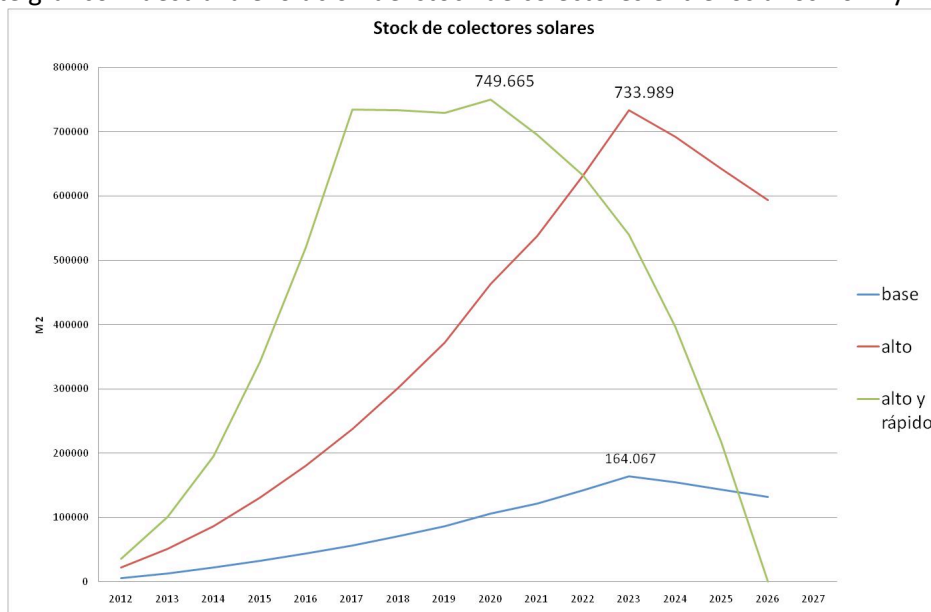
	SIN PLAN	TENDENCIAL	ALTO	ALTO Y RÁPIDO
Instalación promedio anual	0 m ²	13.600 m ² hasta 2023	61.200 m ² hasta 2023	122.500 m ² hasta 2017

El escenario TENDENCIAL representa la situación de “*Business as Usual*”, donde la instalación de paneles se realiza de acuerdo a un crecimiento del mercado de acuerdo al marco regulatorio vigente, y al desarrollo esperado de las empresas fabricantes, importadoras e instaladoras de paneles solares.

El escenario ALTO representa un salto de escala en la instalación, multiplicando casi por 6 la instalación promedio anual.

Finalmente, el caso ALTO y RAPIDO es de la misma escala que el anterior pero implica el adelantamiento de inversiones.

El siguiente gráfico muestra la evolución del stock de colectores entre los años 2012 y 2026:



Un panel estándar tiene un área de aproximadamente 2 m², por lo que en el máximo de capacidad instalada de los escenarios ALTO y, ALTO y RÁPIDO, se aspira a cubrir el equivalente a 375.000 hogares o establecimientos.

El costo por M² se estima en \$ 14.000 instalado e impuestos incluidos, por lo que el costo final de un panel solar es de aproximadamente U\$ 1.500. Seguramente, la incorporación masiva de los mismos baje tanto los costos de compra como los de instalación.

8. Parámetros de la simulación

Se realizan 100 crónicas de simulación para el período 2012 al 2026, con paso semanal y 4 postes diarios. La Tasa de Actualización utilizada, tanto para la actualización de los CAD como de los costos de las inversiones es del 12%. El crecimiento de la demanda es de 3,04% acumulativo anual. Al parque generador actual, se le agregan las siguientes unidades:

Tipo	Potencia	Costo variable	Régimen de despacho
Eólicos	620 MW	90 USD/MWh	Autodespachada.
Biomasa	80 MW	90 USD/MWh	Autodespachada.
Biomasa	120 MW	100 USD/MWh	Convocable.
CC a gas	540 MW	64 USD/MWh	Convocable.

Las Variables Aleatorias a incluir son:

- Lluvias,
- Precio del petróleo,
- Vientos,
- Modelados como procesos estocásticos utilizando un Sintetizador CEGH.

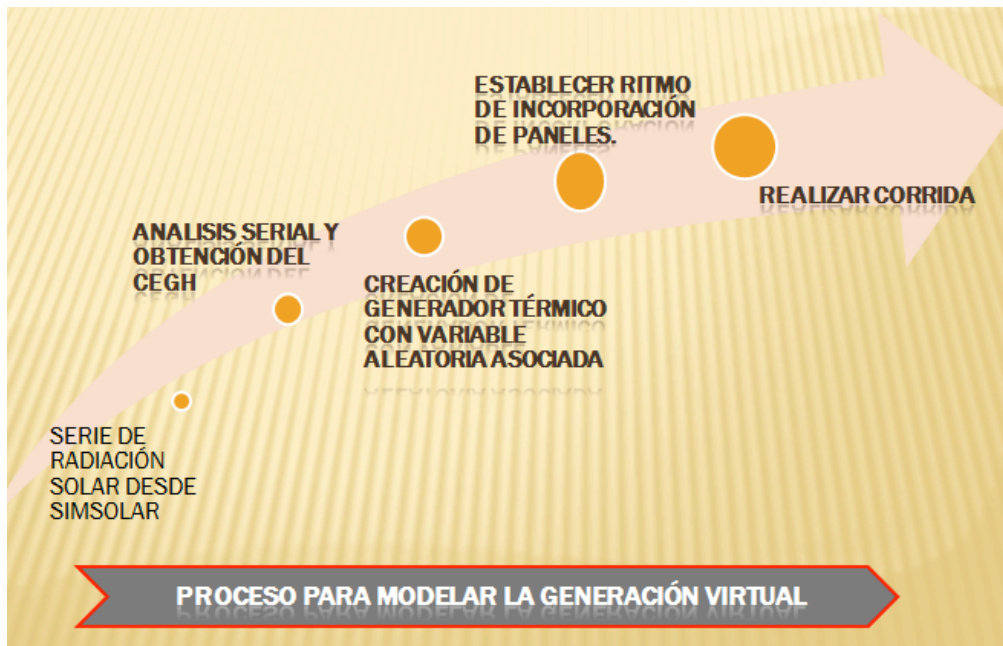
La ENERGÍA SOLAR se modela a través del SIMSOLAR, la serie de radiación solar esperada de 100 años a 50° (que maximiza la Energía en Invierno). Se pondera la radiación existente en Tacuarembó (25%), con zona metropolitana de Montevideo (75%), reflejando una hipótesis de futuras incorporaciones de paneles con esa distribución geográfica.

Esta radiación solar es traducida a energía diaria, a través de:

- rendimiento del colector (56%).
- expandidos por el 12% de pérdidas de T+D.

Esa energía diaria generada (kWh/m² – día) se distribuye a lo largo del día, en base a la encuesta realizada por UTE (1995) de la curva de carga diaria y estacional del uso de calefones eléctricos en Uruguay.

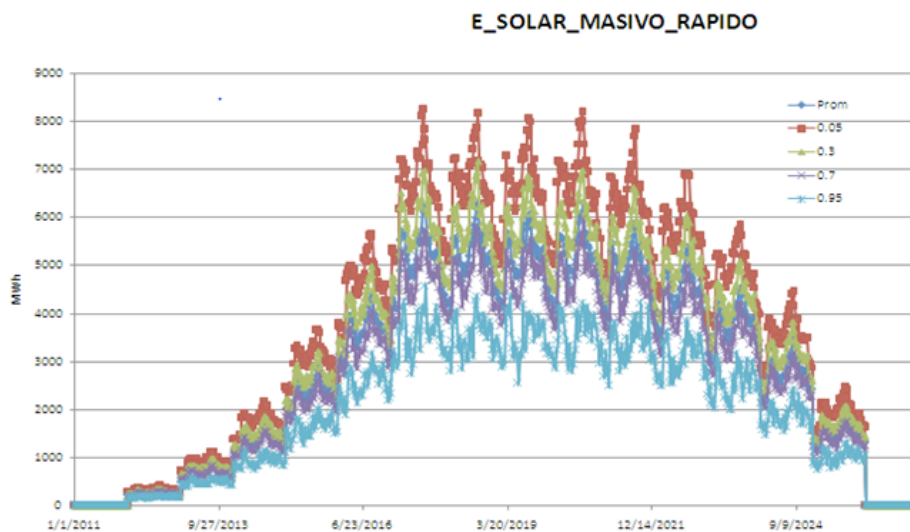
De este modo se obtiene la curva de carga de la DEMANDA ELÉCTRICA EVITADA (NW), o lo que es lo mismo, la GENERACIÓN VIRTUAL (MW) generada por la cantidad de paneles solares presentes en cada año. Con esta información, se calcula los valores por poste horario y a partir de ellos se realiza un análisis serial y se obtiene los parámetros para construir la serie sintética de generación solar térmica por poste de demanda.



9. Resultados obtenidos.

a. **Energía.** En relación a la generación de energía, la introducción de los colectores solares arrojan los siguientes resultados:

Se presentan los resultados de generación de energía semanal para el escenario masivo rápido:



En primer lugar, se observa que el máximo de instalaciones (generación) se da en el cuatrienio 2017-2020. En segundo lugar, la dispersión de los valores parecería demasiado alta.

Por otro lado, los ahorros para la máxima cantidad de colectores de cada escenario son:

	tendencial	Alto	alto y rápido
% ahorro respecto consumo 2010	1,8%	8,0%	8,1%
potencia media ahorrada (MW)	19	85	87

Presentamos también los resultados sobre la energía de falla

disminución de la falla prevista al 1% de excedencia			
año	tendencial	Alto	Alto y rápido
2012	0%	-1%	-2%
2013	-1%	-4%	-7%
2014	-7%	-23%	-39%
2015	0%	0%	0%
2016	-4%	-19%	-48%
2017	-3%	-11%	-33%
2018	-16%	-69%	-100%
2019	-16%	-66%	-89%
2020	0%	0%	0%
2021	-7%	-42%	-71%
2022	-9%	-35%	-35%
2023	0%	0%	0%
2024	-1%	-97%	-91%
2025	-11%	-44%	-27%
2026	-16%	-72%	0%

Todos disminuyen considerablemente, pero sobre valores de falla de partida muy bajos.

b) Ahorro y costos.

Para realizar la comparación entre los ahorros del CAD y la inversión requerida, se comienza obteniendo los CAD para cada uno de los escenarios definidos:

A continuación se muestra, para el período 2012 a 2026 el CAD en valor esperado, y con probabilidades de excedencia de 5% y 95%, en MMUSD actualizados al 12 %, para los cuatro escenarios:

s/p			tendencial			alto			alto y rápido		
promedio	5,0%	95,0%	promedio	5,0%	95,0%	promedio	5,0%	95,0%	promedio	5,0%	95,0%
\$ 4.603	\$ 6.573	\$ 3.500	\$ 4.581	\$ 6.525	\$ 3.491	\$ 4.512	\$ 6.367	\$ 3.461	\$ 4.453	\$ 6.235	\$ 3.442
	42,8%	-46,8%		42,4%	-46,5%		41,1%	-45,6%		40,0%	-44,8%

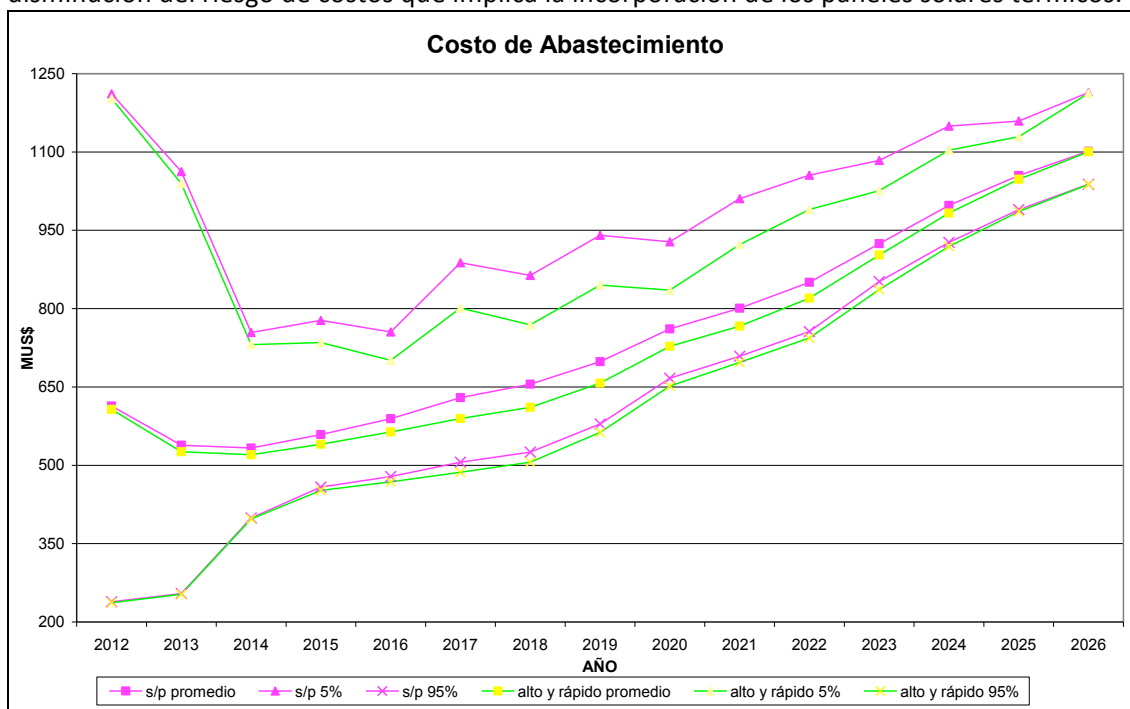
Los resultados de ahorros operativos para el período 2012 al 2026 (con una tasa de actualización del 12%) son los siguientes:

En Millones de USD	s/p	tendencial	alto	alto y rápido
s/p	-	22	91	150
tendencial	-	-	69	128
alto	-	-	-	59
alto y rápido	-	-	-	-

Mientras que el valor actual de las inversiones necesarias, se muestra en el siguiente cuadro:

En Millones de USD	tendencial	alto	alto y rápido
VAN de la inversión (en millones de USS)	61	267	349

La siguiente gráfica muestra los valores del CAD anual, y puede observarse a simple vista la disminución del riesgo de costos que implica la incorporación de los paneles solares térmicos.



En efecto, en el año 2020 con el máximo de colectores instalados el rango de variación de costos disminuye un 30%. Esto es, para el año 2020 la variación de costos entre el percentil 5% y 95% es de 261 millones en el caso Sin Plan y es de 184 en el caso Alto y Rápido. Los costos del percentil 95% prácticamente no varían entre ambos casos pero los costos del percentil 5% (seco) varía del entorno de 90 millones (2017-2020).

c) Ahorro para quienes instalen un sistema de colectores en su propiedad

Por otro lado, es necesario considerar que los usuarios que instalen el colector solar, evitarían un porcentaje muy alto de sus requerimientos de energía para ACS (Agua Caliente Sanitaria), y dado que este consumo es responsable de aproximadamente el 37% de su energía ELÉCTRICA (sector residencial), les reportaría importantes ahorros en su factura de UTE, y repagarían su inversión en aproximadamente 3,5 años. A modo de ejemplo, evaluando el precio de la energía evitada en el 2º escalon de la tarifa Residencial de UTE a \$4,94/kWh, cada hogar invertiría \$28.000, y ahorraría \$8580/año. Realizando el flujo de fondos a 10 años, el valor Actual neto de la inversión es francamente positivo y ascendería VAN(12%)=\$18286/hogar. Si se realizarán 375.000 instalaciones, El proyecto total evidenciaría un VAN=370 MMUSD

De acuerdo a estos resultados, los beneficios del sistema eléctrico cuantificados solamente por los ahorros en la generación de energía (considerando pérdidas) serían de USD 150 millones.

En tanto que los beneficios para los 375.000 usuarios de energía que instalen los paneles podrían estimarse en USD 370 MMUSD.


El beneficio para la sociedad sería la suma de ambos guarismos, es decir USD 520 millones.

(Este análisis no abarca toda la complejidad del tema, ya que resta analizar beneficios adicionales por postergación de inversiones, y en contrapartida, las pérdidas de facturación y utilidad que le generarían a UTE la reducción del volumen de energía vendido).

Visto desde otro punto de vista, los ahorros de energía pueden ser cuantificados de acuerdo al siguiente cuadro

	Valor actual de los costos evitados por m ² de colector (USD)		
base de comparación	tendencial	alto	alto y rápido
s/p	\$ 519	\$ 522	\$ 494
tendencial	-----	\$ 393	\$ 420

10. Conclusiones

Queda de manifiesto que  SimSEE es una herramienta valiosa para evaluar los ahorros en el CAD, por la implantación de proyectos de Eficiencia Energética y Energías Renovables. Queda también de manifiesto la importancia del cabal conocimiento de las hipótesis sobre las que se trabaja, nuestras conclusiones derivan de esas hipótesis. Pero además la conveniencia de una medida tiene muchísimas más aristas que la reducción del CAD de un programa como el SIMSEE. Dichas consideraciones pueden ser por: ser fuente autóctona, ser fuente renovable, diversificación de fuentes, producción descentralizada, conciencia de uso racional y eficiente de la energía, inversiones descentralizadas económica y espacialmente, creación de micro y medianas empresas, efecto arrastre en la economía nacional, generación de tecnología nacional, etc..

En el ejercicio realizado, se parte de determinada expansión de la generación, que implica la reducción del costo marginal del sistema por debajo de 50US\$/MWh mediante voluminosas inversiones en generación, si nuestro país logra eso, obviamente hay poca cosa para mejorar. En este plan lo “enterrado”, es decir los costos hundidos, generan lo que se llama inercia de las condiciones iniciales, por eso lo viejo en general es más barato que lo nuevo, porque los costos que observa el mercado no contienen toda la información.

Lo que es destacable en este marco es que igualmente se logre un ahorro de costos operativos tan significativos respecto a la inversión realizada, pese a esos valores tan bajos de los costos marginales, además se logra una disminución importante de los riesgos de costos y los niveles de falla del sistema. Este ejercicio por tanto, no responde la pregunta de si es o no conveniente hacerlo porque supone como dadas muchas otras inversiones sin haber considerado los colectores solares térmicos, cuando en realidad la inversión en colectores solares es parte de la solución.

Se observa que los ahorros de generación de energía son relevantes y pueden **contribuir** a la puesta en marcha de un programa apoyo por parte de UTE, para la sustitución del consumo de calentadores eléctricos por un sistema de calentamiento de agua con colectores solares. Realizando 375,000 instalaciones, se lograría una **potencia evitada de 87 MW medios**.

Para una interpretación más completa de la relevancia de la medida dentro del SIMSEE, es necesario analizar el impacto sobre el **plan de inversiones**. Para ello, los colectores deberían entrar en la optimización del parque generador, y no ser agregados posteriormente a la optimización del parque, como se hizo en este trabajo.

Resulta llamativo que se den algunos resultados algo contradictorios, por un lado se ahorran costos operativos pero los costos de inversión son mayores a eso ahorros, lo que resultaría que mirando el indicador del CAD esta inversión no se rentabilizaría si se hiciera como sistema eléctrico centralizado, pero por otro lado, la inversión parece ser rentable para los usuarios del sistema eléctrico. Sin duda, esto es parte de los estudios adicionales que hacen falta.

Finalmente, conviene resaltar que **se requieren estudios adicionales no abarcadas por el SIMSEE**, para evaluar (entre otros aspectos) el ahorro en los costos del sistema eléctrico, por la incorporación de paneles solares, ya que se estarían difiriendo además inversiones en Trasmisión y Distribución.