

Autor: Ernesto Elenter

(Síntesis de la Tesis de Maestría de Ingeniería de la Energía)

ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES DE INCORPORACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE ALTO IMPACTO.



Monografía presentada a ECO_LÓGICAS: Concurso Latinoamericano de Monografías sobre Energías Renovables y Eficiencia Energética, promovido por el Instituto IDEAL.

Orientación (tutor de tesis): Dr. Ing. Mario Vignolo

Datos para correspondencia: San Salvador 1907
Montevideo - Uruguay, CP: 11300
Tel. +5982 4106970, eelenter@gmail.com

FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
MONTEVIDEO, URUGUAY

2013



*Dedicado a la luz de mis días:
a mi esposa Anaty,
y a mis hijos Dana, Maggie y Shai,*

AGRADECIMIENTOS:

Al Dr. Ing. Mario Vignolo por su desinteresada colaboración con el presente trabajo, y en especial por sus aportes y consejos técnicos sobre como evaluar los costos de capacidad evitados al implementar proyectos que ahorren energía.

Al Ing. Alfonso Blanco (cotutor de tesis) por su cuidadosa revisión del presente documento y por el valioso cúmulo de información aportado, recogido por el durante años a cargo del programa de Eficiencia Energética que operó desde la Dirección Nacional de Energía.

Al Ing. MSc. Ruben Chaer por sus aportes (y su paciencia!) para lograr un buen modelado de los costos futuros de abastecimiento de la demanda (CAD), utilizando el software SIMSEE.

A la Ing. Florencia Juárez por la información compartida sobre programas de Eficiencia Energética en otras partes del mundo.

A la Ing. Carolina Mena (DNE) por la información suministrada sobre el avance del programa de Eficiencia Energética en Uruguay, y por las aclaraciones detalladas sobre el estudio de Potencial de Eficiencia Energética para Uruguay.

Al Ec. Daniel Larrosa por sus aportes en relación a comprender la estructura de costos de UTE, y por permitirme utilizar sus trabajos previos sobre costos evitados y externalidades positivas de los proyectos de ahorro de energía eléctrica.

Al Ing. Juan Carlos Patrone (UTE – Gerencia Sector Mercado) por facilitarme valiosa información acerca de los planes de eficiencia energética desarrollados por UTE, como el programa “A todas luces” y el “Plan Solar”

Al Ec. Oscar Burgueño y al Ec. Luis Rodriguez (UTE – Gerencia de estudios tarifarios) por guiarme en la búsqueda de una buena aproximación al costo de expansión de redes Trasmisión y Distribución.

Al Ing. Tomás Dilavello (UTE) por compartir información relevante sobre curvas de carga de distintas subestaciones de distribución, para comprender la forma en que se demanda la energía en Uruguay, en las distintas zonas y temporadas del año.

Al Ing. Tassende (UTE) por sus comentarios en relación a la planificación de inversiones de UTE, especialmente de Trasmisión.

Al Ing. Alfredo Piria (URSEA), por la información relacionada a los peajes de trasmisión y distribución.

A la Ec. Paula Cobas por sus comentarios en relación a la evaluación de proyectos desde la óptica de la sociedad en su conjunto.

Al Ec. Leonardo Falkin (docente de evaluación social de proyectos - UDELAR) por prestarme sus libros sobre evaluación social de proyectos, y ayudarme a comprender los conceptos de precios de cuenta, tasa social de descuento y las fortalezas y debilidades de este método de evaluación.

RESUMEN EJECUTIVO

El potencial de la Eficiencia Energética en Uruguay ha sido evaluada en 241 MW medios, o 2,1 TWh/año, lo que representa un 20,4% de la demanda eléctrica total del país.

Este trabajo realiza una propuesta para capturar dicho potencial a través de programas de promoción de inversiones en eficiencia energética a nivel de la demanda (consumidores) financiados o incentivados parcialmente por la compañía eléctrica (UTE).

Se proponen proyectos que presenten una buena relación costo/beneficio tanto para la compañía eléctrica, como para el consumidor, cuando se realizan inversiones en dispositivos energéticamente eficientes (iluminación, paneles solares térmicos, refrigeradores, lavarropas y secarropas, termotanques y aires acondicionados).

El beneficio para los participantes del programa consiste en la reducción de sus cuentas de energía (facturas de UTE), mientras que los beneficios para la compañía eléctrica corresponden a los costos evitados en energía y capacidad (infraestructura).

Para el sector residencial uruguayo, se plantea como un objetivo razonable para los próximos 3 años, un programa que permitiría **retirar una demanda media de 85,4 MW**.

Palabras clave: Negavattios, Eficiencia Energética, Gerenciamiento de la demanda

ABSTRACT

Energy Efficiency potential in Uruguay has been evaluated in 241 MW average, or 2.1 TWh/year, representing 20.4% of the country's total electricity demand.

This paper makes a proposal to capture this potential through programs promoting energy efficiency investments at the demand level (consumers) partially funded or encouraged by the power company (UTE).

The projects proposed show a good cost/benefit relationship, to both the electric company, and the consumer, when making investments in energy efficient devices (lighting, solar panels, refrigerators, washers and dryers, water heaters and air conditioners).

The benefit for the participants of the program is the reduction of their energy bills, while the benefits for the utility company, are the avoided costs in energy and capacity (infrastructure).

For the Uruguayan residential sector, is proposed as a reasonable goal for the next three years, a program that would avoid an average demand of 85,4 MW.

Keywords: Negawatts, Energy Efficiency, Demand Side Management

Indice

RESUMEN EJECUTIVO	2
1.- Introducción.....	4
2.- Beneficios percibidos por el sistema eléctrico.....	6
3. - El Potencial de Eficiencia Energética en Uruguay	10
4.- Análisis de las MCE identificadas en el Estudio de Potencial de Eficiencia Energética en Uruguay.	14
5.- Conclusiones.	17
6.- Referencias bibliográficas.....	18

1.- Introducción

1.1.- El “hueco” de la Eficiencia Energética

Diversos investigadoresⁱ a nivel mundial han encontrado evidencia teórica y empírica que sugiere la existencia de un potencial de aumento del bienestar de la sociedad a través de la incorporación de políticas de promoción de la eficiencia energética a nivel de la demanda.

En la literatura técnica existen muchos trabajos abordando el denominado problema del “hueco de la eficiencia energética”. Por ejemplo Adam Jaffe y Robert Stavins, en “The energy-efficiency gap”ⁱⁱ, explican que este “hueco”, refiere a la diferencia entre la eficiencia energética del parque de dispositivos existentes, comparado con la que debería haber, si los consumidores hubieran adquirido aquellas tecnologías que optimizan el costo del ciclo de vida (incluyendo inversión inicial + costo operativo futuro).

Este hueco se explica principalmente por barreras de mercado, fallas de mercado y fallas del comportamiento de los consumidoresⁱⁱⁱ.

Dicho hueco, puede ser caracterizado mediante la tasa de descuento implícita en las decisiones de los consumidores. En efecto, si se selecciona un equipo ineficiente y más barato, el costo operativo futuro aumenta, y es posible calcular la tasa de descuento que iguala la opción ineficiente vs. la eficiente.

Gillingham, Newell y Palmer concluyen en el estudio “Energy Efficiency Economics and Policy” que se han detectado tasas de descuento implícitas, utilizando diversas metodologías que van desde el 25% hasta más del 100%.

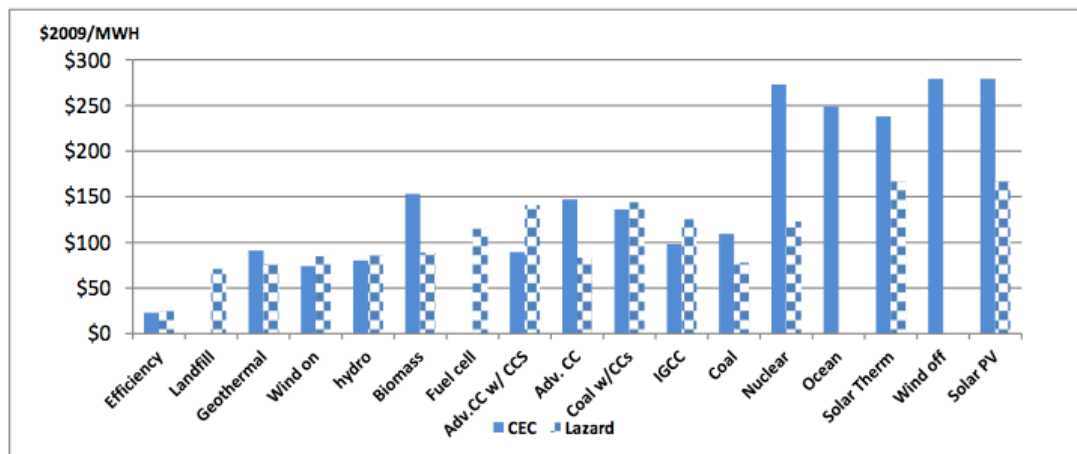
Por lo tanto, estas condiciones proveen una motivación para la aplicación de políticas y/o regulaciones sobre el mercado de dispositivos consumidores de energía, a efectos de promover la adquisición de equipos eficientes como una prioridad en el gerenciamiento del consumo de energía a nivel de la demanda.

1.2.- Megavatios vs. Negavatios

Al mismo tiempo diversos estudios^{iv} sostienen que la Eficiencia Energética es la forma más barata de “generar” energía, y que produce más externalidades positivas. En este contexto se ha acuñado el término NW (“negavatio”), es decir el MW evitado, que desde el punto de vista de la generación equivale a incluir dentro del parque generador, una máquina virtual que genera energía negativa.

En el siguiente cuadro^v se muestran algunas estimaciones internacionales del costo normalizado de la energía, que considera los costos de inversión inicial, de combustible y de operación y mantenimiento, para cada tipo de tecnología.

EXHIBIT ES-2: LEVELIZED COST OF ENERGY



Source: Lazard, *Levelized Cost of Energy Analysis – Version 4.0, June 2010*; California Energy Commission, *Comparative Cost of Central Station Electricity Generation*, January 2010; EIA, *Annual Energy Outlook: 2011, Levelized Cost of New Electricity Generating Technologies*, is used to provide the second estimate in the case of Lazard hydro and wind-off and CEC, coal w/CCS and coal.

Este elocuente gráfico, incluye a la eficiencia energética (“Efficiency”), como una de las fuentes virtuales de energía a un costo muy inferior al resto de las alternativas.

El objetivo del trabajo, es realizar una evaluación completa sobre los potenciales de mejora en la eficiencia energética del sector residencial de Uruguay, analizando la relación costo/beneficio, y sugiriendo un programa de alto impacto que incentive económicamente a los usuarios residenciales para la adquisición de dispositivos ahorradores de energía.

2.- Beneficios percibidos por el sistema eléctrico

Los beneficios económicos, definidos como los ahorros que percibirá el sistema eléctrico por la demanda evitada se componen de ahorros de energía y ahorros de capacidad.

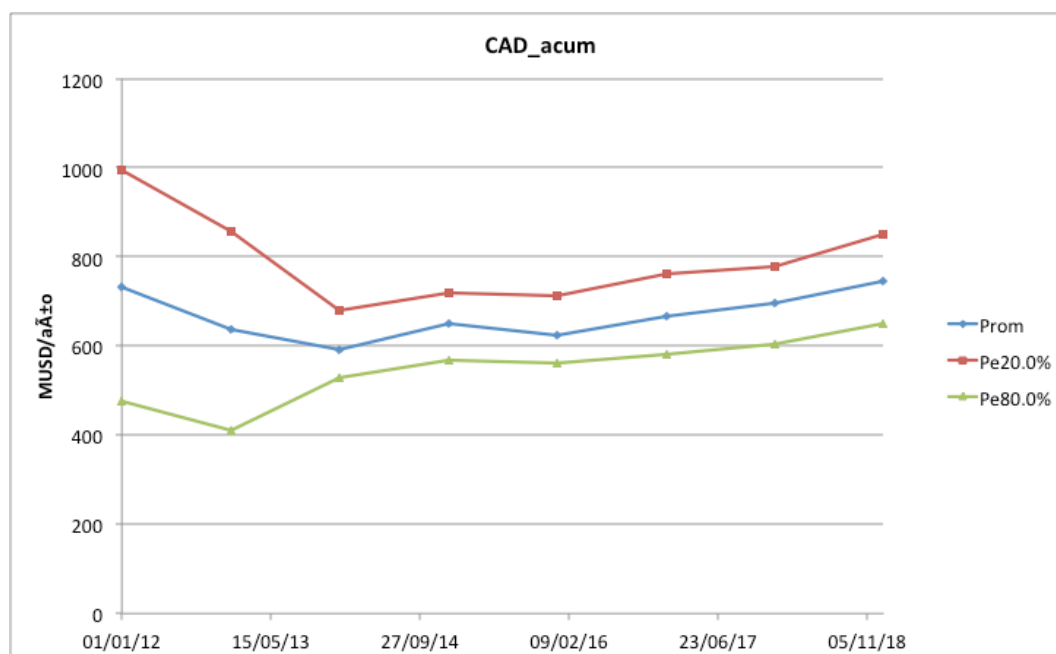
2.1.- Ahorros de Energía

Los ahorros de energía para UTE (Compañía eléctrica estatal de Uruguay), se calculan a través de simulaciones, utilizando el software SimSEE^{vi} (UDELAR – FING), para escenarios con y sin ciertas cantidades de energía evitada. El SimSEE utiliza el método denominado “Programación Dinámica Estocástica”, que predice los costos futuros de generación, utilizando para ello, modelos estocásticos de la producción hidroeléctrica, energía eólica, precios de los combustibles, disponibilidad de máquinas térmicas, etc.

Para modelar el sistema eléctrico uruguayo, se han seleccionado hipótesis de trabajo usuales en la programación de largo plazo de sistemas eléctricos (crecimiento de la demanda, incorporaciones al parque generador, precios de energéticos, disponibilidad de máquinas, intercambios internacionales de energía, etc.).

El resultado de las simulaciones, mostraron para el escenario tendencial o sea “bussines as usual” (sin incorporar un plan agresivo de Eficiencia Energética), los siguientes resultados:

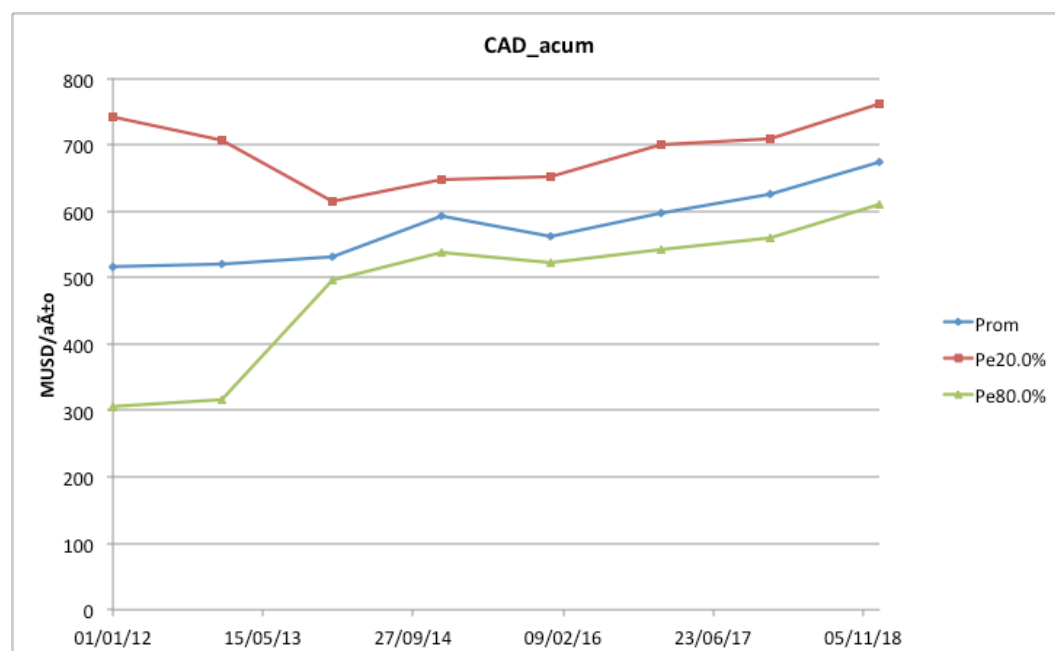
Evolución del CAD (Costo de Abastecimiento de la Demanda) en millones de dólares al año, con el valor esperado, y los valores con una probabilidad de excedencia del 80% y del 20%:



Análogamente, se procede a realizar corridas con los mismos parámetros, pero reduciendo la demanda en distintos niveles, mostrándose a continuación el caso de 100

MW medios evitados a causa de la incorporación de un plan de Eficiencia Energética, obteniéndose los siguientes resultados:

Evolución del CAD en millones de dólares al año:



El siguiente cuadro muestra la energía anual evitada (NGWh/año) en cada escalón de NW introducidos, el ahorro medio (2012 a 2019) en el CAD (MMUSD/año) respecto del escenario tendencial, y finalmente el valor unitario de la energía evitada USD/NMWh:

Energía no generada y ahorro CAD			
NW	NGWh/año	MMUSD/año	USD/NMWh
10	88	10	116
50	438	48	109
100	876	92	104
200	1752	169	96

Esta tabla se confeccionó utilizando la siguiente expresión:

$$\text{USD/NMWh} = 1000 \times \frac{\text{AHORRO CAD medio (MMUSD/año)}}{\text{NGWh/año}}$$

Nota: Dado que al evitar energía en el sitio de consumo, también se ahorran las pérdidas técnicas de T&D (transmisión y distribución), es necesario expandir dicho valor incrementándolo en un 10,4%^{vii}, para evaluar la energía ahorrada a nivel de la barra de generación del sistema. Así el valor hallado para 100 NW, de USD 104/NMWh, asciende a USD 116,6 referido a barras de generación.

2.2.- Ahorros de Capacidad

La demanda de electricidad per cápita en Uruguay viene creciendo sostenidamente, y se espera que esta tendencia continúe. En efecto, tal como se ve en el gráfico, en el 2010,

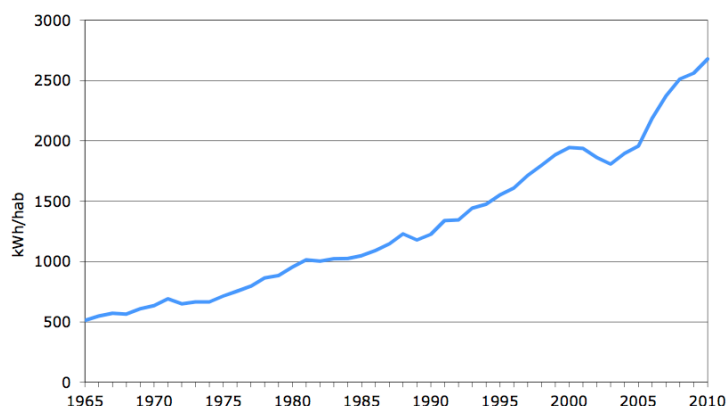
en Uruguay se consumían unos 2.800 kWh/habitante^{viii}, mientras que la media europea al 2005, era de 6.149 kWh/habitante

Consumo de electricidad "per capita" de los países de la Unión Europea miembros de la UCTE(*). Año 2005

	Consumo "per capita" (kWh/hab)
Luxemburgo	13.703
Bélgica	8.313
Francia	7.965
Austria	7.698
Holanda	7.032
Alemania	6.744
Eslovenia	6.391
República Checa	6.131
España	5.721
Italia	5.629
Eslovaquia	4.881
Grecia	4.774
Portugal	4.736
Hungría	3.893
Polonia	3.422
Media	6.149

Fuente: UNESA.

Grafico 1.19
Consumo de electricidad per cápita (Kwh/hab)



A medida que la demanda crece es necesario incorporar nuevas plantas de generación, y aumentar la capacidad de las redes de Trasmisión y Distribución (T&D).

Véase a continuación la evolución del crecimiento de la demanda en Uruguay^{ix}:

PICOS DE VERANO 1999 a 2012					
año	mes	carga máxima (MW)	Relación	Crecimiento acumulativo anual	día del mes
2012	2	1.642	1,38	2,51%	16
1999	4	1.190	1,00		16

PICOS DE INVIERNO 1999 a 2011					
año	mes	carga máxima (MW)	Relación	Crecimiento acumulativo anual	día del mes
2011	7	1.745	1,29	2,17%	4
1999	7	1.349	1,00		6

Por otro lado, es interesante observar como el crecimiento de la infraestructura física de UTE (2000 a 2010), acompaña el crecimiento de la demanda.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	2000	2010	Relación	Crecimiento acumulativo anual
POT. INSTALADA EN ESTACIONES MT/MT (MVA)	2519	3.209	1,27	2,45%
POT. INSTALADA EN SUBESTACIONES MT/BT (MVA)	3952	4.827	1,22	2,02%
Km. REDES BT (LÍNEAS Y CABLES)	21408	25.557	1,19	1,79%
Km. REDES 15 KV Y 6 KV (LÍNEAS Y CABLES)	32732	44.324	1,35	3,08%
PROMEDIO				2,33%

Fuente: UTE en cifras 2005 y 2010

La expansión de las redes (T&D), esta asociado por un lado a la expansión geográfica de nuevas líneas en nuevos emplazamientos (nuevas urbanizaciones, nuevos consumidores puntuales, etc.). Y por el otro lado, al aumento de la intensidad energética, lo que

conduce al aumento de la capacidad de transporte y transformación de la electricidad a medida que la infraestructura existente comienza a estar con su capacidad colmada.

Es evidente que una reducción del crecimiento de la demanda, determina la reducción o postergación de las inversiones en infraestructura eléctrica necesarias para atender la demanda.

Los ahorros de capacidad, en expansión de la infraestructura eléctrica (redes de transmisión y distribución) son calculados a través de los peajes del sistema uruguayo. Es razonable utilizar los peajes ya que estos han sido calculados para fijar la remuneración para el transportista y el distribuidor, de manera de reconocer los costos incurridos por unidad de demanda.

Los ahorros de capacidad, por las inversiones postergadas o evitadas, en nueva capacidad de generación, son calculados tomando como base los costos de capital de una central de ciclo combinado, con las siguientes hipótesis:

- Costo inicial: USD 1.100 por MW instalado^x.
- Tasa de descuento: 10%
- Factor de convocatoria: 50%
- Factor de disponibilidad: 90%
- Anualidad de la inversión/MWh generados por año: USD 33/MWh

2.3.- Resumen de ahorros por la energía evitada

El costo evitado, depende de diversos factores, entre los que se destacan los costos de generación, el nivel de penetración de la Eficiencia Energética, la curva horaria de la demanda evitada y el sitio en donde se ahorra la energía. En este trabajo y como primer aproximación se calculan los costos evitados en valores medios.

Los costos evitados se expresan en USD/NMWh, es decir, dólares por “negavatio hora” (megavatio hora evitado), y están referidos a “barras de la demanda”, es decir, la energía evitada a nivel del consumidor.

A continuación se muestran los resultados hallados, de los costos evitados por cada MWh ahorrado, para un nivel de 100 MW medios (curva plana), evitados por proyectos de Eficiencia Energética:

Rubro	Costo evitado	USD/NMWh
Capacidad	Capacidad de T&D	48,29
	Capacidad de Generación	36,58
	Total ahorros de Capacidad	84,88
Energía	Ahorro de Energía	116,59
Total	Beneficio total UTE	201,47

3. - El Potencial de Eficiencia Energética en Uruguay

El Potencial de Eficiencia Energética en Uruguay ha sido evaluado recientemente en Uruguay por la Dirección Nacional de Energía. (Los resultados y metodologías del mismo, se encuentran disponibles en la página web del Programa de Eficiencia Energética de Uruguay^{xi})

Tomando como base dicho estudio, y considerando solamente los ahorros de electricidad, y expresando los resultados en unidades más usuales de energía y potencia eléctrica, se obtiene el siguiente cuadro:

	Medida de Eficiencia	kTep	% s/Res.	% s/CFE	NGWh	NW medios
RESIDENCIAL	1. Iluminación Eficiente	14,3	2,0%	0,5%	166,3	19,0
	2. Calentadores de Agua Eficientes	7,8	1,1%	0,3%	90,7	10,4
	3. Calentamiento de Agua Solar	56,7	9,9%	2,3%	659,0	75,2
	4. Refrigeradores Eficientes	26,5	3,7%	0,8%	308,1	35,2
	5. Aires Acondicionados Eficientes	1,8	0,2%	0,1%	20,7	2,4
	6. Lavarropas y Secarropas Eficientes	4,2	0,6%	0,1%	48,8	5,6
	7. Reacond. Térmico Viviendas	1,6	0,2%	0,0%	18,6	2,1
	Potencial Total Residencial	113	32,9%	7,5%	1312	149,8
COMERCIAL Y SERVICIOS	1. Iluminación Eficiente	9,2	3,6%	0,3%	107,0	12,2
	2. Mejoras en Alumbrado Público	5	1,9%	0,2%	58,1	6,6
	3. Calentadores de Agua eficientes	0,6	0,2%	0,0%	7,0	0,8
	4. Calentamiento de Agua Solar	3,2	5,4%	0,4%	36,9	4,2
	5. Refrigeradores Eficientes	7	2,7%	0,2%	81,4	9,3
	6. Aires Acondicionados Eficientes	4,7	1,8%	0,1%	54,7	6,2
	Potencial Total Comercial y Servicios	29,7	15,7%	1,3%	345,1	39,4
INDUSTRIAL	1. Motores Eléctricos Eficientes	4,9	0,5%	0,2%	57,0	6,5
	2. Variadores de Velocidad	7,3	0,7%	0,2%	84,9	9,7
	3. Mejoras tecn. Equipamiento Térmico	6,4	0,7%	0,2%	74,4	8,5
	4. Iluminación Eficiente	1,3	0,1%	0,0%	15,1	1,7
	Potencial Total Industria	19,9	10,5%	3,4%	231,4	26,4
Potencial Total Eléctrico		162		Total	1889	216

Fuente: Elaboración propia en base al estudio publicado por DNE en 2011 denominado: "Estudio de Potencial de Ahorro de Energía mediante mejoramientos en la Eficiencia Energética en Uruguay",

Siendo:

kTep: kilo toneladas equivalentes de petróleo.

% s/Res: el porcentaje de ahorro sobre el consumo del sector

% s/CFE: el porcentaje de ahorro sobre el consumo total del país

NGWh: Energía evitada en GWh ("negagigavatios hora")

NW medios: Potencia media evitada en MW ("negavatios")

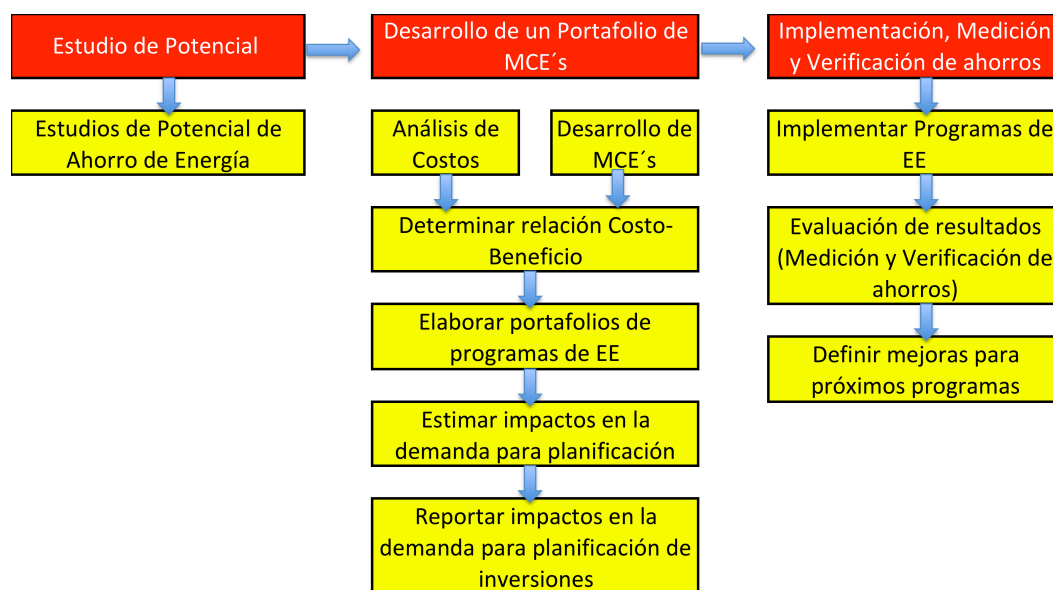
Nótese que el potencial de Energía evitada a nivel de la demanda, resulta ser de **1,889 TWh/año** es decir, el **20,4% del total de la energía consumida**. Estos valores

expandidos por el factor de pérdidas en transmisión y distribución (10,4%), equivalen a **2,1 TWh/año o 241 MW medios** a nivel de la generación del sistema.

3.1.- Metodología de la EPA para la planificación de la EE

Este trabajo toma como modelo, la guía para la planificación de proyectos de Eficiencia Energética, elaborado por la EPA (“Guide to Resource Planning with Energy Efficiency”^{xiii} Environmental Protection Agency, USA), la cual plantea una serie de pasos que resultan de interés considerar:

- 1.- Predecir el potencial de Eficiencia Energética mediante un estudio de potencial
- 2.- Calcular los beneficios económicos de la energía ahorrada a través de la metodología de los costos evitados
- 3.- Analizar las MCE’s (Medidas de Conservación de la Energía) y determinar su costo/beneficio.
- 4.- Elaborar un portafolio de programas para aplicar las MCE’s
- 5.- Estimar y reportar los impactos que tendrá el programa al sector planificación de inversiones de UTE, para que estas reducciones de demanda sean contempladas.
- 6.- Implementar el portafolio de programas, luego medir y verificar el resultado.



3.2.- Beneficios económicos de la energía ahorrada

Se plantea calcular los costos evitados, que representan los beneficios económicos proyectados tanto para la compañía eléctrica como para el usuario de energía.

Para ellos se calcula el VPN (Valor Presente Neto) de los flujos de fondos, utilizando tasas de descuento fijadas en 12% para el consumidor, y del 10% para la compañía eléctrica.

Así se realizan tests de costo/beneficio que permiten verificar tanto para la compañía eléctrica como para el consumidor, que dicha relación resulte favorable.

En otros países es usual “monetizar” la reducción de gases de efecto invernadero, asignándoles un precio, y adicionando este valor al costo evitado.

Para el caso de Uruguay, y en el presente trabajo, este valor no será considerado como un beneficio económico directo. Sin embargo es posible que algún proyecto pueda ser incluido como programa de actividades en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto, en cuyo caso sí se podría monetizar este beneficio de carácter ambiental.

3.3.- Análisis de los ahorros producidos por las MCE's.

En primer lugar es necesario estimar el ahorro por MCE (Medida de Conservación de la Energía) que se logrará, en términos de energía y potencia evitada.

Luego es necesario realizar ciertos ajustes como se explica a continuación.

Siguiendo la metodología de la EPA, la expresión para evaluar el ahorro logrado por una medida de conservación de la energía es:

$$kWh_m = \Delta kWh_m \times NAB_m \times Instalaciones_m$$

Siendo:

ΔkWh_m : Reducción anual de energía de la Medida m

NAB_m: Coeficiente de ajuste “Neto A Bruto” de la Medida m

Instalaciones m: Cantidades de instalaciones implementadas de la Medida m

Para el presente trabajo, se tomará en general la estimación de ahorros realizada en el trabajo “Potencial de Eficiencia Energética del Uruguay”^{xiii} ya citado, y en algunos casos el autor formulará algunas estimaciones concretas.

El coeficiente NAB_m, es el cociente del ahorro logrado por la medida m, excluyendo las instalaciones de la medida m, que se hubieran realizado en ausencia del programa de incentivos a la eficiencia energética.

Por ejemplo un NAB_m=80%, implica que por cada 100 incentivos pagados, existen 20 usuarios de energía que hubieran hecho la inversión sin el incentivo. Por tanto, cada 100 incentivos, sólo 80 provocaron la incorporación de la MCE, ya que otros 20 usuarios lo hubieran hecho de todos modos.

3.4.- Valores a utilizar

Costos evitados de Capacidad y Energía

En base a la metodología indicada en el capítulo 2, se tomará como promedio del beneficio de la energía evitada, un valor de USD 201,47/NMWh en bornes de la demanda. Es decir **201,47 dólares por MWh evitado** en el sitio del consumo.

Costos de Administración/Marketing

Cada programa de ahorro de energía requiere de una campaña de difusión y marketing para asegurar su éxito.

Por otro lado, es necesario administrar el programa, que requiere de recursos humanos y materiales destinados a tal fin.

A efectos del presente trabajo, y partiendo del análisis de programas desarrollados por la compañía eléctrica de USA, Southern California Edison^{xiv}, se tomará como estimación inicial de costos de administración y marketing, un **15%** del costo de los incentivos o aportes directos que la compañía eléctrica entrega.

3.5.- Incentivos pagados

Se han seleccionado niveles de incentivos, siguiendo la siguiente premisa:

Costos del programa + Pérdida neta de ingresos \leq Beneficios

Es decir:

$$\frac{\text{Incentivo} \times \text{SCA}}{\text{NAB}_m} + \text{VPN (Pérdida neta ingresos)} \leq \text{VPN (Beneficios)}$$

Siendo:

Incentivo: Cantidad de dinero en USD/unidad, que la compañía eléctrica dispondrá para cada MCE

SCA: Es el coeficiente de Sobrecosto Administrativo (de administración y marketing del programa), que se fijará en este trabajo en 15% (SCA=1,15).

NAB_m: Coeficiente Neto a Bruto, que se estimará para cada MCE.

VPN (Pérdida neta de ingresos): es el valor presente neto de la pérdida de ingresos de la compañía eléctrica, por la menor venta de energía, durante la vida útil de la MCE, calculados a la tarifa variable “costo reflectiva”¹ (USD 0,141/MWh para un cliente residencial de UTE para un consumo medio de 227 kWh/mes, incluyendo cargos fijos y variables, a Agosto de 2012).

VPN (Beneficios): es el valor presente de los beneficios que percibe la compañía eléctrica, durante la vida útil de la MCE, por la energía evitada, valorada a USD 201,47/NMWh).

Con este nivel de incentivos, el programa sería neutro desde el punto de vista económico para la compañía eléctrica, no requiriendo aumentos de tarifas para solventar el programa. Esto es válido, si la tarifa de UTE reflejara bien los costos de la empresa, es decir con un cargo variable menor al actual pero con cargos fijos mayores a los vigentes. En la situación actual de tarifas, en la cual parte de los costos fijos son “energizados” e introducidos dentro del cargo variable de la tarifa, la pérdida de recaudación de la compañía eléctrica por la menor venta de energía podría conducir a la necesidad de incrementar tarifas para costear el plan. La metodología de la EPA, formula recomendaciones al respecto, y sugiere que en la medida que el costo total de los recursos (CTR) sea positivo, es admisible algún grado de aumento de tarifas. Se

¹ En las tarifas eléctricas de UTE (al igual que en diversas compañías eléctricas del mundo), parte de los costos fijos son “energizados” e introducidos dentro del cargo variable de la tarifa, esto hace que las tarifas no reflejen adecuadamente los costos de la provisión del servicio. El autor ha estimado como primer aproximación, que el cargo variable de la tarifa “costo-reflectiva”, sería del 55% del costo total de la tarifa (incluyendo costos fijos y variables).

entiende por CTR, los costos (independientemente de quien paga los costos o recibe los beneficios del plan), vistos como un todo (clientes + empresa eléctrica), de proveer el servicio eléctrico, incluyendo los costos de la adquisición de equipos eficientes y la administración y marketing del programa de Eficiencia Energética.

Es relevante recordar que los consumidores no pagan “tarifas eléctricas” sino “facturas eléctricas”. Por lo tanto y a modo de ejemplo si la tarifa aumentara un 4%, pero el consumo se redujera un 30%, el consumidor observaría una reducción total en su costo del 26%.

El problema en este ejemplo, es que los consumidores no participantes del programa verían incrementar su costo, sin percibir beneficios por una reducción del consumo.

4.- Análisis de las MCE identificadas en el Estudio de Potencial de Eficiencia Energética en Uruguay.

4.1.- Calentamiento de Agua Solar

Se toma como hipótesis de trabajo que se instalarán paneles de 2 m² de área efectiva de captación, a un costo de USD 1500 con impuestos e instalación incluida y con un rendimiento complejo del sistema solar del 44%². Así la energía evitada por hogar, (considerando la irradiación solar para Montevideo^{xv}) en promedio anual, será de 123 kWh/mes. Se estiman 12 años de vida útil y un coeficiente NAB (“neto a bruto”) de 90%.

De acuerdo al estudio de potencial de eficiencia (FB-DNE 2011), se ha estimado que del total de viviendas, existen 106238 (10.3%) de viviendas en edificios en altura. A su vez, otro factor a considerar es la sombra, que puede no hacer factible la instalación de panelería solar en determinadas viviendas.

Por ello, el citado estudio estima que sólo el 85% de los hogares urbanos podrán aprovechar la energía solar.

Así se tendrán unos 875000 hogares que podrían acceder potencialmente a dicha tecnología.

4.2.- Refrigeradores Eficientes

Partiendo del estudio de potencial de eficiencia energética para el uso “conservación de alimentos” en el sector residencial se puede estimar que el consumo medio en Uruguay, de un equipo de conservación de alimentos es de 48,7 kWh/mes, partiendo de un consumo anual de 683,4 GWh, y que el parque está compuesto por 1,168,962 equipo. El ahorro esperado en promedio, será del 45%, o sea 21,9 kWh/mes.

4.3.- Lámparas Eficientes

El estudio de potencial de eficiencia energética para el uso “Iluminación” en el sector residencial expresa lo siguiente:

² Valores de rendimiento complejo, vida útil y costos típicos de instalación estimados en base a la experiencia profesional del autor del presente trabajo (en la práctica dependen de la tecnología, temperatura de uso del agua, temperatura ambiente, calidad del equipo y otros factores).

“ ... , al año 2008 quedarían para reemplazar 4,040,000 de lámparas incandescentes. Unas 3,820,000 en los hogares urbanos y las restantes 220,000 en los rurales. .”

A efectos de estimar el consumo unitario, se toma como referencia una lámpara incandescente de 60 W, encendida 4 hrs/día, y se estima un nivel de ahorro del 75% al pasar a lámparas de bajo consumo.

Así se puede estimar que el consumo medio de una lámpara incandescente es de 7,2 kWh/mes y que el ahorro esperado en promedio, será del 75%, o sea 5,4 kWh/mes.

4.4.- Termotanques

Partiendo del estudio de potencial de eficiencia energética para el uso “Calentamiento de agua” en el sector residencial, se estima que cada unidad demanda en promedio 115 kWh/mes.

“En el año 2008, el parque estimado de calentadores eléctricos era de 839.100 eléctricos (De ellos se estima que el 30% corresponde a equipos ineficientes)

El ahorro mensual por unidad es del 53% (para el calentador ineficiente), es decir 61 kWh/unidad-mes.

4.5.- Lavarropas y Secarropas

El estudio "Balance nacional de energía útil de Uruguay 2006, de la DNE - MIEM)", muestra que el parque de estos equipos ascendía a 809031 (incluyendo lavarropas y secarropas, en todas sus versiones y para zonas urbanas y rurales del país).

El ahorro potencial de 4212 Tep (49,0 GWh), repartido entre el parque de unidades existente, permite estimar un ahorro promedio mensual 5 kWh/unidad-mes.

Nota: Este ahorro de 5 kWh/unidad-mes, es en opinión de los autores demasiado bajo, y probablemente exista una gran cantidad de usuarios que perciban un ahorro mucho mayor. Recuérdese que la metodología del potencial de eficiencia, parte del consumo total por uso, y luego se aplican los potenciales de ahorro para los equipos más eficientes. Es posible que algunos lavarropas y secarropas se utilicen pocas horas por mes, por lo que el estudio de consumos para este uso, muestre un valor en promedio muy bajo. Piénsese como ejemplo, que un lavarropa típico consume aprox. 2 kW, por lo que si los lavados duran 1 hora, y se realizan 20 lavados al mes, se esperaría un consumo de 40 kWh/mes para esta modalidad de uso del lavarropa, y con ahorros del orden del 42%, el cálculo resulta en un ahorro de $42\% \times 40 \text{ kWh/mes} = 16 \text{ kWh/mes}$, en lugar del valor 3 veces inferior de 5 kWh/mes.

4.6.- Aires Acondicionados

Del estudio "Balance nacional de energía útil de Uruguay 2006, de la DNE - MIEM)", se obtiene que el parque de estos equipos ascendía a 115903 (incluyendo equipos Split y de ventana).

El ahorro potencial de 1776 Tep, repartido entre el parque de unidades existente, permite estimar un ahorro promedio mensual 15 kWh/unidad-mes.

Nota: No cabe duda que este parque de aires acondicionados del año 2006 ha tenido un crecimiento explosivo en los últimos años. De hecho, según las estadísticas del Instituto Uruguay XXI, tan sólo en el año 2011 se importaron 144.000 equipos de aire acondicionado. Resulta evidente en este caso, que el potencial es mucho mayor, probablemente 4 veces más grande en la actualidad (2012). Esto también muestra que la dinámica de incorporación de nuevas tecnologías y electrodomésticos obliga a revisar los potenciales de ahorro, y actualizarlos a la realidad de cada momento.

4.7.- Resumen de resultados para Sector Residencial

Se muestra a continuación un resumen de los resultados esperables y los costos asociados para un portafolio básico de programas de eficiencia energética que promuevan mediante incentivos directos, la rápida incorporación de MCE's a nivel de la demanda.

METAS DE SUSTITUCIÓN A 3 AÑOS - SECTOR RESIDENCIAL

	Panel solar	Heladeras	Lámparas	Calefones	Lavarropas	Aires Acond.	Total / Promedio
Penetración/Potencial	30%	20%	50%	30%	30%	100%	43% %
Cantidad instalaciones	262500	233792	2020000	75519	242709	115903	2950424 unidades
Energía total evitada	432,4	68,7	146,1	61,7	16,3	23,0	748,1 GWh/año
Potencia Media Evitada	49,4	7,8	16,7	7,0	1,9	2,6	85,4 MW
Incentivo unitario	474	75	6,4	188	17	52	136 USD
Costo incremental unitario	1500	300	9	300	200	300	435 USD
Inversión UTE acumulada	159	25	30	20	5	8	248 MMUSD
Incentivo/costo incremental	32%	25%	72%	63%	9%	17%	36% %
Costo por MWm instalado	3,2	3,2	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9 MMUSD

Así, se podrían evitar 85,4 MW medios solamente en el sector residencial, con una inversión acumulada de UTE de USD 248 millones, lo que traducido a valores de la jerga de la planificación de la generación energética, resulta de 2,9 MMUSD/MWm. Recuérdese que el valor de MWm es muy distinto al de MW instalado, ya que el último es el valor nominal de una planta de generación y que en la practica es afectado por factores de planta (aprox. 0,35 para el caso eólico por ejemplo).

Por tanto, considerando los NW (negavattios) como una alternativa a la incorporación de nueva generación, no cabe duda que es una forma económica, limpia y con impactos favorables a nivel de la sociedad en su conjunto.

5.- Conclusiones.

Se ha detectado en la bibliografía analizada y en los trabajos técnicos disponibles, un consenso entre los expertos en la materia, acerca de la existencia de un “gap de la EE”, es decir un desaprovechamiento de la eficiencia energética como herramienta para lograr un uso óptimo de la energía, explicado principalmente por barreras de mercado, fallas de mercado y fallas del comportamiento de los consumidores.

La Eficiencia Energética en Uruguay ha sido evaluada en profundidad en 2011 por DNE-MIEM (Dirección Nacional de Energía) detectando ahorros potenciales de electricidad de 241MW medios, o 2,1 TWh/año, lo que representa un 20,4% de la demanda total del país.

Esto no incluye el potencial de Cogeneración, que también tiene un relevante potencial (del mismo orden que la EE) de ahorro de electricidad para el Sistema, y que podría ser analizado bajo una metodología similar a la del presente trabajo. (También podrían utilizarse los resultados de este trabajo para el análisis de proyectos de generación eléctrica distribuida, conectada a la red de distribución).

A la luz, de los éxitos obtenidos en reducción de la demanda, a través de programas implementados por otros países, el presente trabajo examina el nivel de incentivos que UTE podría entregar a quienes adquieran equipos ahorradores de energía.

Para Uruguay, la estimación de costos evitados por UTE, cuando los usuarios conectados en la red de Distribución ahorran energía, asciende a **USD 201,5/NMWh**. Estos costos evitados contemplan tanto los costos de energía como de capacidad.

Existen claras oportunidades para el desarrollo de programas de incentivos económicos a ser otorgados por UTE a sus clientes para la adquisición de equipos eficientes.

De acuerdo a las hipótesis de este trabajo, estos incentivos podrían aplicarse sin requerirse incrementos de tarifas, lo que permitiría lograr importantes beneficios para los consumidores, para UTE, y para la sociedad en su conjunto.

Estos incentivos permitirían lograr una rápida incorporación de equipos que ahorren energía, y así lograr alcanzar una porción importante de los 2,1 TWh/año del ahorro potencial disponible.

Con las metas del portafolio de programas de Eficiencia Energética propuesto, **se podrían evitar 85,4 MW medios** solamente en el sector residencial, con una inversión acumulada de UTE de USD 248 millones

6.- Referencias bibliográficas

ⁱ A. Lovins, Rocky Mountain Institute, “Reinventing Fire”, USA, 2011

D. Hurley et al., “Costs and Benefits of Electric Utility Energy Efficiency in Massachusetts”, elaborado por Synapse Energy Economics Inc. Para Northeast Energy Efficiency Council, Massachusetts, USA, agosto 2008.

N. Hopper, C. Goldman, J. Schlegel “Energy Efficiency in Western Utility Resource Plans: Impacts on Regional Resource Assessment and Support for WGA Policies”, preparado por el Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, USA, Agosto 2006

International Energy Agency (IEA) “G-20 “Clean Energy, and Energy Efficiency deployment and policy progress”, documento preparado para el G-20 Clean Energy and Energy Efficiency Working Group (C3E), Paris Francia, Octubre 2011. Documento disponible en:
<http://www.iea.org/publications>

Consejo de la Comunidad Europea, “Energy efficiency: delivering the 20% target”, Bruselas, noviembre 2008, disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52008DC0772:EN:NOT>

Dexia Asset Management, “Generating “Negawatts” – Energy Efficiency’s Threats and Opportunities for European Utilities”, Utilities Sector Sustainability Research Paper”, Mayo 2010.

International Energy Agency (IEA) “G-20 “Clean Energy, and Energy Efficiency deployment and policy progress”, documento preparado para el G-20 Clean Energy and Energy Efficiency Working Group (C3E), Paris Francia, Octubre 2011. Documento disponible en:
<http://www.iea.org/publications>

B. Joshi “Best Practices in Designing and Implementing Energy Efficiency Obligation Schemes”, Research Report Task XXII of the International Energy Agency Demand Side Management Programme, Stockholm Sweden, Junio 2012, disponible en:
<http://www.ieadsm.org/Content.aspx?ID=2>

ii A. Jaffe, R. Stavins, “The Energy Efficiency Gap”, Energy Policy 1994, Volume 22 Number 10.

iii K. Gillingham, R. Newell y K. Palmer, “Energy Efficiency Economics and Policy”, National Bureau of Economic Research, rep. técnico RFF DP 09-13, abril de 2009.

iv BID SECCI (Iniciativa de Energía Sostenible y el Cambio Climático), “Cómo ahorrar US\$36.000 millones en electricidad”, Conferencia sobre Eficiencia Energética y Competitividad, Setiembre 2008

v M. Cooper, “Least-cost planning for 21st century electricity supply, meeting the challenges of complexity and ambiguity in decision making”, Institute for Energy and the Environment, Vermont Law School, USA, Junio 2011.

vi Una descripción detallada acerca de cómo opera este software, puede encontrarse en:
<http://iie.fing.edu.uy/simsee/>

vii UTE, “Pérdidas de Energía Eléctrica”, Conferencia de prensa, Montevideo, 10 de Mayo de 2011, disponible en: http://www.ute.com.uy/php/detalle_prensa.php?id=6802

viii MIEM/DNE, “Balance Energético Nacional 2010”, Montevideo, 2011, disponible en www.dne.gub.uy

^{ix} DNE, “Carga Máxima y Mínima del Sistema”, disponible online en: (<http://www.miem.gub.uy>, (DNE / estadísticas /electricidad).

^x D. Larrosa, Noviembre 2011 “Documento Notas Energéticas 2011”, CADESYC, Montevideo, Uruguay, disponible en: <http://www.cadesyc.org/materiales.html>

^{xi} DNE, Fundación Bariloche, “Estudio del Potencial de Ahorro en Uruguay”, Montevideo, sep. 2011, disponible en: <http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/ACTIVIDADES.asp?realizado=1>

^{xii} S. Price et al., , “Guide to Resource Planning with Energy Efficiency “, National Action Plan for Energy Efficiency, Environmental Protection Agency (EPA), Preparado por: Energy and Environmental Economics, Inc., USA, Nov. 2007, disponible en: www.epa.gov/eeactionplan

Environmental Protection Agency (EPA), “Understanding Cost-Effectiveness of Energy Efficiency Programs - Best Practices, Technical Methods, and Emerging Issues for Policy- Makers”, National Action Plan for Energy Efficiency, preparado por: Energy and Environmental Economics, Inc. and Regulatory Assistance Project Nov. 2008, disponible en: www.epa.gov/eeactionplan

^{xiii} DNE, Fundación Bariloche, “Estudio del Potencial de Ahorro en Uruguay”, Montevideo, sep. 2011

^{xiv} Southern California Edison, “Regulatory Information - Energy Efficiency Filings - Quarterly Energy Efficiency Reports”, 4º trimestre 2009, disponible en <http://www.sce.com/AboutSCE/Regulatory/eefilings/Quarterly.htm>

^{xv} G. Abal, J. Cataldo, M. D’Angelo, A. Gutiérrez, “Mapa Solar del Uruguay” Versión 1.0, Memoria técnica, pp 40, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Abril 2010, disponible en: www.fing.edu.uy/if/solar/msu-miem-v1.pdf

R. Prando, “Energía Solar Térmica” pp. 65 (asignatura “Tecnología y Servicios Industriales”), Instituto de Ingeniería Química, UDELAR, Montevideo, 2011, disponible en: <http://es.scribd.com/doc/106006521/EERR-M2-2011>