

Potencial de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica: una primera aproximación.

Gautam S. Dutt y Carlos G. Tanides

Grupo de Energía y Ambiente (GEA), Depto. de Electrotecnia
Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires
Paseo Colón 850, (1063) Capital Federal, ARGENTINA
Tel.: 342-7362/2690/8636/4872 Int. 361 - Fax: 331-0129
E-mail: postmaster@gea.uba.ar

Resumen

Dentro de las alternativas que existen para satisfacer la demanda de energía, el uso eficiente de la misma ha demostrado sus enormes virtudes en varios países del mundo. Este trabajo pretende demostrar, en el área de la energía eléctrica, que la magnitud del potencial de ahorro en nuestro país justifica la profundización de los estudios y la elaboración de una política energética que permita aprovecharlo.

A partir de algunas cifras reales y de aproximaciones realizadas en base a los datos de otros países se arriban a valores de energía eléctrica ahorrada en una proyección de 20 años, a partir del año 1991. El potencial de ahorro representa entre un 27 y 42 % del consumo proyectado para el año 2011.

Se identifican además aquellos usos finales más importantes y sobre los cuales se deberá concentrar la acción.

1. Introducción

La problemática energética puede ser caracterizada por a) la disponibilidad de recursos, b) los factores económicos y c) el impacto ambiental. Cada uno de ellos ha sido abordado de diferentes maneras, el primero incrementando la prospección de recursos, y creando nuevas tecnologías para aprovechar aquellos reservorios que parecían agotados, así como la utilización de energías renovables, etc.

En el caso b) se reducen los costos mejorando el rendimiento de los equipos de generación, y reestructurando las empresas eléctricas. Y por último, el impacto ambiental se reduce mediante la utilización de tecnologías más limpias, modificando los procesos de combustión, tratando los efluentes líquidos y gaseosos, y utilizando energías alternativas (eólica, solar, biomasa, etc.).

A veces resolver uno de los problemas incide negativamente en otro. Por ejemplo las tecnologías energéticas limpias suelen ser más costosas. Sin embargo, si se consideran los costos provocados por el impacto ambiental, llamados costos externos por los economistas, el costo total de la alternativa limpia es generalmente menor. La mayoría de las tecnologías para el aprovechamiento de energías renovables también requieren de mayores inversiones que las de combustibles fósiles. Sin embargo, aún sin tomar en cuenta los costos ambientales y del agotamiento de recursos, se ha demostrado la posibilidad de definir una estrategia energética mucho menos intensiva en capital y recursos, y menos perjudicial para el ambiente [Goldemberg et al., 1988]. Basada en un análisis detallado acerca de la utilización de energía, se conoce como estrategia energética en base a los usos finales.

La definición de dicha estrategia requiere de un análisis que comprende los siguientes pasos [Dutt, 1992]:

- (a) estimar la magnitud del consumo energético de cada uso final, por ejemplo: iluminación, refrigeración, fuerza motriz industrial, etc;
- (b) evaluar las tecnologías relacionadas con los dispositivos actuales de uso final (lámparas, heladeras, motores, etc.) -- particularmente su eficiencia energética;
- (c) recopilar información acerca de los dispositivos para el uso más eficiente de la energía, su rendimiento y costos;
- (d) recopilar información acerca de las tecnologías alternativas para la generación eléctrica;
- (e) estimar la demanda futura de los servicios energéticos según uso final; y
- (f) elaborar una metodología para determinar la óptima combinación de tecnologías de generación y de ahorro de la energía eléctrica, con el objeto de satisfacer los futuros requerimientos al mínimo costo social.

Este proceso para definir la estrategia del sector eléctrico es cada vez más utilizado en distintos países. Se ha elaborado un manual explicando las técnicas analíticas para lograr una mayor difusión de esta alternativa en los países en vías de desarrollo [Dutt, 1993]. A través de otras comunicaciones se ha empezado la elaboración de los pasos (b,c y d) señalados arriba para el caso de Argentina [Brugnoni et al., 1994; Dutt et al., 1994, Dutt, 1994]. El objetivo de este trabajo es la estimación del potencial para la reducción de la demanda de energía eléctrica en la República Argentina en los próximos años.

Algunos índices justifican la importancia de analizar en profundidad el uso de la electricidad:

- a) si bien tan sólo el 11 % del consumo final de energía corresponde a la electricidad [BEN 1991] - hecho que muchas veces justifica que no se la considere importante en los análisis de uso eficiente de la energía -, si evaluamos los recursos de energía primaria destinados a su generación, estos alcanzan cifras cercanas al 30%;
- b) aunque no disponemos actualmente de valores para la Argentina, la proporción de las inversiones destinadas al sector eléctrico alcanza el 60% del total en el sector energético a nivel mundial, según un estudio del Congreso Mundial de Energía;
- c) durante el periodo 1970-1987 la tasa promedio anual de crecimiento del consumo de energía total en la Argentina fue del 2,1% mientras que la de la electricidad fue del 4,9%. Esto refleja una tendencia mundial, hacia una mayor participación de la electricidad como fuente de energía, y
- d) los numerosos ejemplos en distintas partes del mundo (Japón, EUA, Francia, Suecia, Italia, Brasil, India, etc.) testimonian como el uso eficiente de la energía eléctrica puede mejorar simultáneamente los tres problemas mencionados al principio: disponibilidad de recursos, factores económicos y el impacto ambiental.

2. Metodología

La información necesaria para una estimación precisa del potencial de ahorro en la Argentina no existe. Para el paso (a), si bien hay datos sobre la demanda de energía eléctrica por sector, esta discriminación no llega al nivel de los usos finales. No conocemos las magnitudes del consumo energético para, por ejemplo, la iluminación, la conservación de alimentos (refrigeración), la fuerza motriz industrial, etc. Los únicos

estudios de envergadura han sido encargados por la Secretaría de Energía para la región noreste argentina (NEA) y el Estudio Energético Integral para la provincia de Buenos Aires (EEIBA). En dichos estudios - entre otras cosas - se encuestaron los sectores residencial e industrial, relevando los artefactos eléctricos para estimar la magnitud del consumo.

Tampoco existe buena información acerca de las tecnologías empleadas actualmente en los consumos (paso b) ni un buen relevamiento de aquellas más eficientes que puedan reemplazarlas en nuestro país (paso c). La obtención de esta información no resulta sencilla, pues requiere de la realización de encuestas y mediciones de campo, estudios de mercado, etc., y tardará un tiempo en materializarse desde el momento en que se decida acopiar.

De todas maneras, aún así, se pueden realizar algunos cálculos basados en: a) la información suministrada por el Balance Energético Nacional (BEN) y otras fuentes nacionales, b) los datos existentes en otros países donde ya se han hecho estudios del potencial de ahorro y c) algunos catálogos y bibliografía desarrollados también fuera del país donde se sintetiza la información acerca de las opciones tecnológicas y sus potenciales de ahorro.

La información del consumo de energía por sector la encontramos en los BEN. Según estos datos, volcados en la Tabla 1 surge, en principio, una primera conclusión de suma importancia para el análisis posterior, y es que el 98,4 % del consumo de energía eléctrica en la Argentina se halla concentrado en tres sectores: industrial, residencial, y comercial y público, por lo que de ahora en más nos ceñiremos a trabajar solamente con ellos.

SECTORES	CONSUMO [TWh]	PARTICIPACION %
Industrial	23,9	54,7
Residencial	11,3	25,9
Comercial y Público	7,8	17,8
Agropecuario	0,44	1,0
Transporte	0,24	0,6

El porcentaje de participación de cada uno de los usos finales lo obtendremos de estudios llevados a cabo en Brasil, Chile, India, México y Tailandia entre otros, [Valdez Arrieta, 1993] modificados convenientemente para nuestro país, y de algunas de las fuentes locales ya mencionadas: EEIBA, Secretaría de Energía, etc.

Los potenciales de ahorro surgen de estudios realizados en otros países y adaptados al nuestro [EPRI, 1987, y RMI].

2.1. Ahorro por sectores

Consideraremos ahora los usos finales de la electricidad, su participación en el consumo total, en los tres sectores de relevancia y los potenciales de ahorro de cada uno de ellos.

Los potenciales de ahorro con valores de 10 - 20 % (p.e. electroquímica, otros, etc.) señalan generalmente ausencia de información por lo que se adoptaron cifras conservadoras.

Los potenciales de ahorro en ningún caso contemplan una disminución del servicio brindado por la electricidad: no implican «sacrificio» alguno, y se basan en tecnologías actualmente disponibles en el mercado (pero no necesariamente en el nacional) y sólo las aplicaciones donde éstas son económicamente rentables.

2.1.1. Industrial

Uso final de la energía	Participación (%)	Potencial de ahorro (%)
Motores eléctricos	75	27-42
Electroquímica	12	10-20
Iluminación	7	21-40
Refrigeración	3	21-44
Calor de proceso	3	10-20

Los motores eléctricos industriales representan el mayor consumo ejercido por un uso final. De hecho, tanto en los EUA como en la India los motores eléctricos representan el 75 % del consumo total de electricidad. Aunque estos tienen un rendimiento relativamente elevado y no puede esperarse una mejora importante en él mismo, existe un importante potencial de ahorro en los sistemas pasivos y activos involucrados: bombas, ventiladores, transmisiones, válvulas, sistemas de control de caudal, cañerías, etc. El aumento de la eficiencia de estos elementos redonda en menores consumos de energía, pudiéndose en muchos casos llegar a redimensionar los motores, empleando módulos de potencias menores [Brugnoni, Dutt, Tanides, 1994].

2.1.2. Residencial

Uso final de la energía	Participación %	Potencial de ahorro
Refrigeración	29	40-60
Iluminación	30	21-40
Televisión	8	10-20
Plancha	8	10-20
Lavado de ropa	7	25-50
Ventilación	5	26-48
Calefacción de interiores	3	26-48
Aire acondicionado y enfriadores por evaporación	2	26-48
Otros	8	10-20

En el sector residencial, dos usos finales dominan la escena: las heladeras y la iluminación.

El elevado consumo en heladeras se debe a su alto grado de saturación en los hogares y su alto consumo unitario. Sin embargo, estos artefactos se caracterizan por su elevado potencial de ahorro que puede lograrse a través de mejoras en la aislación, el tamaño óptimo de los componentes, el rendimiento del compresor y de cambios en el ciclo termodinámico, etc. Estos cambios se consiguen con inversiones relativamente bajas y altamente rentables [Hubbard, 1991]. Un número creciente de países ha aprovechado este potencial logrando reducciones en el consumo unitario de más del 50%, con más ahorros todavía por realizar. [Dutt, 1994]

La iluminación doméstica se concentra en lámparas incandescentes; aquellas que se usan más de un par de horas por día pueden ser remplazadas - en forma rentable - por fluorescentes compactas, que son cinco veces más eficientes. Además del consumo energético, la iluminación doméstica contribuye a la demanda pico vespertina de potencia. Las reducciones en este consumo residencial permiten importantes ahorros en las inversiones necesarias para suministrar dichos picos. Ya que el costo de una lámpara incandescente es menor al que surge de considerar su consumo energético durante la vida útil - la cual es además corta -, es factible cambiar las lámparas por las más eficientes a corto plazo.

Existen distintas opciones: lámparas, balastos, y luminarias más eficientes, controles electrónicos etc. que permiten ahorrar importantes cantidades de energía aún mejorando la cantidad y la calidad de la luz suministrada por los sistemas actualmente en uso [Dutt, Brugnoni, Tanides, 1994].

2.1.3 Comercial y Público

Uso final de la energía	Participación %	Potencial de ahorro (%)
Iluminación	53	21-44
Refrigeración	12	15-30
Motores	10	27-42
Equipamiento	10	25-50
Aire acondicionado	7	26-48
Calefacción	3	26-48
Otros	5	10-20

En este sector el consumo más importante de energía se halla en los sistemas de iluminación, para los cuales valen las mismas opciones mencionadas en el apartado del sector residencial. Además, en los grandes comercios y oficinas es posible instrumentar soluciones combinando apropiadamente los sistemas de aire acondicionado, iluminación e ingreso de luz natural.

Proyecciones de ahorro energético

La penetración del potencial de ahorro depende de la vida útil de los artefactos en uso y la factibilidad de su remplazo antes de tiempo. Para nuestras proyecciones se supone una renovación del stock de los artefactos en un plazo de 10 años para todos los usos finales, excepto los motores eléctricos cuyo reemplazo se estima en un plazo de 20 años, debido a la mayor vida útil de éstos. Nuestras proyecciones se basan en el aprovechamiento de todo el potencial económicamente rentable. En realidad, la parte del potencial que se lograría dependería de programas para promover el uso eficiente de la energía eléctrica.

En las figuras 1 y 2 se observan las proyecciones del potencial de ahorro (bajo y alto respectivamente) suponiendo el aprovechamiento del límite inferior (bajo) y superior (alto) del potencial mostrado en las tablas 2, 3 y 4 discriminados por sector.

En la figura 3 se compara la demanda que resulta de una proyección convencional (tasa de crecimiento 5 % anual) con la demanda - menor - que resulta de aplicar los potenciales de ahorro bajo (UREE bajo) y alto (UREE alto)

Conclusiones

En nuestro análisis se advierte que tres usos finales dominan el consumo de energía en la República Argentina: a) motores eléctricos industriales, b) iluminación (residencial, comercial y público) y c) heladeras domésticas.

El potencial de ahorro alcanzable en el 2011 también se concentra en estos usos finales. En el a) este potencial se ubica dentro de un rango de 13,5 - 21 TWh, en b) 5 - 10,1 TWh y en el c) 3,4 - 6,3 TWh. Para ilustrar las magnitudes relativas de los mismos podemos compararlos con algunas cifras de generación anual eléctrica de distintas centrales: Yacretá, 18 TWh; Piedra del Aguila + Chocón, 9 TWh; y Central Nuclear Embalse de Río III, 4,2 TWh.

Las cifras son elocuentes y justifican la profundización que se haga en este área.

A partir de estos datos, la tarea consistirá en ajustar los valores de los potenciales de ahorro, y trabajar en la investigación sobre tecnologías eficientes.

Bibliografía y Referencias

Hubbard, H. M., 1991. "The Real Cost of Electricity", *Scientific American*, abril.

Brugnoni, M., Dutt, G. S. y Tanides, C. G., 1994. "Tecnologías para el uso eficiente de la energía eléctrica", preparado para el Congreso y Exposición de la Energía Eléctrica (CEDE '94), Buenos Aires, nov.-dic.

Dutt, G.S., 1992, "Una estrategia energética en base a los usos finales, hacia el suministro de energía eléctrica a costo mínimo", presentado en el V Congreso Nacional de Uso Racional de la Energía, Buenos Aires, Argentina, nov.

Dutt, G.S., 1993, "Electricity at Least Cost: A Manual on the End-Use Oriented Approach to Electricity Supply in India", preparado para la Agencia Norteamericana de Ayuda Internacional, 350 pp.

Dutt, G.S., 1994, "Un programa para acelerar la introducción de heladeras domésticas eficientes y ecológicas en la República Argentina", presentado en el II Congreso Argentino del Frío, Buenos Aires, ago.-set.

Dutt, G. S., Brugnoli, M. y Tanides, C. G., 1994. "El Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en la Iluminación", *ASADES '94*, Rosario, Argentina, octubre.

EPRI, 1987, *TAG Technical Assessment Guide, Vol. 2: Electricity End Use*, Electric Power Research Institute, Palo Alto, California.

Geller, H.S., 1991, *Efficient Electricity Use - A development strategy for Brazil*, American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, DC, USA, 164 pp.

Goldemberg, J., Johansson, T.B., Reddy, A.K.N. y Williams, R.H., 1988, *Energy for a Sustainable World*, Wiley (Eastern), New Delhi, 517 pp.

Reddy, A.K.N. and Goldemberg, J., 1990, "Energy for the developing world", *Scientific American Special Issue - Energy for Planet Earth*, Sept., pp. 63-72.

Reddy, A.K.N., Sumithra, G.D., Balachandra, P., and D'Sa, A., 1991, "A development-focussed, end-use oriented scenario for Karnataka", *Economic and Political Weekly*, abril 6 y 13.

RMI, COMPETITEK information service on advanced techniques for electric efficiency, Rocky Mountain Institute, Snowmass, Colorado, EEUU..

Valdes Arrieta, F., 1993, "Saving Energy in Chile", informe al Natural Resources Defense Council y International Institute for Energy Conservation, mayo.

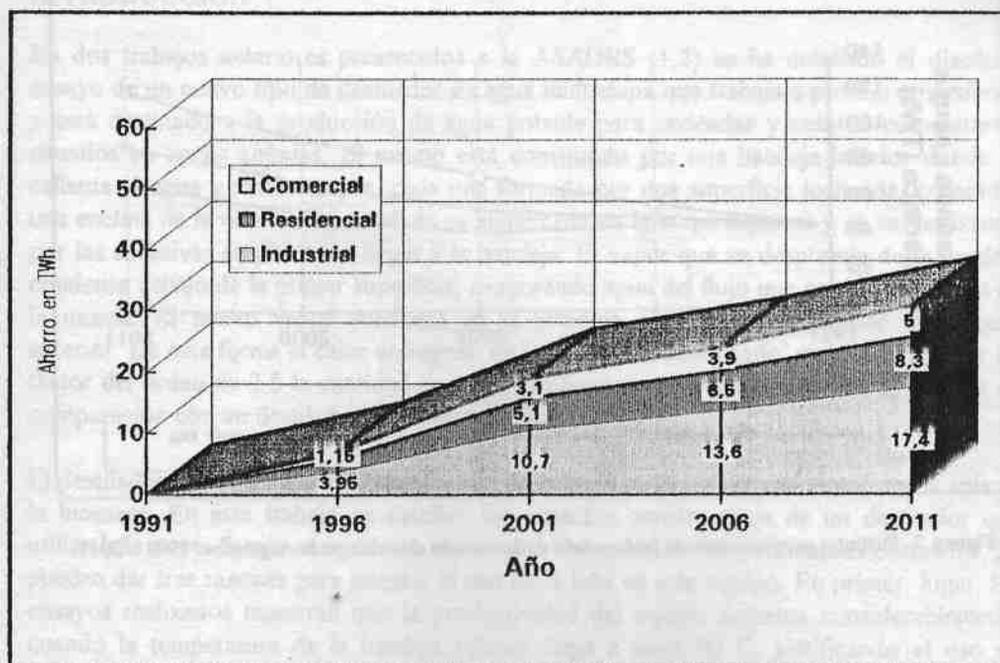


Figura 1. Proyección del potencial de ahorro de energía eléctrica bajo, para el período 1991 - 2011.

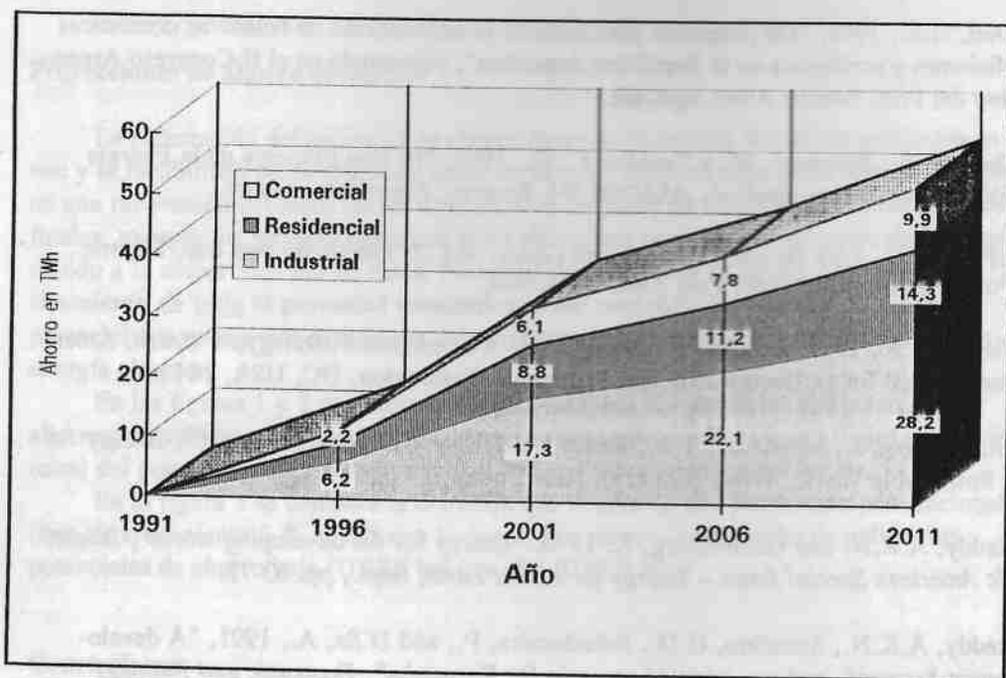


Figura 2. Proyección del potencial de ahorro de energía eléctrica alto, para el período 1991 - 2011.

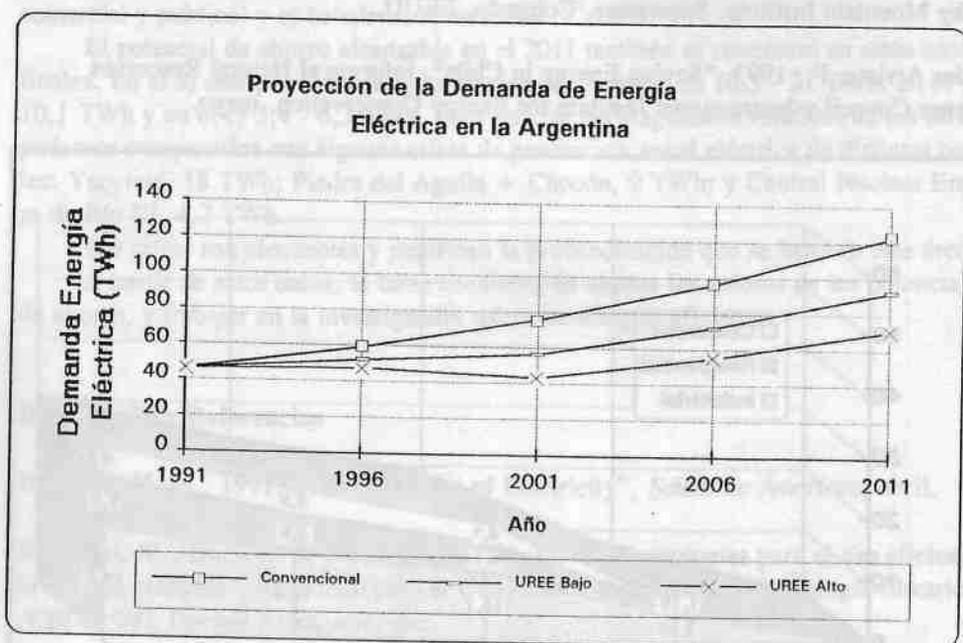


Figura 3. Distintas proyecciones de la demanda de la energía eléctrica en la Argentina. 1991 - 2011.