

Nuestro futuro energético

Panorama global y local

*XXXV Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina
de Energías Renovables y Ambiente
ASADES Octubre -2012*

Salvador Gil

*Universidad Nacional de San Martín, ECyT - Campus Miguelete- San Martín B.A. (1650) Argentina
sgil@unsam.edu.ar*

*Al Dr. Martín B.A. Crespi y los pioneros argentinos
de las energías renovables - 35 años después.*

Resumen

Este trabajo es un ensayo sobre el futuro energético tanto a nivel mundial como local. Claramente, dado lo ambicioso del proyecto, aquí solo pretendemos esbozar el problema, como modo de incentivar un estudio más cuidadoso y elaborado. De nuestro análisis surge que las fuentes de energía convencionales, muy probablemente puedan abastecer la demanda proyectada en el próximo siglo. Sin embargo, si no cambiamos las características de la matriz energética, tanto mundial como local, introduciendo una fuerte componente de recursos renovables e incluyendo medidas muy estrictas de eficiencia energética, los costos sociales, económicos y ambientales pueden ser altísimos. En la segunda parte de este trabajo, se describen algunas acciones concretas a nivel local. Se discuten varias alternativas para lograr ahorros significativos de gas natural en Argentina, centrados principalmente en los servicios residencial, comercial y público. Creemos que medidas como las discutidas aquí, pueden dar una respuesta a varios de los desafíos de la coyuntura nacional actual, y sintonizarnos con un nuevo paradigma global, que esperamos no tardemos en adoptar, para disminuir los riesgos del calentamiento global.

Introducción

Se estima que la revolución agrícola-ganadera acaecida durante el neolítico, hace unos 10,000 años, multiplicó la población del mundo en un factor del orden de 50 al cabo de pocos milenios, previo a la aparición de las grandes civilizaciones de la antigüedad. Otro evento de características comparables, ocurrió en los últimos dos siglos. La revolución industrial de principios del siglo XIX, se extendió por todo el oeste de Europa y cruzó el Atlántico hasta los Estados Unidos de América. Más tarde se extendió por el resto del mundo. El mundo occidental del siglo XIX estuvo caracterizado por el incremento de la productividad y el desarrollo capitalista de la industria. Estos cambios estuvieron acompañados por el crecimiento de la población en general (Figura 1) y de las grandes ciudades, en particular. El desarrollo industrial provocó un vertiginoso incremento de la población y el movimiento de personas desde las áreas rurales a las ciudades. Por otro lado, surgió una tensión creciente entre aquellos que controlaban y obtenían ganancias de la producción y los obreros que trabajaban por salarios que eran apenas suficientes para mantener sus vidas. En grado considerable, las ideologías políticas principales del siglo XX surgieron de las tensiones económicas surgidas de la revolución industrial.

Desde una perspectiva más amplia, la revolución industrial está lejos de haber concluido. Conforme se extiende a nuevos países, sus efectos económicos, políticos y

sociales suelen ser tan drásticos como los que ocurrieron en el siglo XIX en Europa y los Estados Unidos de América, pero con las consecuencias adaptadas a las circunstancias locales y temporales.

El ritmo de cambio en los países recién industrializados puede ser aún más drástico porque las olas sucesivas de innovación llegan en menores lapsos. Desde luego, el uso intensivo de la energía, primero con la máquina a vapor, y más tarde por un sinnúmero de nuevos desarrollos, permitieron aumentar el nivel de bienestar de una fracción importante de la población del planeta. La Figura 1 muestra la variación de población y riqueza en el mundo durante el último milenio. Esta figura revela que en los últimos dos siglos, caracterizados por la ocurrencia y consolidación de la revolución industrial, *la población del mundo aumentó en un factor 10 y el ingreso per cápita creció en un factor 16!*

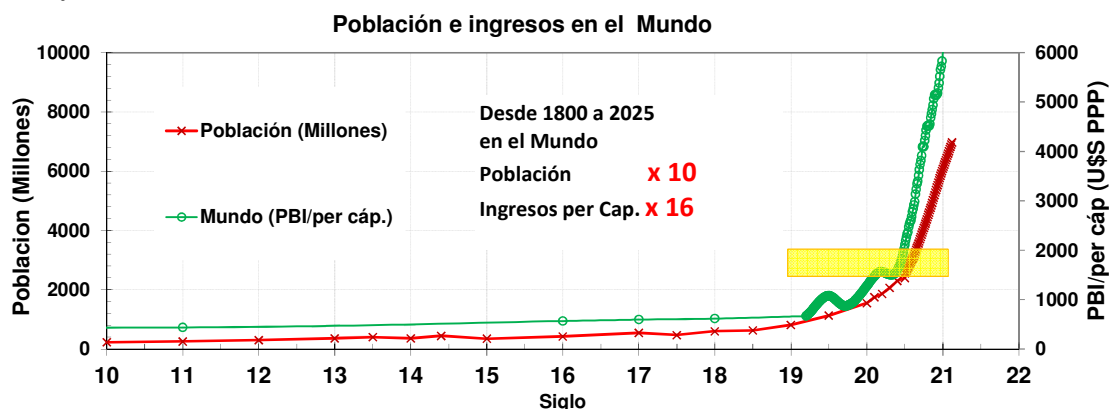


Figura 1. Variación de la población mundial e ingreso per cápita en el mundo durante el último milenio. Durante los últimos dos siglos, caracterizados por la ocurrencia y consolidación de la revolución industrial, la población del mundo aumentó en un factor 10 y el ingreso per cápita creció en un factor 16. Datos tomados de las Ref.(1 y 2)

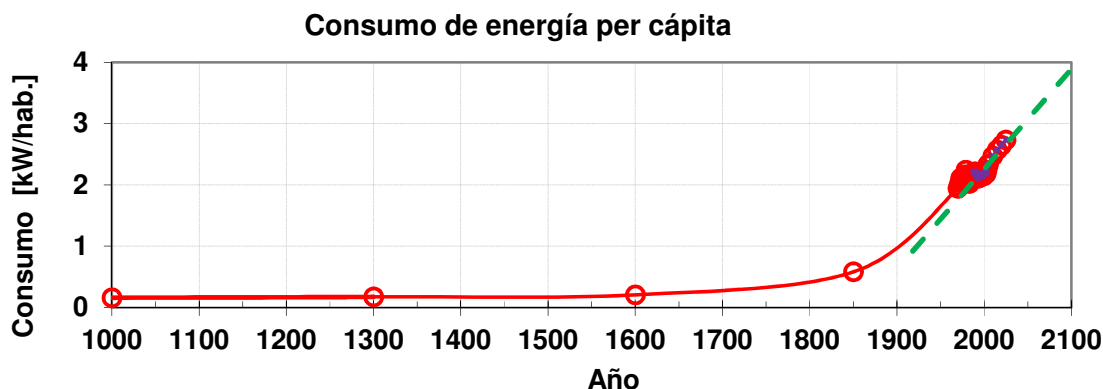


Figura 2 Variación del consumo de energía promedio per cápita a lo largo de la historia. Datos tomados del trabajo "Future of Energy" C. Rubbia.⁵ La línea verde de puntos es un modelo de proyección lineal, suponiendo que la tendencias actuales se mantienen como hasta ahora en las próximas décadas, esto es un modelo de "business as usual" o BAU.

En la Figura 2 se muestra la evolución del consumo promedio de energía per cápita a lo largo de la historia. Obsérvese que a partir del siglo XX el consumo de energía ha tenido un crecimiento notable.

La energía es fundamental para la vida. El uso del fuego fue uno de los grandes inventos de nuestra civilización. Posibilitó la cocción de los alimentos y la calefacción necesaria para subsistir en regiones frías. La leña fue el primer combustible usado por el hombre. Las antiguas civilizaciones descubrieron la posibilidad de usar el viento para impulsar sus embarcaciones y mover molinos de viento. Con el advenimiento de la revolución industrial, el uso de combustibles fósiles se incrementó notablemente. Primeramente se usó el carbón mineral, luego el petróleo y más recientemente el gas natural. La Figura 3 muestra la evolución de la matriz energética de los EE.UU. que es representativa de la evolución de la matriz mundial.

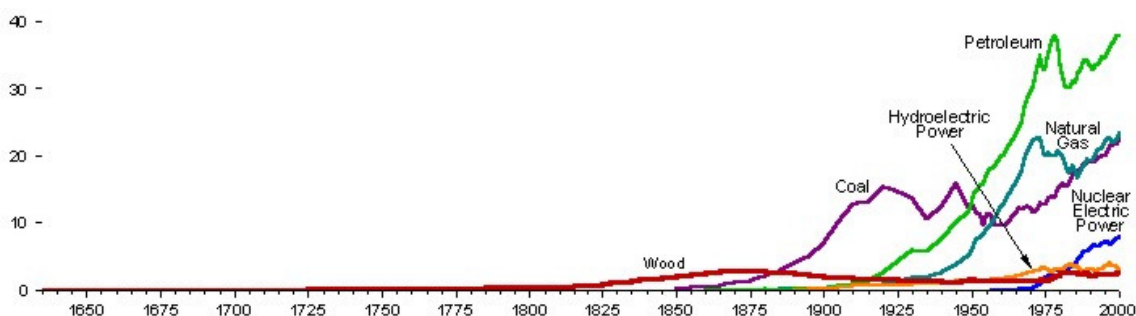


Figura 3. Evolución del uso de recursos energéticos a lo largo de la historia en los EE.UU. Los recursos tradicionales son la madera (wood), que era el combustible dominante antes de la revolución industrial, cuya primera fase tuvo como combustible el carbón (coal). La segunda etapa de la revolución industrial estuvo dominada por el petróleo. En la etapa que estamos viviendo, el gas se insinúa como el combustible preferido. El gas se usa mayormente para producir electricidad, la energía de las nuevas tecnologías⁴.

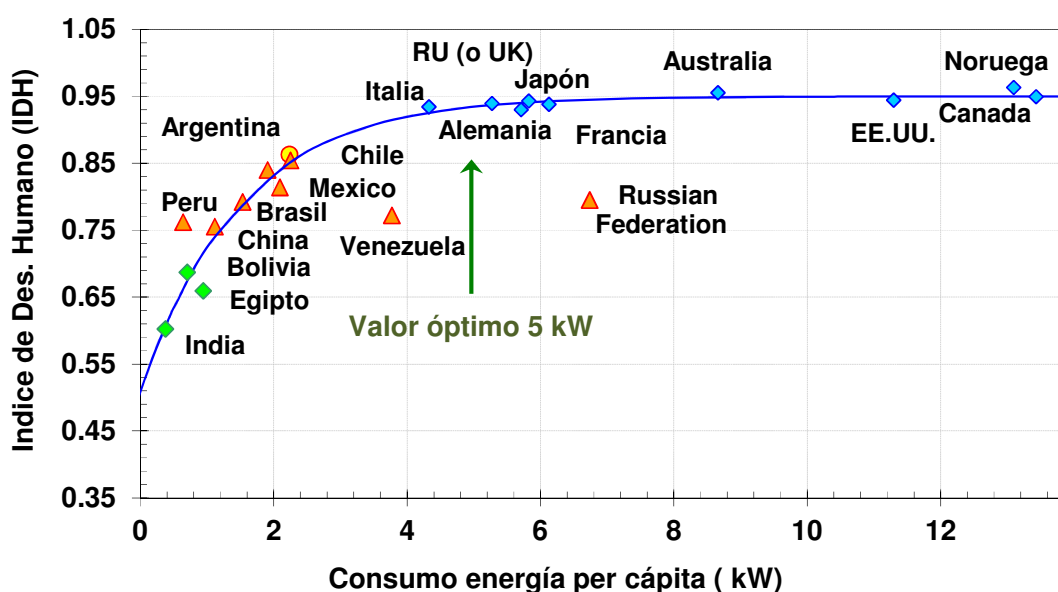


Figura 4. Índice de Desarrollo Humano en función del consumo de energía per cápita para distintos países del mundo. La línea continua azul es una modelización de esta dependencia. Basado en datos de las Naciones Unidas⁵ y la EIA- DOE, para el año 2006.

Si se analiza cómo varía el consumo per cápita para distintos países, se observa que aquellos de mayor desarrollo económico tienen un mayor consumo por habitante. Sin embargo, esta relación dista de ser lineal. Las Naciones Unidas elaboraron un índice para evaluar la calidad de vida en diversos países que denominan IDH⁵ (Índice de Desarrollo Humano) que tiene en cuenta la esperanza de vida (longevidad), nivel de educación de la

población (índices de alfabetización) y valor del ingreso a paridad constante por habitante. El IDH es habitualmente usado para comparar calidad de vida en las distintas regiones del mundo. Si se grafica el IDH en función del consumo anual de energía per cápita para distintos países, se obtiene la Figura 4. Esta figura indica que con un consumo per cápita de alrededor de 5 kW, equivalentes a unos 43 MWh/año o bien unos 2980 m³ de GN/año $\approx$ 8,16 m³/día, se alcanza una calidad vida compatible con la de los países de mayor IDH. Un consumo mayor a este valor no genera una mejora significativa en la calidad de vida. Si bien esta no es una regla de validez universal, ya que cada país tiene características singulares, lo que sí parece ser cierto es que no siempre mayor consumo de energía implica mejor calidad de vida. En particular, Argentina tiene un consumo per cápita de 2,4 KW, equivalente a 1815 m³ (gas natural/año), y un IDH $\approx$ 0,87.

Evolución de la población y el consumo de energía

Si se analiza la variación de población a lo largo de los últimos 60 años, se observan algunas características notables. En particular la tasa de crecimiento, ver Fig. 5, muestra una tendencia decreciente, tanto a nivel mundial, como a nivel de los distintos países. En particular, esta tasa tiende a cero o a valores negativos en los países más desarrollados de Europa. En primera aproximación, esta tasa decreciente puede modelarse muy bien con una línea recta, como se ilustra en la Fig. 5.

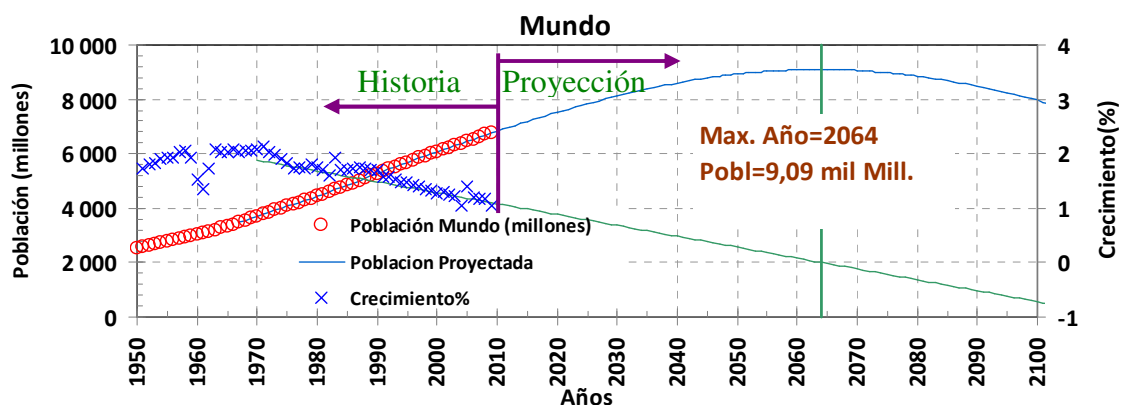


Figura 5. Evolución de la población humana en la Tierra durante los últimos 60 años. Las cruces azules indican el crecimiento observado, referido al eje vertical derecho. Lo notable de este gráfico, es que la población está creciendo pero con una tasa decreciente. La línea verde es una proyección lineal del crecimiento. De este modelo de crecimiento es posible predecir la evolución de la población, la línea azul. Se espera que la población alcance un máximo alrededor de la sexta o séptima década de este siglo.

A partir de esta modelización de la tasa de crecimiento es posible proyectar la población global y de distintos países. La característica general es que para la mayoría de los países del mundo, el máximo de población se alcanzaría en el presente siglo. Algunos países como Alemania, España, Italia, etc. lo estarían haciendo en esta década. China haría lo propio hacia el final de esta década y la India casi al final del presente siglo. A nivel global, es posible que la población mundial alcance un máximo entre la sexta o séptima década de este siglo, con una población cercana a unos 9 mil millones.

Combinando la proyección del consumo energético per cápita con la evolución de la población mundial, podemos proyectar la evolución del consumo energético global, suponiendo que el consumo per cápita crece según la tendencia actual, de modo similar al ilustrado en las figuras 2 y 6. Este es un escenario de “Business as Usual” o BAU.

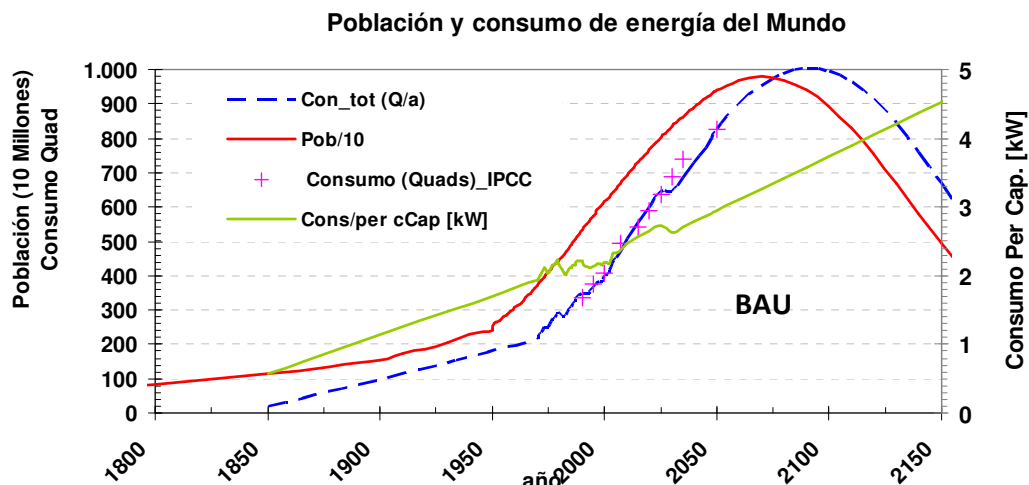


Figura 6. Evolución de la población (línea roja). La línea verde, referida al eje vertical derecho, es el consumo de energía per cápita. La línea de puntos azul representa la variación del consumo mundial de energía en Quads= 10^{15} BTU $\approx$ 1 EJ, suponiendo un modelo BAU. Las cruces son las proyecciones de IPCC.¹²

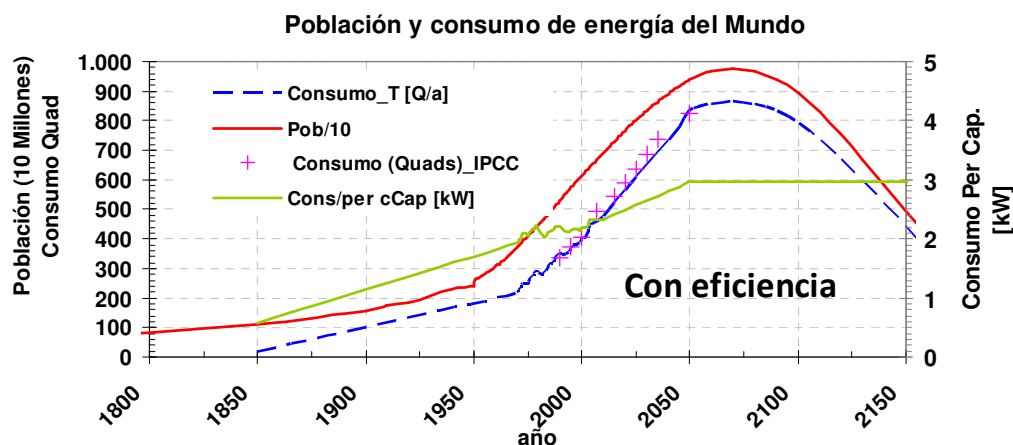


Figura 7. Evolución de la población (línea roja). La línea verde, referida al eje vertical derecho, es el consumo de energía per cápita. En este caso, *modelo con eficiencia*, se supone que a partir de 2050 el consumo per cápita se mantiene constante e igual a 3 kW/per cápita. La línea de puntos azul representa la variación del consumo mundial de energía en Quads. Las cruces son las proyecciones de Panel Intergubernamental de Cambio Climático.¹²

Otro modelo de evolución del consumo, consiste en suponer que a partir de 2050 el consumo per cápita se mantiene constante e igual a unos 3 kW o que se implantan medidas estrictas de eficiencia energética. Este esquema lo designamos “modelo con eficiencia”. La Figura 7 ilustra la evolución del consumo en este caso. Para ambos escenarios, se pudo calcular la energía necesaria para llegar a fines del siglo XXI. En el escenario BAU se requiere aproximadamente 27 000 Quads (1 Quad= 10^{15} BTU $\approx$ 10^{18} J =1 EJ) y en el segundo escenario (con eficiencia) unos 25 000 Quads, o sea unos 7,5% menos energía.

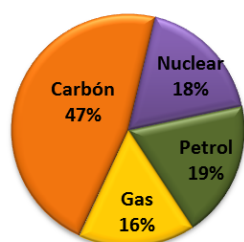
La siguiente pregunta que surge de manera natural es: ¿Disponemos en la Tierra de los recursos necesarios para afrontar esta demanda? Desde luego, para poder responder

a esta pregunta es necesario hacer algunas aclaraciones. En el caso de los combustibles fósiles, los recursos de combustible se clasifican como *reservas* si son depósitos conocidos que se pueden extraer con la tecnología actual y a precio de mercado. Por su parte, los *recursos energéticos*, son depósitos conocidos, que aún no son económicamente competitivos para ser extraídos, o que su real dimensión no está todavía totalmente esclarecida. Para este ejercicio, se usaron un promedio de varias fuentes para estimar los *recursos fósiles* disponibles.^{6,7,8,9} Los resultados se ilustran en la Figura 8.

Como surge claramente de este análisis preliminar, en principio parecería que existen suficientes recursos fósiles para abastecer la demanda de energía hasta fines del presente siglo. Sin embargo, un aspecto crucial de la problemática debe ser abordado, a saber, las implicancias medioambientales del uso de estos combustibles.

Otro aspecto no menos importante es la distribución geográfica inequitativa de los recursos fósiles. En general estos recursos energéticos se encuentran pocos países, la mayoría tiene la necesidad de la energía y no los medios. En ese sentido, las fuentes de energía renovables, como la energía solar o eólica están mucho mejor distribuidas geográficamente. Desde luego la eficiencia es un recurso que está accesible a todos.

Mundo - Estimación
Recursos=70,000 Quads
Convenc.



Mundo - Estimación
Recursos=1,050,000 Quads
No Carbón

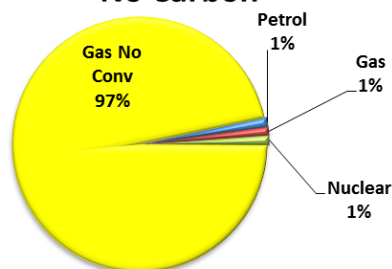


Figura 8. Recursos energéticos convencionales. A la izquierda, sin incluir los recursos fósiles no convencionales (Shale gas y petróleo) pero sí el carbón. A la derecha, excluyendo el carbón pero incluyendo los fósiles no convencionales. En ambos escenarios se sobrepasan los 27.000 Quads para satisfacer la demanda proyectada hasta fines del siglo XXI.^{8,10}

Otras fuentes de energía

Se han propuesto muchas alternativas energéticas en los últimos años, sin embargo no todas ellas lograron probar su efectividad y aceptación social. Por ejemplo, la fusión nuclear, después de más de 30 años de investigación, con altos y bajos, no logró mostrar su efectividad. En la Figuras 9 se muestran la evolución de la potencia instalada a nivel mundial de las centrales eléctricas: hídrica, nuclear y geotérmica.

En la Fig.10 se muestra la evolución de la capacidad instalada de centrales eólicas y solares (térmicas y fotovoltaicas) en el mundo.⁸ Como puede verse, el crecimiento de este tipo de instalaciones está teniendo un crecimiento exponencial, con un crecimiento muy sostenido del orden del 3% anual.

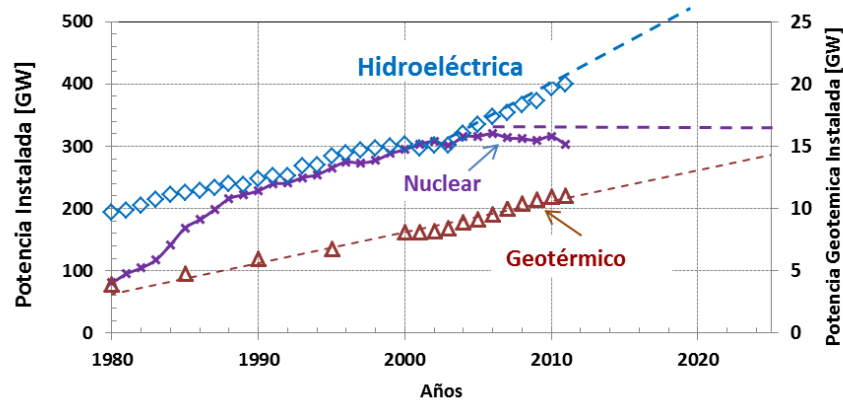


Figura 9. Potencia instalada hídrica, nuclear y geotérmica (referida al eje vertical derecho) a nivel mundial. Las líneas de trazos son proyecciones realizadas siguiendo el comportamiento de los últimos 10 años.⁸

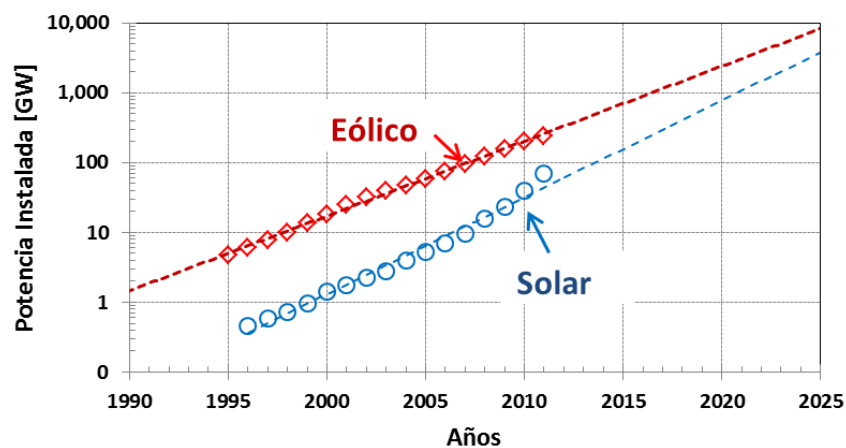


Figura 10. Evolución de la capacidad eléctrica instalada, a nivel mundial, de centrales eólicas y solares (térmicas y fotovoltaicas) en el mundo.⁸

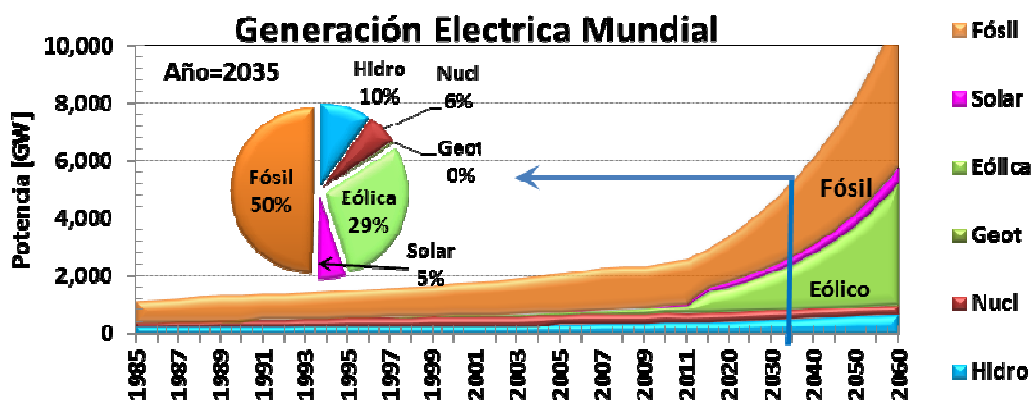


Figura 11. Probable evolución de la generación eléctrica mundial, extrapolación de las tendencias actuales. En el inserto de la figura se indica la composición de la generación eléctrica, dentro de este modelo, para el año 2035. Como se ve, es probable que los combustibles fósiles continúen predominando, a menos que se tomen medidas muy estrictas para cambiar las tendencias actuales.

Las Figuras 11 y 12 indican que es probable que los combustibles fósiles continúen predominando, a menos que se tomen medidas muy estrictas para cambiar las tendencias actuales (“business as usual”).

Consumo mundial de energía según el U.S. EIA- Outlook 2011 1990-2035

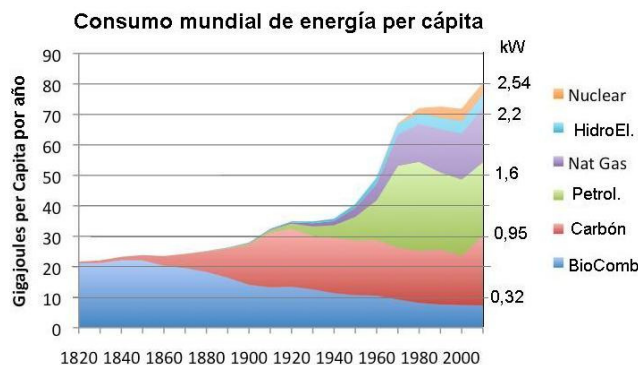
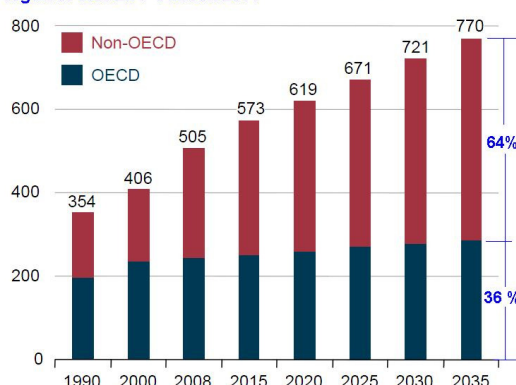


Figura 12. Izquierda, variación del consumo global según el U.S. EIA para los países de la OECD y los no-OECD. Se ve que hacia 2035, el 64% del consumo provendrá de éstos países, en un escenario de “business as usual”. A la derecha, se observa la composición de la matriz energética mundial y el consumo per cápita.

Calentamiento Global

Hay claras evidencias de que la temperatura del planeta está incrementándose. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)¹¹ es un cuerpo científico intergubernamental cuya misión es evaluar los riesgos que los cambios climáticos pueden causar a la actividad humana en el planeta. En los años 2007 y 2008, este organismo recopiló gran parte de las investigaciones que se vienen desarrollando en muchas universidades e institutos de investigación del mundo, que muestran que el cambio climático que estamos observando es en gran medida consecuencia de la excesiva acumulación de gases de invernadero dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), etc. producidos por las actividades humanas, es decir que el cambio climático que se observa tiene un origen antropogénico muy claro.^{12,13} (Figura 13).

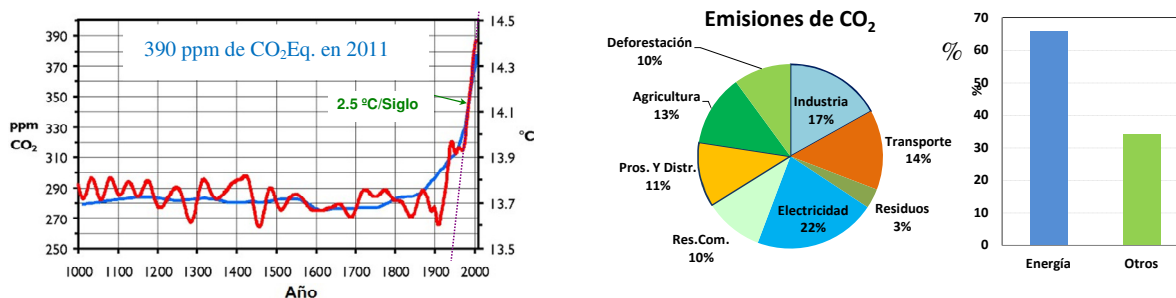


Figura 13. A la izquierda, variación de las temperaturas globales, curva roja, referida al eje vertical derecho. En esta figura también se muestra la variación de CO_2 equivalente en la atmósfera, curva azul, referida al eje vertical izquierdo. La pendiente de incremento de la temperatura en los últimos 60 años, es unos 2°C/siglo ^{14,15,16}. La correlación entre el incremento de temperaturas globales y el incremento de CO_2 en la atmósfera, es aparente. A la derecha se muestra las emisiones GEI antropogénicos. Según el IPCC, el 65% proviene del uso de la energía.

Este efecto también opera regularmente en la atmósfera terrestre. Los gases de efecto de invernadero (GEI) como el CO_2 , CH_4 , N_2O , etc. que se encuentran naturalmente en la atmósfera, son transparentes a la radiación visible pero no a la Radiación Infrarroja (RI), de modo similar al vidrio. También las nubes y aerosoles (partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire) producen efecto de invernadero. La radiación solar penetra la atmósfera y es absorbida por la Tierra. Esta a su vez re-emite la radiación en

forma de RI, que parcialmente escapa de la atmósfera pero parcialmente es re-emitada por los GEI y vuelve a la Tierra. De este modo, los GEI hacen las veces del vidrio en los invernaderos. Como consecuencia de este efecto la Tierra es unos 33°C más caliente que lo que sería en ausencia de él.

La Luna está, en promedio, a la misma distancia del Sol que la Tierra. La Luna no tiene atmósfera. Una evidencia de ello es la ausencia de erosión que se observa a simple vista. Los cráteres causados por el bombardeo de meteoritos, que con igual probabilidad deben haber llegado a la Tierra, se ven intactos en la Luna, indicando la ausencia de erosión, cosa que no ocurre en la Tierra. Durante el tiempo que la Luna está expuesta al Sol, día lunar, la temperatura es de unos 107°C, y durante la noche lunar, de unos -150°C. En promedio la temperatura de la Luna sería similar a la de la Tierra, si ésta no tuviese atmósfera. Es decir que la Tierra tendría una temperatura media de unos -20°C. Sin embargo la temperatura media de la Tierra es de 15°C, o sea unos 33°C más caliente que la Luna. Esto es consecuencia del efecto de invernadero que naturalmente funciona en la atmósfera terrestre. Este balance energético es muy delicado, y de hecho hay claras evidencias que la actividad humana está afectando este balance notablemente.

Existen evidencias cada vez más firmes que el calentamiento global que está experimentando la Tierra tiene causas antropogénicas. Se estima que el 65% de las emisiones GEI, son consecuencia del uso de combustibles fósiles, tal como se ve en la Figura 13. En sólo un siglo la fracción de CO₂ de la atmósfera creció de 290 a 390 ppm! Como la tasa de emisión sigue creciendo, a este ritmo, es posible que en 30 o 35 años alcancemos unos 450 ppm. *Es prudente e imperioso que disminuyamos nuestras emisiones de gases de efecto invernadero.*

La International Energy Agency, (IAE) en el "World Outlook de 2011", señala que el llamado *Escenario 450*,¹⁷ donde se indican las medidas necesarias para limitar la concentración de CO₂ en la atmósfera a 450 partes por millón (ppm), y conseguir que la temperatura global no aumente más allá de 2 °C, de los niveles preindustriales, ya resulta casi inalcanzable. Este informe indica que: **"Cuatro quintas partes de las emisiones totales de CO₂ procedentes de la energía permitidas por el Escenario 450 para 2035 ya están "comprometidas" por el stock de capital existente (centrales eléctricas, edificios, fábricas, etc.). Si no se aplican nuevas medidas severas de aquí a 2017, la infraestructura energética existente para esa fecha generará ya todas las emisiones de CO₂ permitidas por el Escenario 450 hasta 2035, por lo que no quedará lugar para nuevas centrales eléctricas, fábricas u otras infraestructuras, a menos que sean de nula emisión de carbono, lo que resultaría extremadamente costoso. Diferir la actuación presente constituye un error en términos económicos: por cada dólar no invertido en el sector eléctrico antes de 2020, será preciso gastar 4,3 dólares más tras 2020 a fin de compensar el aumento de las emisiones."**

Se estima que para lograr los objetivos del escenario 450, que no es el óptimo, sería necesario destinar cada año el 1, 4% del PBI mundial. Todo este coste, sin embargo, se vería compensado parcialmente por los beneficios que producirá en la economía, la mejora en salud y seguridad en el suministro de energía.

El Informe Stern sobre la economía del cambio climático (*Stern Review on the Economics of Climate Change*¹⁸) evalúa el impacto del cambio climático y el

calentamiento global sobre la economía mundial. Fue redactado por el economista Sir Nicholas Stern por encargo del gobierno del Reino Unido en 2006. Sus principales conclusiones indican que se necesita una inversión equivalente al 1% del PBI mundial para mitigar los efectos del cambio climático y que de no hacerse dicha inversión el mundo se expondría a una recesión que podría alcanzar el 20% del PBI global. El informe también sugiere la imposición de *ecotasas* para minimizar los desequilibrios socioeconómicos. El escenario “Business as usual” implica riesgos para la humanidad que no deberían ser aceptables. En este sentido, es imperioso la toma de acciones que limiten las emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI).

Hacia un futuro sustentable

El uso racional y eficiente (URE) de la energía y el aprovechamiento de las energías renovables, son claramente componentes importantes en la búsqueda de soluciones a los desafíos energéticos del presente y futuro. Hay un generalizado consenso mundial de que el uso eficiente de la energía y el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables, son una respuesta prudente y adecuada para enfrentar estos desafíos. El uso eficiente de la energía y el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables, son en cierto modo las dos caras de una misma moneda, ya que se complementan muy adecuadamente.

El URE debe propender a lograr una mejor gestión de la energía y los recursos disponibles, a la par de reducir la inequidades, evitar el deterioro del medio ambiente, mejorar la competitividad de las empresas y preservar nuestras reservas naturales para generaciones futuras. Al disminuir las demandas energéticas, los aportes de fuentes renovables comienzan a jugar un rol muy significativo, y se genera un círculo virtuoso. Por una parte se disminuyen las emisiones de GEI y por otra parte se genera un desarrollo tecnológico, capaz de generar nuevos emprendimientos, empleo y desarrollo económico. Este hecho tiene importantes ejemplos a nivel internacional. Varios países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), que adoptaron medidas de este tipo, *no solo lograron disminuir sus consumos energéticos, reduciendo considerablemente su dependencia de combustibles fósiles importados, sino que desarrollaron una importante industria de sistemas y productos que se están exportando por el mundo.*

En las Figuras 14 y 15 se muestran la variación del PBI y el consumo de energía en los últimos 30 años para la Argentina y los países desarrollados que integran la OECD. En el caso argentino se graficó el total del consumo de energía secundaria, es decir los productos energéticos que se consumen. Se observa que la curva de consumo de energía en Argentina sigue (copia) la curva de PBI. Para los países de la OECD, hasta 1974 se observa un comportamiento similar. Sin embargo, a partir de esa fecha, como consecuencia de las medidas implementadas para el uso eficiente de la energía en esos países, debido a los aumentos de precios ocurridos después del primer embargo de petróleo, el PBI siguió creciendo en forma sostenida, aunque el consumo de energía casi no varió significativamente durante el mismo período.

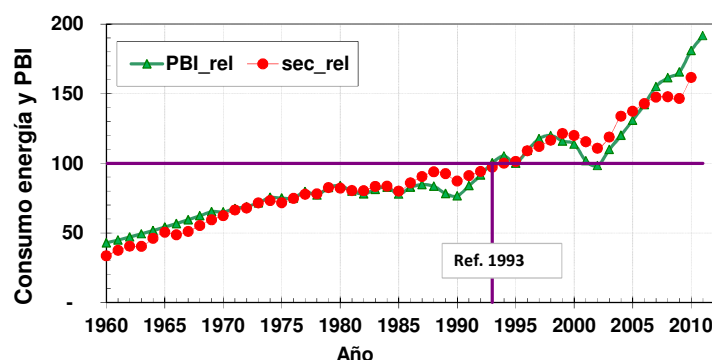


Figura 14. Variación del consumo total de energía secundaria y PIB a valores constantes de 1993 de Argentina en unidades relativas. Los valores de 1980 de consumo y PIB se normalizan a 100 para ese año. En Argentina el crecimiento del consumo “copia” las variaciones de PIB pero crece más rápidamente que éste.¹⁹

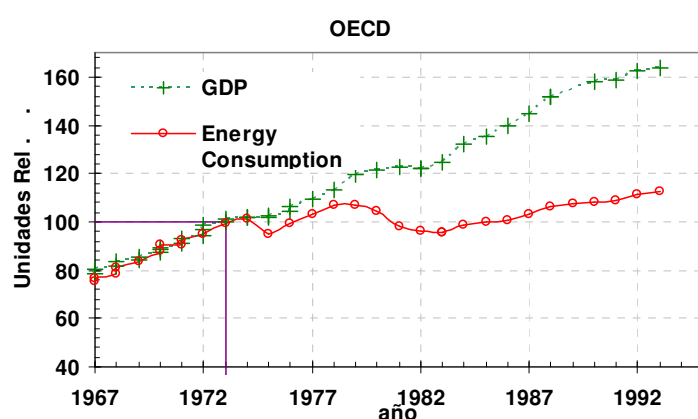


Figura 15. Variación del PIB (GDP) y el consumo final de energía para los países de la OECD de 1967 a 1994.²⁰ Los datos están en unidades relativas, tomando como 100 los valores del año 1973. Se observa que hasta 1974 ambas curvas se mueven juntas. A partir de esa fecha y como consecuencia de las medidas de uso eficientes adoptadas, el crecimiento económico continuó su ascenso pero el consumo de energía se mantuvo casi constante.

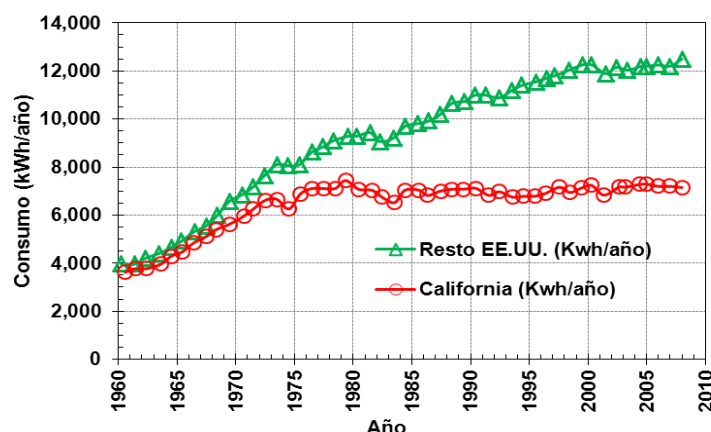


Figura 16. Evolución del consumo eléctrico per cápita en California y el resto de los EE.UU. A partir de los años 70, cuando se implementan estándares de eficiencia en California, combinados con un fuerte incentivo al desarrollo de productos más eficientes, el consumo per cápita prácticamente permanece constante, mientras que en el resto de ese país el consumo tuvo un incremento de más del 50%.²¹

Una situación similar ocurrió en el Estado de California. El consumo de electricidad per cápita en este Estado crecía monótonamente con el tiempo, al igual que en el resto de los EE.UU. A partir de 1973 en California se adoptan medidas que

estimulan un uso racional de la energía. Como resultado de ello, el consumo per cápita de electricidad en California se mantuvo prácticamente constante, mientras que en el resto de los EE.UU. donde no se aplicaron dichas medidas, el consumo per cápita siguió su tendencia monótona creciente. Claramente el crecimiento de California fue tan bueno o mejor que el promedio de los otros estados de los EE.UU. demostrando que el URE no tiene impacto negativo en la economía, sino todo lo contrario. Este hecho notable recibe el nombre de “Efecto Rosenfeld” en honor a Arthur Rosenfeld²² (Figura 16), que desde la dirección de la Comisión de Energía de California impulsó estas políticas de uso eficiente de la Energía.

Estos hechos ilustran que es posible tener un crecimiento importante y al mismo tiempo mantener y aun disminuir el consumo de energía adoptando medidas de uso eficiente.

La adopción de políticas que favorezcan un uso eficiente de la energía, además de ser viables, tienen la ventaja de disminuir la necesidad de importar energía, ahorrando importantes recursos económicos, a la par de disminuir las emisiones de gases de efecto de invernadero.

Sin embargo, el URE a pesar de ser un primer paso importante en la dirección correcta, es muy probable que no sea suficiente para prevenir el aumento de las emisiones, dato el ritmo de crecimiento de la demanda energética mundial. Seguramente será necesario hacer importantes cambios en la composición de la matriz energética, tanto global como local.

“Think globally, act locally”

Situación local – Argentina

En la Figura 17, se ilustra la distribución de la matriz energética nacional para el año 2009. Un aspecto notable es que aproximadamente el 45% de la energía se pierde en distintos tipos de ineficiencias.

Hay muchas oportunidades de mejorar la eficiencia en el uso de la energía. Las oportunidades en la industria, la generación eléctrica y transporte son múltiples. *Estos avances en la eficiencia no sólo disminuirían nuestras importaciones de energía, sino que también mejoraría la competitividad de nuestros productos en el mundo.*

En el país aproximadamente un tercio de toda la energía usada se emplea en viviendas y edificios comerciales y públicos. Con tecnologías existentes, se podría reducir este consumo a la mitad. En nuevas viviendas el incremento de costos para lograr estas reducciones en consumo es muy moderado y se amortiza en poco tiempo.

Una ventaja adicional del uso racional y eficiente (URE), es que para aprovecharlo no son necesarias grandes y costosas obras de infraestructura. Si se descubriese una gran reserva de gas en algún punto de la cordillera, desde luego sería una muy buena noticia. Sin embargo, para aprovecharla sería necesaria una gran inversión para extraer ese gas, luego transportarlo a los centros de consumo y, finalmente, ampliar

las redes de distribución en los centros urbanos para llegar a los usuarios o construir nuevas centrales eléctricas. El URE, al disminuir los consumos por usuario, nos libera partes de la infraestructura ya existente para que más personas o industrias tengan acceso a la energía liberada, sin necesidad de invertir en costosas ampliaciones y sin agregar emisiones.

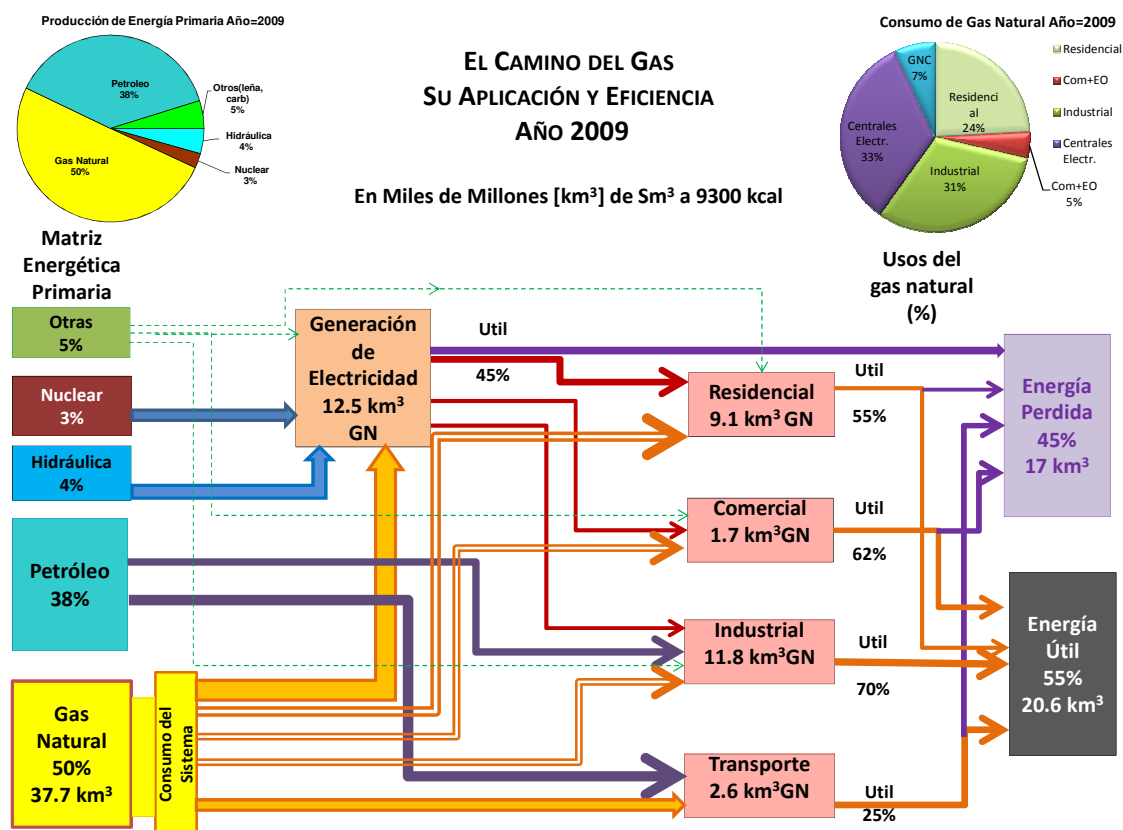


Figura 17. Camino de la Energía en Argentina. Como se ve, alrededor de 45% de la energía se pierde en distintos tipos de ineficiencias.¹⁹

Como se ve en la Figura 17, aproximadamente un tercio de la energía se utiliza en transporte. La eficiencia energética, desde que el petróleo sale del pozo hasta que llega a la rueda de los vehículos, con los motores a combustión interna que usamos habitualmente, es del orden del 15%. Si a esto agregamos que habitualmente los automóviles tienen un peso entre 15 a 20 veces el de un pasajero típico, la eficiencia energética para trasladar la carga útil (pasajero) es inferior al 1%. Esto nos incita a analizar críticamente nuestro sistema de transporte.

Posibilidades de generar ahorros de energía en Argentina

La experiencia internacional indica que una de las formas más rápidas y económicas de superar una situación energética crítica es racionalizar y eficientizar el consumo, cosa que para el gas en Argentina es posible. En esta parte se discuten varias alternativas de ahorro de gas natural y energía en general, focalizadas principalmente en los consumos residencial, comercial y entes oficiales, como modo de ilustración de los potenciales ahorros que se pueden alcanzar. En particular los volúmenes de gas que así se ahorraría son mayores que los volúmenes de gas importado.

Consumo de gas en viviendas

Las componentes del consumo de gas natural para uso residencial (R), comercial (C) y público o entes oficiales (EO), en Argentina son de carácter ininterrumpible y tienen características similares. Estas componentes del consumo son fuertemente termodependientes. La suma de los consumos R+C+EO constituyen aproximadamente el 30% del total del consumo de gas en Argentina (Figura 18).

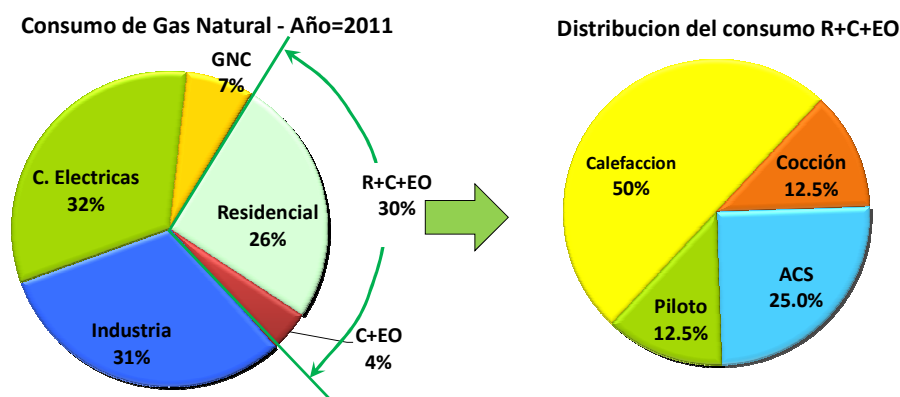


Figura 18. Distribución del consumo de gas. Año 2011. Aquí ACS significa agua caliente sanitaria.²⁵

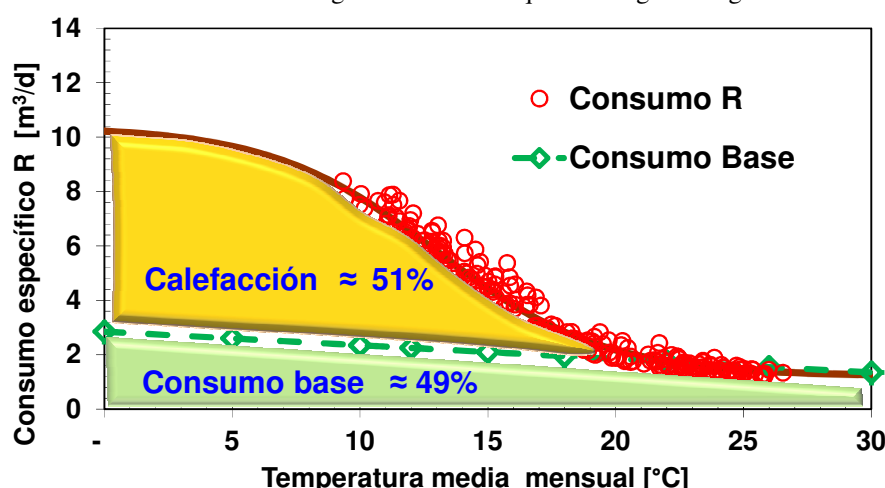


Figura 19. Variación de los consumos específicos R (residencial, círculos). La línea de puntos es una extrapolación del consumo base y muestra su dependencia con la temperatura. Los consumos específicos que se grafican son los promedios diarios mensuales como función de la temperatura media mensual.²⁵ El área sombreada indica el consumo asociado con la calefacción. Los datos corresponden a todo el país, entre los años 1993 a 2011, exceptuando la zona sur del país.²³

En la Figura 19 se muestra la variación del consumo específico medio, esto es el consumo por usuario y por día, en función de la temperatura para los usuarios residenciales (R). En esta figura se presentan los datos correspondientes a todo el país. La Figura 19 puede interpretarse de la siguiente manera: a altas temperaturas el uso de gas residencial se reduce a cocción y calentamiento de agua, que a altas temperaturas ($T > 20^{\circ}\text{C}$) tiende a un valor aproximadamente constante. Este consumo, asociado a la cocción y calentamiento de agua lo denominamos *consumo base*. A medida que la temperatura desciende por debajo de unos 17°C , comienzan a encenderse paulatinamente los calefactores. Cuando todos los calefactores de una vivienda están encendidos, el consumo alcanza un valor de saturación, para $T < 5^{\circ}\text{C}$. Si se extrapola en consumo base

($T > 20^{\circ}\text{C}$) a bajas temperaturas, puede separarse en consumo base de calefacción a todas las temperaturas, como se ilustra en la Figura 19.

Asimismo, si se grafica el consumo medio total para todos los usuarios R+C+EO, para todos los meses de un año, es posible separar el consumo asociado a calefacción del consumo base. En la Figura 20 se muestra la variación de este consumo total en todo el país a lo largo del año 2011. Este grafico se separa la componente de gas usado en el consumo base y los asociados a calefacción, en invierno. Se observa que la componente residencial sola de gas, destinado a la calefacción, varía entre 47% y 53%, dependiendo de la rigurosidad del invierno. En la combinación de consumos R+C+EO, la fracción de gas destinado a calefacción varía entre el 52% y el 56%. En primera aproximación podría decirse que el consumo base y de calefacción se reparten en forma similar el consumo R+C+EO.

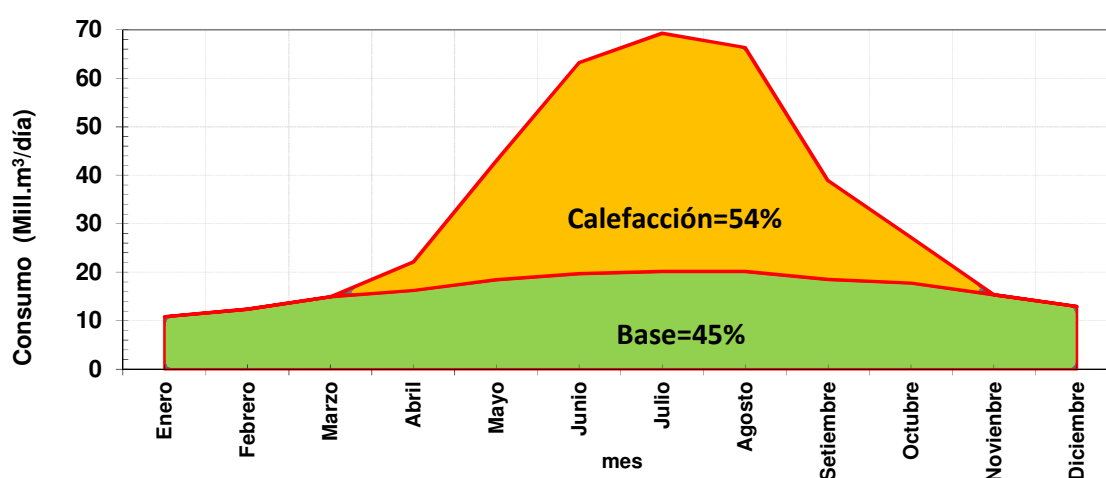


Figura 20. Consumos diarios promedio R+C+EO a lo largo del año 2011. Los consumos de los meses de verano permiten caracterizar los *consumos base*. Si se atribuyen los consumos adicionales en los meses más fríos al uso de calefacción, se puede ver que el consumo de calefacción de edificios varía entre el 52% y 56% del total del consumo R+C+E.O, dependiendo de la rigurosidad del invierno de cada año. Los datos corresponden a todo el país, no se incluye el consumo de GLP.²³

Mejoramiento en la aislación de casas y edificios: Varios estudios²⁴ indican que mejorando la aislación térmica de las paredes exteriores y techos con aislantes convencionales (lana de vidrio, poliuretano expandido de alta densidad, etc.), y sobre todo utilizando *diseños constructivos adecuados*, se puede disminuir la conductividad térmica en un factor de 4 o más. Otra mejora importante se puede lograr en ventanas con doble vidrio o doble vidrio hermético (DVH), que permiten en promedio una mejora importante en aislación respecto del vidrio simple. Desde luego, el uso de burletes de goma o similares pueden disminuir significativamente las infiltraciones de aire. Un factor 4 en la aislación térmica de viviendas, tendría un impacto en el consumo de energía para calefacción de magnitud similar. Esta mejora en la envolvente térmica también disminuiría los requerimientos energéticos de refrigeración. Actualmente en Argentina existe una norma IRAM de etiquetado de aislación térmica de envolventes, IRAM 11900. Si una vivienda convencional tipo H en la categorización del etiquetado, (quizás las más prevalentes en la actualidad) pasara a tipo E, tomando como base una vivienda tipo²³ de unos 65 m², su consumo en calefacción y refrigeración podría reducirse en un 50%. El incremento en costo de la construcción para llegar a esta categoría de etiquetado, según la

Norma IRAM 11900, sería del orden de 2 al 3% superior que si se construyera la misma vivienda en categoría H.

Por otra parte, con mejor aislación térmica, los artefactos requeridos para calefaccionar y refrigerar estos ambientes serían concomitantemente menores, lo que importaría mayores ahorros. El consumo de gas para calefacción es del orden de los 6 m³/día -en los días fríos- tal como se ve en la Figura 19. Si se realizaran tareas que mejoren la aislación térmica y haciendo una suposición conservadora, que las mejoras en aislación térmica fuesen sólo de un factor 2, el consumo en calefacción disminuiría en el mismo factor, o sea pasaría de 6 m³/día a unos 3 m³/día. Una mejora de este orden significaría, a nivel nacional, *ahorros del orden de 20 millones de m³/día*, si los 7 millones de usuarios de gas por redes adoptaran estas mejoras. La implementación parcial de estas medidas, de todos modos generaría ahorros, que tendrían directa relación con la proporción de viviendas mejoradas.

Otras estimaciones independientes, arrojan ahorros muy significativos por la implementación de mejoras en la aislación térmica de viviendas. En particular el grupo de INTI Construcciones concluye:²⁴ “Como resultado se llegó a un ahorro del 43% aproximadamente, aislando muros y techos, valor que puede superar el 50% si también se emplea doble vidriado hermético en las carpinterías.”

Así, queda clara la importancia de hacer los esfuerzos necesarios para corregir las malas prácticas constructivas. En ese sentido un logro significativo, es haber elaborado una norma de etiquetado de eficiencia energética para las viviendas, la citada norma IRAM 11 900. La reglamentación de esta norma, es decir, hacerla de carácter obligatorio o por lo menos estimular su aplicación, sería un importante aporte para mejorar la aislación térmica de las envolventes de casas y edificios.

Etiquetado de artefactos a gas: Uno de los primeros pasos para integrar a los usuarios al uso racional de la energía, es informarlos sobre las condiciones de eficiencia de los artefactos que pueden adquirir en el mercado. Es crucial comprometer e involucrar a los usuarios en un programa de racionalización en el uso de la energía. Los usuarios deben tener la mejor información posible a la hora de elegir un artefacto que vaya más allá de las consideraciones estéticas, de precio y de seguridad. En este sentido es importante concientizar al usuario para que evalúe la conveniencia de elegir un artefacto con buena eficiencia, ya que esto no sólo genera un beneficio económico a largo plazo sino que además asume responsabilidad por el cuidado del medio ambiente en el momento de elegir. En ese sentido, son oportunas las acciones que se están realizando en el ENARGAS, tal como revisar la normativa de artefactos a gas. Incorporar el etiquetado en los artefactos de gas de uso doméstico de uso más frecuente en la Argentina: cocinas, calefones, termotanques y calefactores de tiro directo y balanceado, es un aporte útil para estimular un uso más eficiente de la energía en Argentina.²⁵ Un aspecto importante de las nuevas normas es que se incluyen en la determinación de las eficiencias los efectos de pérdidas de energía como así también los consumos pasivos. Esta política se corresponde con la de la Secretaría de Energía de la Nación, que viene trabajando sostenidamente para implementar el etiquetado en electrodomésticos en el país.

El remplazo de los gasodomeísticos actuales, por los modelos más eficientes, Categoría A, podría aportar ahorros del orden del 10% en calefactores y termotanques, y

hasta del 25% en los calefones que eliminan el piloto convencional y lo remplazan por sistemas de encendido electrónico.^{24,27} Para aprovechar las mejoras en eficiencia de los *artefactos de calefacción*, es necesario coordinar con las mejoras en las envolventes térmicas de las viviendas.

Uso de sistemas de calentamiento de agua híbridos: estos sistemas de calentamiento de agua híbridos, utilizan energía solar (térmica) combinada con algún combustible (gas natural, gas licuado de petróleo (GLP) o electricidad). En especial en regiones que no tienen acceso a las redes de gas natural, esta alternativa contribuiría a lograr significativos ahorros en el presupuesto que las familias destinan a la compra de GLP o electricidad.

El consumo de gas para el calentamiento de agua sanitaria (ACS) es aproximadamente la mitad del consumo base. Por lo tanto se estima que el volumen de gas por usuario usado para este fin es de 1 m³/día. A esto habría que asociar 0,5 m³/día asociado al piloto en el caso de estos equipos actuales. Si además de los usuarios residenciales conectados a la red de gas natural (7 millones de usuarios),²³ consideramos los usuarios de gas licuado, no conectado a red (entre 3 a 4 millones), el número total de usuarios de gas o combustible equivalente es de unos 10 millones. De este modo el consumo asociado al calentamiento de agua en Argentina es de aproximadamente **15 millones de m³/día** de gas equivalente, incluyendo los usuarios de GLP.

Consumo Base de usuarios comerciales y entes oficiales: Si se considera la energía usada en el calentamiento de agua para usuarios comerciales y Entes oficiales, como se ve en la Figura 21, su consumo base de aproximadamente 8 m³/día, y unos 750 mil usuarios,²⁷ resulta en un consumo diario de calentamiento de agua para este sector de unos 6 millones de m³/día.

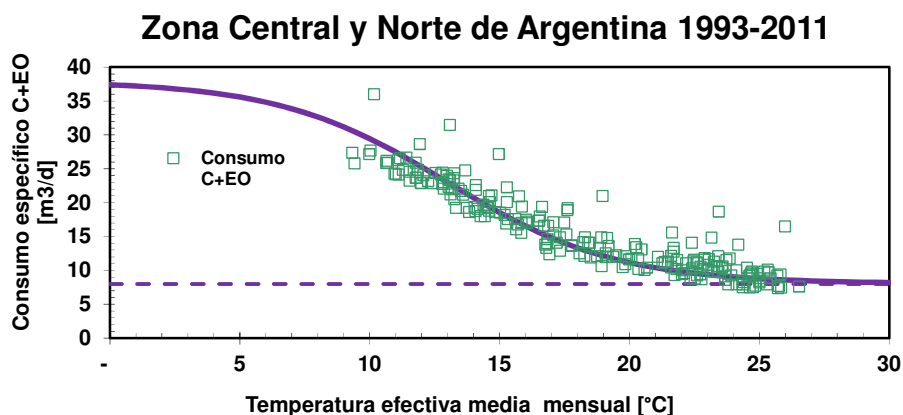


Figura 21. Variación de los consumos específicos comerciales (C) y de entes oficiales (EO) como función de la temperatura media mensual. La línea de trazos cortos indica el consumo base que es de 8 m³/día.²³

Si se supone que la mitad de este consumo se usa en calentamiento de agua, tendríamos que diariamente se utiliza del orden de 3 millones de m³ de gas en ACS en este sector del consumo. De este modo, podemos estimar el consumo total del país destinado al calentamiento de agua en aproximadamente **18 millones de m³/día** equivalentes (incluyendo al GLP), y unos **13,5 millones de m³/día de gas natural** (sin incluir GLP). Lo notable de este consumo base, es que tiene una perdurabilidad y continuidad a lo largo de todo el año

En la Figura 22 se muestra la distribución espacial promedio, de la irradiación solar diaria sobre un plano horizontal, para dos meses del año, elaborado por el Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar) de la Universidad Nacional de Luján.²⁶

Si consideramos un panel solar plano, orientado óptimamente en cada latitud, es posible obtener una radiación media en Argentina de unos 4,5 kWh/m². Este valor es una media para toda la región central y norte del país, donde se concentra más del 90% de la población. Con un colector solar de 3,5 m² de área, la energía solar que le llega es de unos 15,7 kWh por día, equivalente a 1,5 m³ de gas natural por día. En otras palabras, ***en solo 3,5 m², el Sol aporta el equivalente del gas requerido para calentar toda el agua sanitaria que usamos.*** Estimaciones preliminares indican que, en promedio, con equipos bien diseñados e instalados, podrían obtenerse ahorros de energía en el calentamiento de agua del orden del 75%.

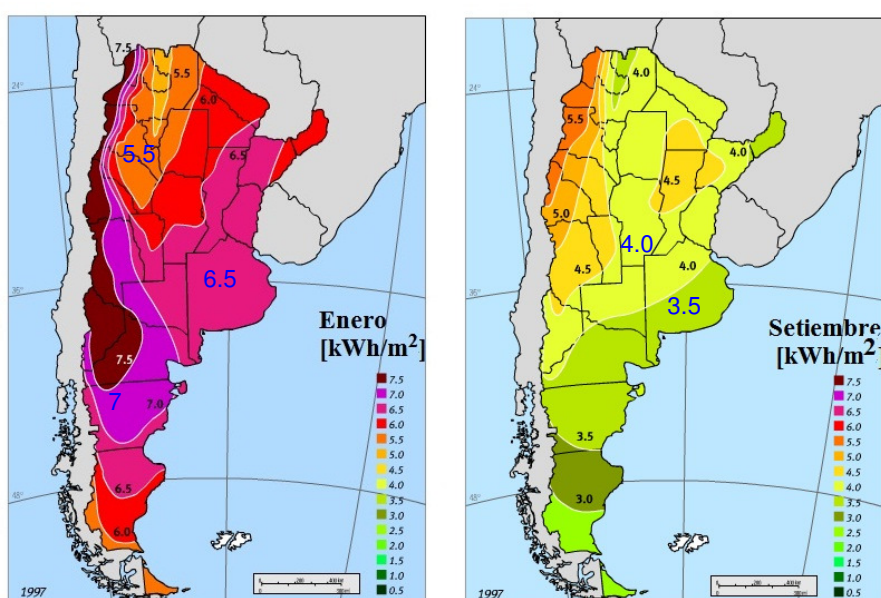


Figura 22. Distribución espacial promedio de la irradiación solar diaria sobre un plano horizontal, para dos meses del año, enero y septiembre.²⁷ Enero es representativo de los valores máximos de irradiación y setiembre de los valores medios. En casi todo el territorio argentino, 4 kWh/m² es un valor representativo del promedio, aunque en el norte los valores de irradiación son considerablemente mayores. 10,8 kWh tienen el mismo contenido energético que 1 m³ de gas natural.

El precio del Gas Natural Licuado (GNL) importado en Argentina, en los últimos años, rondó los 17 dólares/Millón de BTU. Estos precios varían en el tiempo y con el tipo de contrato que se realiza entre las partes. En Argentina podríamos considerar que el precio del GNL es de unos 15 dólares/Millón de BTU. Esto equivale a un costo del GNL de aproximadamente 0,52 dólares/m³. En 10 años, el ahorro de gas natural por usuario, sería de 1m³x3650=3650 m³ para el calentamiento de agua sanitaria. El costo de este volumen de gas sería del orden de 1920 dólares aproximadamente, ahorro que podría cubrir el costo actual del equipo de calentamiento de agua híbrido.

Los equipos híbridos sol-gas o sol-electricidad en Argentina tienen costos que oscilan entre 1000 y 2000 dólares, pero es previsible que al aumentar su demanda, dichos valores puedan reducirse considerablemente. Producir en el país este tipo de equipos, generaría como valor agregado, trabajo y empleo. Simultáneamente esta alternativa

reduciría considerablemente nuestras emisiones de GEI. Por lo tanto, creemos que el esfuerzo de evaluar la posibilidad planteada en este proyecto está bien justificada.

Un lugar donde esta tecnología puede ser de mucha utilidad es el de la región norte de Argentina. Además de poseer una irradiación solar considerable, hay una población dispersa, que haría que los costos de tendido de red de gas fueran muy grandes. El costo de las redes de distribución de gas se estima en aproximadamente 1200 dólares por usuario. Es decir que éste sería el costo de llegar con un caño a una vivienda en una zona urbana. No incluye el costo del gasoducto ni de la instalación interna o artefactos. Una instalación interna se estima en unos 700 dólares para una vivienda económica. De este modo, el costo de la instalación interna más los costos de red pueden estimarse en unos 2000 dólares.

Por lo tanto el uso de esta tecnología, sol-gas o sol-electricidad, podría ahorrar una importante inversión en tendido de redes en zonas de baja densidad, a la par de proveer las ventajas de tener agua caliente sanitaria a un costo reducido y minimizando los impactos ambientales. Si los usuarios residenciales disminuyen su consumo de gas para calentamiento de agua, no solo logran una disminución en sus erogaciones de servicio de gas, sino que liberan importantes volúmenes de este fluido para usos industriales y generación de electricidad. Dado que muchos de estos potenciales usuarios tienen limitada capacidad de cubrir las tarifas plenas, el estado podría reducir sus erogaciones de subsidios al consumo residencial si se implementase un sistema de calentamiento de agua híbrido en esta región del país.

En resumen, si la mitad de los usuarios residenciales, comerciales y entes oficiales, adoptaran esta tecnología para el calentamiento de agua sanitaria, podrían ahorrar del orden del 75% de su consumo de gas, el ahorro a nivel nacional sería de 6,75 millones de $\text{m}^3/\text{día}$ ($=0,5 \times 18 \times 0,75$).

Mitigación del sobre-consumo en el Sur del País: Para la misma temperatura, en el sur de la Argentina se observa un consumo de aproximadamente el doble que en el centro y norte del País.^{27,28} Este exceso de consumo es una consecuencia no deseada del sistema de subsidios actuales.

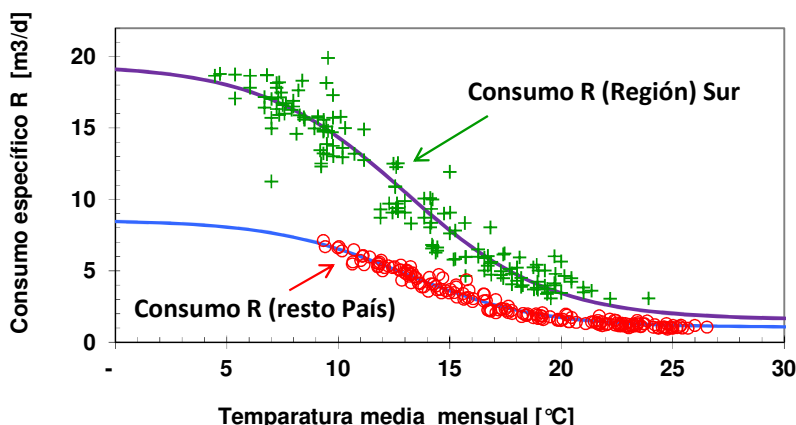


Figura 23. Variación de los consumos específicos residenciales en función de las temperaturas medias mensuales. Los símbolos circulares (rojos) representan los consumos residenciales específicos en todo el país, exceptuada la Zona Sur. Las cruces (verdes) representan los consumos específicos (R) observados en la Zona Sur. Las líneas continuas son las predicciones del modelo de consumo.

Si se realiza un análisis del consumo residencial en la zona sur del país, abastecida por Camuzzi Gas del Sur S.A., se observa que el consumo específico para cada temperatura es prácticamente el doble que en el resto del País. La Figura 23 ilustra este comportamiento.

Este patrón de consumo puede explicarse por la diferencia de tarifas. El precio del gas natural en la Zona Sur es prácticamente la mitad de la del resto del país y los subsidios existentes lo reducen aún más respecto del valor en otras regiones. Nótese, como hecho más importante a destacar, que este incremento de consumo de la Zona Sur respecto del resto de la Argentina, se observa a una misma temperatura, es decir, que para un mismo escenario térmico los usuarios residenciales del Sur consumen el doble que el resto de los usuarios.

En el sur las temperaturas medias son menores que en el resto del país, esto se ve reflejado en que los datos de consumos específicos de la Zona Sur se agrupan con mayor frecuencia (probabilidad) en la región de más bajas temperaturas (Figura 23). Es interesante notar que el sobre consumo es del orden de 4,5 millones de metros cúbicos diarios en los días de mayor consumo.²⁷

Consideraciones finales preliminares

En la Figura 24 se indica esquemáticamente cómo se modificaría el consumo medio diario de gas, en el sector Residencial + Comercial + Entes Oficiales (R+C+EO), si el 50% de los usuarios de estas categorías adoptaran medidas de eficiencia energética en la aislación térmica de las envolventes de edificio, y si asimismo el 50% de ellos usasen sistemas híbridos de calentamiento de agua. Como se observa, estas dos medidas solamente, podrían aportar ahorros en los meses de mayor consumo del orden de 16,5 millones de m³/día y un ahorro medio total del orden del 31% en este segmento del consumo.

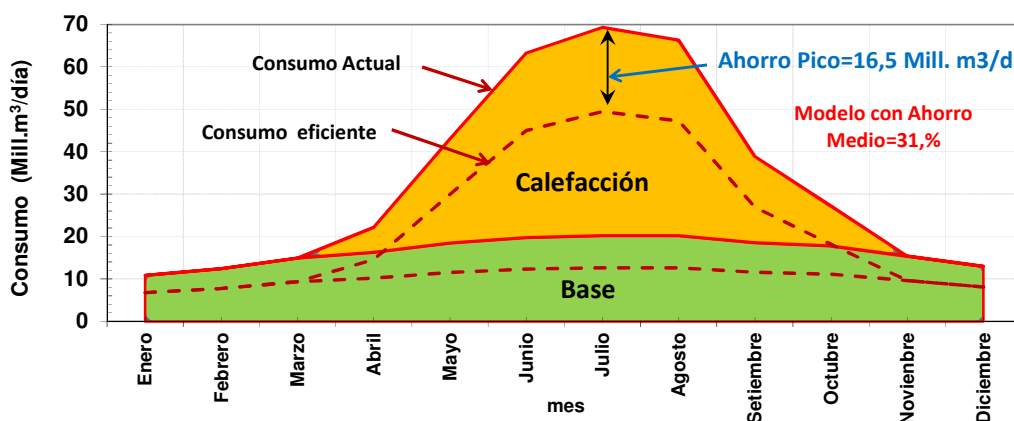


Figura 24. Distribución del consumo R+C+EO. Las líneas continuas son los consumos medios observados en el año 2011. Las líneas de trazos corresponden a los consumos previstos si el 50% de estos usuarios adoptaran medidas de aislación térmica de viviendas y calentadores de agua híbridos. El ahorro medio a lo largo de un año sería el 31%.

Conclusiones

Actualmente existe un 20% de la población mundial (unos 1300 millones de personas) que aun no tiene acceso a la electricidad. Las subvenciones a los combustibles fósiles superan los 400 mil millones de dólares al año a nivel mundial. El consumo de energía global, se espera que se duplique en los próximos 35 años.

Aunque parece probable que existan los recursos energéticos convencionales para suplir esta demanda, es imperioso adoptar medidas que reduzcan las emisiones de gases de efecto de invernadero. Para evitar el riesgo que la temperatura global sobrepase 2°C, es necesario que antes de 2017 se adopten medidas muy estrictas que disminuyan las emisiones de GEI. La inversión necesaria para implementar estas acciones son de orden del 1,4% del PBI mundial. Si se dilata la adopción de acciones concretas, es posible que el costo se cuadriplique, con consecuencias difíciles de prever.

A nivel nacional, hay muchas acciones que pueden adoptarse, que no solo pueden contribuir a disminuir las emisiones de GEI, sino que también permitirían eliminar la necesidad de importar gas y al mismo tiempo promover un importante desarrollo económico.

Existe un gran consenso, en que mejoras en la aislación térmica de edificios y viviendas tendría un impacto muy significativo en el consumo de energía. Utilizando tecnologías disponibles actualmente y que se encuadran en las normativas de IRAM sobre aislación térmica de envolventes, los ahorros de consumos estarían en el orden de 10 a 20 millones de m³/día, según que su implementación sea menos o más completa. Es importante señalar que estos ahorros se produciría fundamentalmente en los meses de mayor consumo, o sea los inviernos.

Un primer paso para mejorar las condiciones de aislación térmica podría comenzar con los edificios públicos de modo de generar un ejemplo social. Estos edificios: escuelas, universidades, etc.; adecuados para un uso eficiente de la energía, servirían de modelo y serían parte de una campaña educativa adecuada, para promover el URE. Igualmente, se podría generar estímulos, tarifarios o por subsidios, para que usuarios residenciales y comerciales certifiquen sus inmuebles, según normas adecuadas, las condiciones de aislación de sus viviendas. Una medida muy efectiva para lograr que las viviendas certifiquen en eficiencia energética, sería requerir dichos certificados a la hora de comprar, vender o alquilar una propiedad. Este requisito, combinado con incentivos económicos, estimularía a que los propietarios mejoren las condiciones de aislación de sus inmuebles.

Existe, asimismo, la posibilidad de mejorar la eficiencia de los artefactos a gas de uso doméstico en más del 10%; por lo tanto es prioritaria la implementación de un sistema de etiquetado de los gasodomésticos, informe a los usuarios el nivel de eficiencia de los artefactos. Sólo la mejora tecnológica que elimine los pilotos en los artefactos a gas, reemplazándolos por sistemas electrónicos de bajo consumo, podría lograr ahorros del orden de unos 2,5 millones de m³ diarios.

Un aspecto importante a tener muy en cuenta es la duración de los artefactos y las viviendas. Los artefactos domésticos tienen una vida útil de unos 5 a 10 años, mientras

las viviendas tienen una vida útil de 30 a 60 años. De este modo, deficiencias en la construcción de viviendas no sólo tienen un impacto en el consumo presente sino que sus efectos se continúan y extienden a lo largo de muchas décadas, con lo cual el problema de la eficiencia energética en las viviendas debe ser encarado en forma integral.

Estimaciones preliminares, sugieren que el ahorro de gas, utilizando equipos híbridos, sol-gas, podrían aportar ahorros del orden del 75% del consumo de gas utilizado en el calentamiento de agua sanitaria. Así, en 10 años se obtendría un ahorro por usuario de unos 1800 dólares de gas importado. Este monto cubriría el costo de los equipos híbridos. Por lo tanto resulta altamente atractivo estimular el desarrollo de esta tecnología en el país. La fabricación de estos quipos localmente generaría valor agregado y empleo. Así también, *esta alternativa reduciría considerablemente nuestra dependencia de gas importado a la par de disminuir nuestras emisiones de GEI*. Si la mitad de los usuarios residenciales, comerciales y entes oficiales, adoptaran esta tecnología para el calentamiento de agua sanitaria, se ahorrarían unos 6,75 millones de m³/día.

Por lo tanto resulta altamente atractivo estimular el desarrollo de esta tecnología en el país. Si la mitad de los usuarios R+C+EO adoptaran esta alternativa, se ahorraría unos 6.75 millones de m³/día. Así se reduciría considerablemente nuestra dependencia de gas importado a la par de disminuir nuestras emisiones de GEI. Agregado a esto, la fabricación de estos equipos localmente, cosa totalmente factible, generaría desarrollo económico y empleo.

Si un 50% de los usuarios R+C+EO adoptaran medidas de eficiencia energética en la aislación térmica de edificios y viviendas, y si el 50% de ellos usasen sistemas híbridos de calentamiento de agua, se podrían lograr ahorros en los meses de mayor consumo del orden de 15 millones de m³/día. Si recordamos que en el último año las importaciones de gas alcanzaron en promedio unos 23 millones de m³/día, estas medidas de eficiencia podrían en gran medida paliar este déficit. Es importante señalar, que a diferencia de lo que ocurriría con un yacimiento de gas de producción comparable a los indicados más arriba, los volúmenes liberados por la eficiencia, no requieren del desarrollo de una nueva infraestructura en el transporte y distribución de este gas, que lógicamente sí sería necesario en caso de un nuevo yacimiento.

Este análisis también sugiere que el actual esquema de subsidio del gas en la Zona Sur del país debe ser considerada cuidadosamente. Creemos que es posible modificar el esquema de subsidio de modo de desalentar el sobre consumo observado.

Además de los ahorros considerados en este trabajo, hay otros segmentos del consumo que pueden aportar ahorros muy significativos. Por ejemplo, en la generación eléctrica hay asimismo muchas posibilidades de lograr importantes ahorros mediante la cogeneración. Algo similar ocurre en la industria, tomando como parámetro de medición de la eficiencia la intensidad energética. Por último, en el transporte existen muchas posibilidades de mejorar la eficiencia tanto del servicio como de la utilización de la energía.

La experiencia internacional indica que en general es más barato ahorrar una unidad de energía que producirla. Así es como la Eficiencia Energética se convierte en un

protagonista fundamental de las matrices energéticas de los países desarrollados, ya que es una fuentes de energía de bajo costo que no contamina.

La eficiencia energética, requiere de un enfoque global. En ese sentido el Decreto 140/2007 del Poder Ejecutivo es claramente un avance importante. Sin embargo, la adopción de medidas tendientes a optimizar el consumo, muchas veces excede la incumbencia específica de un sólo organismo de regulación o agencia gubernamental y sería deseable generar un comité de coordinación transversal. Este comité debería orientar y coordinar acciones entre las distintas instituciones. En este sentido, la experiencia de otros países de la región (México, Chile, Brasil) puede ser de mucha utilidad. En particular un antecedente importante de analizar es el caso de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía de México, que tuvo mucho éxito en lograr su objetivo en ese país.

Agradecimientos. Deseo agradecer al Dr. Elio Di Bernardo Centro de Estudios Interdisciplinarios, de la Universidad Nacional de Rosario por haber motivado e inspirado este trabajo. A la Dra. A. Schwint y a los Ing. J. Boljover y R. Prieto por la atenta lectura del manuscrito y sus valiosas sugerencias.

Bibliografía

¹ The World Economy: a millennial perspective, by Prof. Angus Maddison, <http://www.theworldeconomy.org/>

² The World Economy: Historical Statistics From Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/The_World_Economy:_Historical_Statistics

³ *The future of energy*, Carlo Rubbia, 18th IAEA Fusion Energy Conference, Sorrento, Italy, 4th October 2000.

⁴ *Energy in the United States, 1635-2000*, Department of Energy USA. www.eia.doe.gov/emeu/aer/eh/frame.html

⁵ *Human Development Report 2006* – Naciones Unidas - <http://hdr.undp.org/>

⁶ IEA - *World Energy Outlook 2011*, www.worldenergyoutlook.org/

⁷ *International Energy Outlook 2011* - Energy Information Administration, DOE, www.eia.gov/ieo

⁸ *Statistical Review of World Energy 2012*, British Petroleum www.bp.com/statisticalreview.

⁹ *Exxon The Outlook for Energy through 2040*, www.exxonmobil.com/.../energy_outlook.aspx

¹⁰ World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United States April 2011, <http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/>

¹¹ *Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)* http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml

¹² *World Meteorological Organization, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 http://www.wmo.int/pages/partners/ipcc/index_en.html

¹³ IPCC. *International Panel on : Climate Change*. 2011. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation <http://www.ipcc.ch/>

¹⁴ "Optimal surface temperature reconstructions using terrestrial borehole data," M. E. Mann, et al. *J. Geophys. Res.* **108**, (D7), 4203, (2003)

¹⁵ "Global and hemispheric temperature anomalies – land and marine instrumental records". P.D. Jones, D.E. Parker, T.J. Osborn & K.R. Briffa (2005) . In *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/temp/jonescru/jones.html>

¹⁶ World Meteorological Organization, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 http://www.wmo.int/pages/partners/ipcc/index_en.html

¹⁷ IPCC - Trayectorias de emisión conducentes a la estabilización, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/mains5-4.html

¹⁸ Stern Review on the Economics of Climate Change, http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_summary.cfm

-
- ¹⁹ Secretaría de Energía de la Nación Argentina. Balance, Energético Nacional serie 1970-2010, <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2973>
- ²⁰ Energy Efficiency for a Sustainable World, A.Bloch Lovins, B. Laponche, S. Attali, B. Jamet, M. Colombier, ICE, 1997
- ²¹ *The Art Of Energy Efficiency: Protecting the Environment with Better Technology*, A.H. Rosenfeld, Annu. Rev. Energy Environ. 1999. 24:33–82 Annu. Rev. Energy Environ. 24:33–82 (1999). <http://www.nrdc.org/air/energy/appliance/app1.pdf>
- ²² Arthur Rosenfeld en Wikipedia : http://en.wikipedia.org/wiki/Arthur_H._Rosenfeld y California Energy Commission <http://www.energy.ca.gov/commissioners/rosenfeld.html>
- ²³ ENARGAS www.enargas.gov.ar (Transporte y Distribución, Datos operativos)
- ²⁴ *Ahorro Energético En El Consumo De Gas Residencial Mediante Aislamiento Térmico En La Construcción*, V. L. Volantino, P. A. Bilbao, Unidad Técnica Habitabilidad Higrotérmica – INTI Construcciones -Instituto Nacional de Tecnología Industrial, P. E. Azqueta, P. U. Bittner, A. Englebert, M. Schopflocher, Integrantes del Comité Ejecutivo de INTI Construcciones; Comisión de Trabajo URE en Edificios <http://www.mastropor.com.ar/Novedades/07AHORRO.pdf>, http://www.inti.gov.ar/construcciones/pdf/ahorros_aislamiento_termico.pdf
- ²⁵ *Etiquetado de artefactos a gas, Hacia un uso más eficiente de la energía*, S. Gil, E. Bezzo, M.A. Maubro J. M. Miotto y R. Prieto, Petrotécnia (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas) LII, N08, (pag. 104-111)
- ²⁶ “*Atlas de Energía Solar de la República Argentina*”, Hugo Grossi Gallegos y Raúl Righini, elaborado por, del Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar) de la Universidad Nacional de Luján. <http://www.gersol.unlu.edu.ar/pagina3.htm>
- ²⁷ *Posibilidades de ahorro de gas en Argentina- Hacia un uso más eficiente de la energía* S. Gil, Petrotécnia (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas) L, N^o2, (pag. 80-84) Abril (2009)
- ²⁸ *Eficiencia en el uso del gas natural en viviendas unifamiliares de la ciudad de Bariloche*, A. D. González, E. Crivelli, S. Gortari, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 10, p(07-01)2006.