

Gas natural en la Argentina: presente y futuro

Salvador Gil

Escuela de Ciencia y Tecnología, UNSAM, y Departamento de Física, FCEyN-UBA

*‘¿Tendremos suficiente gas para calefaccionar nuestras casas este invierno?’,
‘¿habrá cortes de electricidad este verano?’, se plantean frecuentemente
los usuarios y la prensa. Estas preguntas son pertinentes ya que nuestra
supervivencia y estilo de vida dependen críticamente de estos insumos energéticos.*



La disponibilidad de energía es crucial para lograr un proceso de crecimiento y desarrollo sustentable en el tiempo. El éxito de una política energética es lograr un equilibrio entre el incremento de la demanda y el desarrollo de nuevas fuentes de energía, con el menor impacto en el medio ambiente y al menor costo posible. Lograr este objetivo es quizás uno de los mayores desafíos de las actuales conducciones políticas de nuestro país y del mundo.

Para poder administrar y generar políticas energéticas es necesario disponer de modelos confiables de proyección de la demanda de energía. Estos modelos deben ser capaces de predecir los consumos en el corto plazo (pocos días) y también a largo plazo (algunos años). Por una parte es necesario predecir los picos de demanda a corto plazo producidos en

general por condicionantes climáticos. Por otra parte, se requiere un tiempo de varios años entre la toma de decisiones y la concreción de cualquier plan de abastecimiento de energía. Todo país, y la Argentina no es la excepción, debe disponer de herramientas confiables de predicción de la demanda futura de energía en el corto, mediano y largo plazo.

En este artículo vamos a revisar el estado actual de la demanda de energía en el país y mostraremos una forma de modelar y proyectar el consumo futuro de gas. Con ellos podemos estimar las demandas a mediano –uno a tres– y a largo plazo –cuatro a quince años-. Aunque varios de los conceptos que discutiremos son útiles para elaborar modelos de corto plazo –uno a cuatro días– no abordaremos este tema.

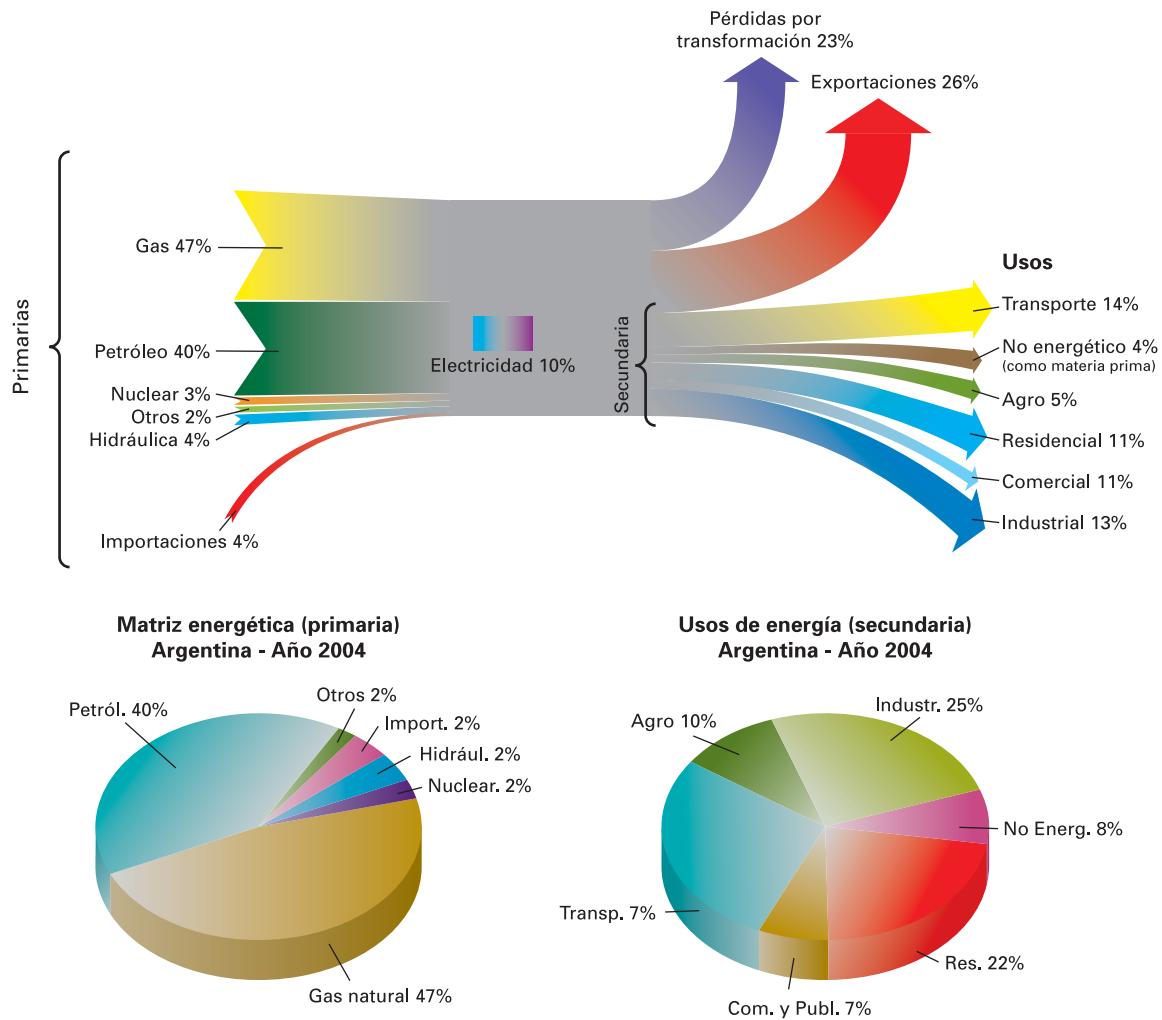


Figura 1. Arriba, flujo de energía primaria (oferta total) y sus usos. Abajo, matriz energética primaria (izquierda) y distribución de la energía secundaria según su uso (derecha). Los datos corresponden a toda la Argentina para el año 2004. 'Agro' indica el uso de energía en actividades agropecuarias. 'Com. y Publ.' indica la componente de uso comercial y en instituciones públicas gubernamentales o privadas. 'No Energ.' indica el uso de productos energéticos como materia prima para la producción de insumos (plásticos, fertilizantes, etc.). 'Pérdidas por transformación' corresponde a la energía que se pierde en la transformación de energías primarias en secundarias (por ej., generación eléctrica o producción de combustibles refinados) y los consumos propios asociados al transporte de energía. (Fuente de los datos: Secretaría de Energía de la Nación.)

¿Cuáles son las fuentes de energía en la Argentina?

Llamamos fuentes primarias de energía a aquellas que se extraen directamente de la naturaleza, como la leña, el carbón, el petróleo y el gas. También son fuentes primarias aquellas que no se obtienen a partir de otras fuentes, como la nuclear, la hidroeléctrica, la solar y la eólica. Las fuentes secundarias son las que no se extraen directamente de la naturaleza sino que se obtienen a partir de fuentes primarias: la electricidad, el gasoil, el fuel oil, la nafta, el kerosén, el gas licuado, son ejemplos de fuentes secundarias. La matriz energética argentina, o sea la distribución de las distintas fuentes de energía primaria que se emplean en el país, depende fuertemente de los combustibles fósiles. Los datos se muestran en la figura 1 donde se aprecia que el petróleo y el gas contabilizan el 90% de la energía que se produce y consume.

En el mundo, la participación de las distintas fuentes de energía primaria en la matriz energética global ha variado a lo largo de tiempo. A principios de la revolución industrial, el carbón fue la fuente principal. Al iniciarse el siglo XX el petróleo tuvo un gran crecimiento, alcanzando un pico de participación en los años 70. En las últimas décadas el gas natural fue la fuente de mayor crecimiento. En 1970, la Argentina dependía en un 62% del petróleo y solo en un 15% del gas natural (figura 2). A partir del año 2002, el gas natural se convierte en la fuente prima-

ria más importante del país al alcanzar el 48% frente al 42% del petróleo. La Secretaría de Energía estima que las reservas actuales de gas y petróleo alcanzan a los doce y nueve años respectivamente.

Dada la relevancia del gas natural en la matriz energética argentina, describiremos las características del consumo de este combustible y discutiremos brevemente el consumo de electricidad, ya que una parte importante del gas se usa para la producción eléctrica. En este caso, el objetivo es determinar la evolución de los promedios anuales de consumo de electricidad.

Características del consumo de gas natural en la Argentina

El consumo total de gas en la Argentina tuvo en 2005 la distribución que se muestra en la figura 3. Como cada componente tiene un comportamiento diferente para la construcción de los modelos se las analizó por separado usando datos históricos. Estos modelos describen su comportamiento en función de diferentes variables explicativas como el producto bruto interno (PBI), el número de usuarios o la temperatura. Su capacidad predictiva se evalúa usando datos reales de años recientes.

Consumo de electricidad

Las principales fuentes de producción de electricidad durante 2005 se muestran en la figura 4 donde se ilustra la participación que tienen las centrales eléctricas térmicas que usan combustibles fósiles.

Existe un razonable consenso en diversificar las fuentes de energía eléctrica llevando la generación térmica de electricidad a niveles del orden del 50% del total. Como la eficiencia de las centrales térmicas modernas es también del orden del 50%, resulta que la cantidad de gas necesario para alimentar estas

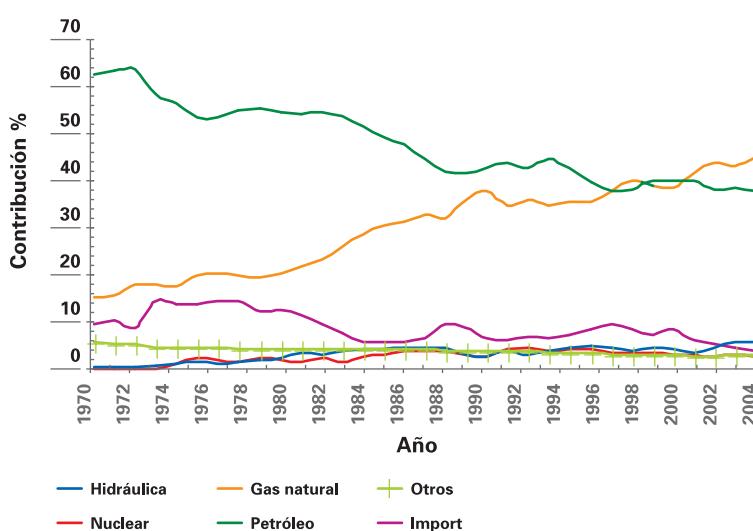


Figura 2. Variación en el tiempo de la oferta interna de la matriz energética primaria en la Argentina. La línea naranja representa el consumo de gas natural. Se observa que a partir del año 2001 el gas natural supera al petróleo, convirtiéndose desde entonces en la fuente primaria dominante. En 'Otros' se incluye el consumo de carbón, leña, bagazo, eólica, etc. (Fuente: Secretaría de Energía de la Nación.)

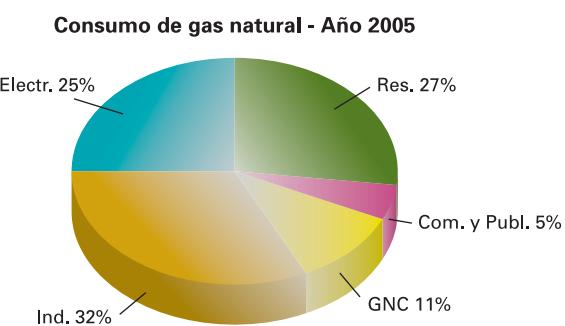


Figura 3. Distribución del consumo de gas según su uso en la Argentina para el año 2005. (Fuente de los datos: Enargas.)

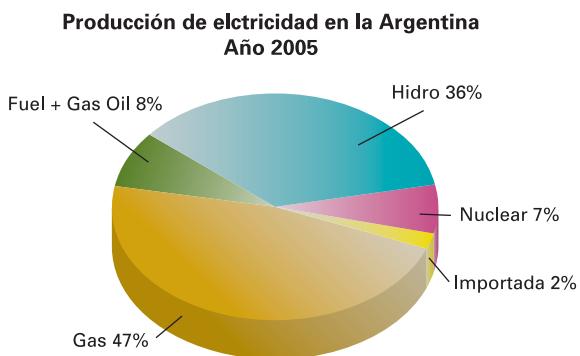


Figura 4. **Producción de electricidad en la Argentina para el año 2005.** La componente hidráulica tiene una variabilidad dependiente del caudal de los ríos. (Fuente de los datos: Secretaría de Energía de la Nación.)

centrales debe tener un contenido energético igual al doble de la energía eléctrica producida. En otras palabras, suponemos que la cantidad de gas necesaria para producir electricidad debe tener un contenido energético similar al consumo total de electricidad. De este modo, es posible proyectar el consumo anual de gas para la producción de electricidad.

Un modelo adecuado para proyectar la evolución del consumo medio anual de electricidad consiste en utilizar como variables explicativas: el PBI, el promedio del PBI de los cuatro años anteriores, y el tiempo. El uso del PBI como variable explicativa de los consumos eléctricos es claro; una mayor actividad económica requiere de un mayor uso de energía para la producción y las actividades de la sociedad. Al introducir el concepto de PBI promediado en años anteriores se tiene en cuenta el efecto de arrastre o inercia en el consumo. Después de años de gran expansión económica, los usuarios (residenciales, comerciales e industriales) adquieren nuevos artefactos y maquinarias, que aún después de un período de bonanza requieren y demandan energía. El incluir al tiempo como variable explicativa tiene dos razones principales. Por un lado la población aumenta progresivamente con el correr del tiempo lo que aumenta el consumo; por el otro, el progreso tecnológico introduce nuevos artefactos, máquinas y procedimientos que en general generan una mayor demanda de energía. Estos dos últimos efectos, el promedio del PBI de los años anteriores y el tiempo, son los responsables de que, en períodos de recesión importantes como los acaecidos en la Argentina a principios de la década de 2000, los consumos industriales y eléctricos no disminuyan en la misma proporción que lo hace el PBI.

Usando estas variables explicativas nuestro modelo sirve para ajustar los datos reales de consumo eléctrico con bastante precisión (figura 5).

Esta se mide mediante un coeficiente que se denomina 'de correlación' y que vale 1 en el caso de ajuste perfecto a todos los datos. En este caso el coeficiente de correlación fue de 0,98.

Un indicador útil de analizar de es la *intensidad energética*, definida como el cociente del consumo total de electricidad dividido por el PBI a valores constantes. La intensidad energética expresa la cantidad de energía que se requiere para producir una unidad de PBI y sirve para evaluar la eficiencia en los usos de la energía. En los EEUU y Europa Occidental se observa que esta variable ha estado disminuyendo en las últimas décadas, lo que refleja un uso cada vez más eficiente de la energía. En la Argentina, al igual que en el resto de América Latina, se observa que la intensidad energética aumenta con el tiempo.

Otro indicador importante es la *elasticidad de la demanda*, definida como el cociente entre la variación porcentual del consumo de energía y la variación porcentual del PBI en el mismo período. Este índice da una idea de cuánto aumenta la demanda de energía por cada punto de crecimiento del PBI. Debe ser tomado con mucha precaución ya que no tiene un valor estable en el tiempo. Para el caso eléctrico, su valor ha fluctuado bastante a lo largo de las dos últimas décadas; el promedio de los últimos tres años y los resultados de nuestras proyecciones dan un valor medio de aproximadamente 1,4. Esto quiere decir que la demanda eléctrica crece aproximadamente un 40% más rápido que la

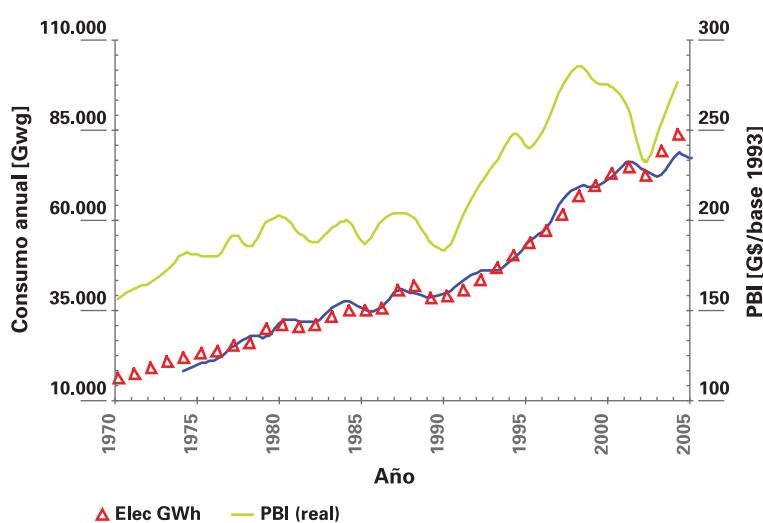


Figura 5. **Consumo anual de electricidad en la Argentina, símbolos triangulares rojos, referidos al eje vertical izquierdo. La variación del PBI a valores constantes, tomando como base el año 1993, se muestra con la línea llena verde, referida al eje vertical derecho.** Nótese que la demanda eléctrica se duplicó entre los años 1970 y 1986 y de nuevo entre 1986 y 2001. Los resultados del modelo propuesto se indican con la línea continua azul. Este ajuste tiene un coeficiente de correlación R²=0,98. (Fuente de los datos: Secretaría de Energía de la Nación.)

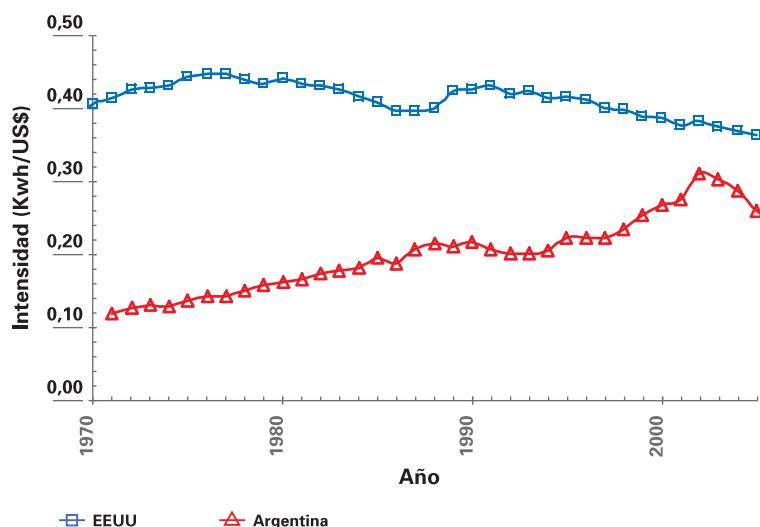


Figura 6. Evolución de la intensidad de uso de energía eléctrica en la Argentina y EEUU. En los primeros años de la década de los 80, en EEUU hubo un esfuerzo sostenido para mejorar la eficiencia de consumo, como consecuencia de la crisis energética de los 70 y los altos precios del petróleo. A finales de los 80 el precio del petróleo cae y la eficiencia disminuye. A partir de los 90 se observa una mejora progresiva en la eficiencia en EEUU. Por su parte en la Argentina, al igual que en varios países latinoamericanos, se observa un incremento sostenido de la intensidad. Esto indicaría que tal vez no estemos evolucionando hacia un uso suficientemente eficiente de nuestros recursos energéticos.

variación del PBI. La elasticidad es un parámetro que debe tomarse solo de modo indicativo para un período corto ya que su valor dista mucho de permanecer constante a lo largo del tiempo y no es aconsejable realizar proyecciones a mediano plazo utilizando este índice.

En la Argentina el consumo eléctrico se duplicó entre los años 1970 y 1986, y de nuevo entre 1986 y 2001. En otras palabras, entre 1970 y 2001 el consumo eléctrico se cuadriplicó mientras que el PBI solo aumentó un 75% en el período. A modo de comparación, en EEUU entre los años 1976 y 2005 el consumo eléctrico se duplicó, y el PBI aumentó en un 245%, indicando una elasticidad promedio de 0,81. Estos datos sugieren que es posible y deseable hacer un uso más eficiente de los recursos energéticos.

Debe quedar claro que el aumento de la demanda eléctrica, según nuestras hipótesis de trabajo, implica que la oferta eléctrica con fuentes primarias distintas al gas natural (nuclear, hidroeléctrica, eólica, etc.) también debe incrementarse de modo de suplir el otro 50% de la demanda no abastecida por gas natural.

Consumos de gas residencial y comercial

La componente de consumo compuesta por el uso residencial (R), comercial (C) y entes oficiales

(EO) es de carácter ininterrumpible; es decir, la prestación de estos servicios no prevé interrupciones y está en el tope de las prioridades de abastecimiento del sistema de gas conforme a la normativa vigente. Una fracción importante del gas también se consume de manera interrumpible. Los usuarios bajo esta forma de contratación son los grandes usuarios y las centrales eléctricas. Esta modalidad de suministro mejora considerablemente la eficiencia de todo el sistema de producción y transporte de gas. Esto se debe a que los consumos residenciales y comerciales tienen una gran variación en sus demandas en función de la temperatura. Estas demandas presentan picos de consumo muy grandes pero de corta duración. Como los sistemas de transporte se diseñan para abastecer a dichos picos, de no existir la forma de contratación interrumpible, el sistema de transporte sería subutilizado gran parte del año, con el consecuente costo que ello implica.

A modo de ejemplo, en la figura 7 se muestra la variación del consumo específico mensual promedio, esto es el consumo medio por usuario, en función de la temperatura media mensual para los usuarios residenciales (R) y comerciales más entes oficiales (C+EO). Los datos corresponden a todo el país. La figura 7 es representativa de prácticamente todas las regiones estudiadas y 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 tiende a un valor constante.

A medida que la temperatura disminuye, el consumo aumenta por la necesidad de un mayor aporte de energía para la cocción, el calentamiento de agua y fundamentalmente en la calefacción. Una vez que toda la calefacción existente en las residencias se ha encendido, el consumo de gas tiende a estabilizarse en su valor máximo. Este es un dato de mucha relevancia en el sistema argentino y la forma de esta dependencia del consumo específico con la temperatura puede modelarse muy bien. Los consumos específicos residenciales y la suma de comerciales más entes oficiales tienen una dependencia muy regular con la temperatura, y son independientes del tiempo y del contexto económico. De este análisis es posible afirmar que durante el período 1993 a 2005, el comportamiento de los usuarios R y C+EO fue muy poco elástico y constante en el tiempo. *Es decir, los patrones de consumo por usuario R y C+EO solo dependen de la temperatura y no del tiempo.*

Como ensayo, el modelo se usó para ‘predecir’ los consumos de 2006 que luego se compararon con los consumos efectivamente ocurridos. El ensayo fue exitoso y le otorgó confiabilidad al modelo. Desde luego, esta observación debe ser reexaminada periódicamente para constatar su vigencia, pues

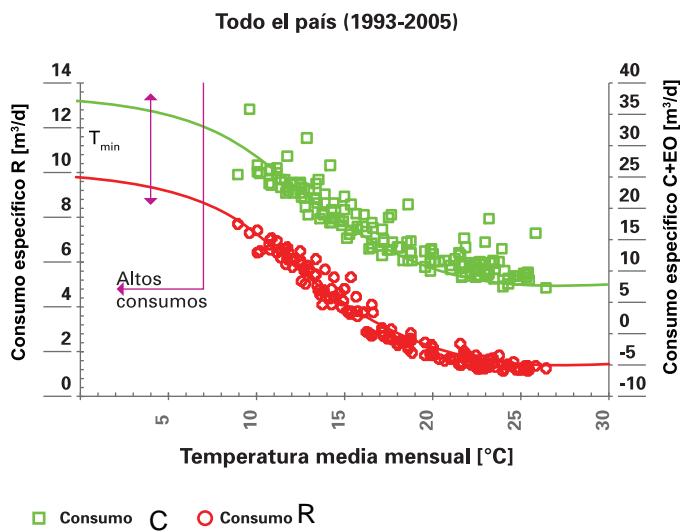


Figura 7. Variación de los consumos medios por usuario o específicos; R (residencial), círculos referidos al eje vertical izquierdo, y Comercial y Entes Oficiales (C+EO), referidos al eje vertical derecho. Los consumos específicos que se grafican son los promedios diarios mensuales como función de la temperatura media mensual. Los datos corresponden a todo el país. (Fuente de los datos: Enargas.)

es posible que cambios significativos en el precio del gas o en las tecnologías usadas puedan alterar este comportamiento. La relevancia de las curvas continuas de la figura 7 es muy significativa, ya que ella depende de solo cuatro parámetros. De este modo, es posible construir un modelo muy simple y robusto para proyectar los consumos R y C+EO.

Por su parte, el cambio en el tiempo del número de usuarios R y C+EO, ilustrado en la figura 8, muestra una variación suave y con tendencias que permiten proyecciones confiables en el corto y mediano plazo, en particular una vez que las transformaciones económicas y sociales se estabilizan. Por ejemplo, el número de usuarios R tiene una tendencia bien definida hasta noviembre de 2001 y otra también definida, aunque distinta, con posterioridad al año 2002. En otras palabras, en el sistema argentino, las recesiones afectan al número de usuarios pero no sus pautas de consumo.

De esta forma, es posible realizar modelos de proyección para estas componentes del consumo (R y C+EO) que dependen, por una parte, de las temperaturas medias y por otra del número de usuarios. Si bien no es posible conocer las temperaturas del futuro, es razonable suponer que los escenarios térmicos que se presentarán en un futuro a unos pocos años vista, serán similares a los que han ocurrido en los años recientes.

Para proyectar el número de usuarios R y C+EO se consideró que la tasa de crecimiento del número de usuarios disminuye linealmente desde los valores actuales hasta alcanzar el crecimiento vegetativo al fin del período de análisis (año 2025).

Demanda de gas natural comprimido (GNC)

El consumo de GNC en la Argentina ha tenido en general un gran crecimiento a lo largo de su relativa corta historia. Se lo comenzó a utilizar en el año

Todo el país

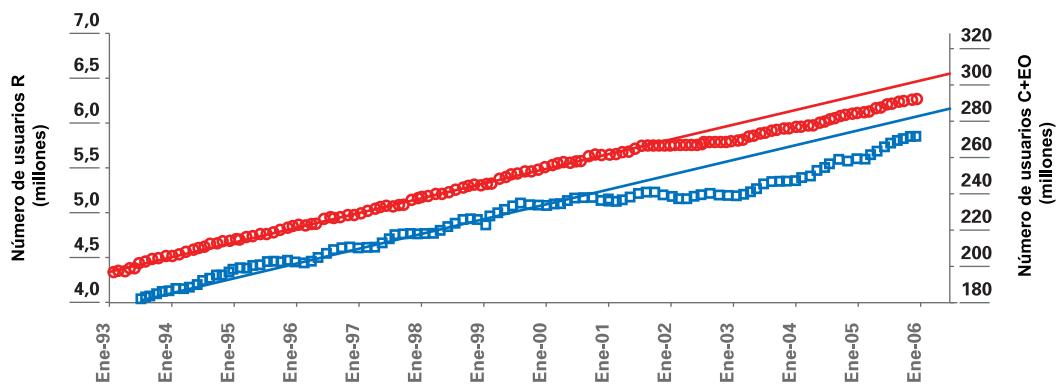


Figura 8. Variación del número de usuarios R y C+EO, en el ámbito de todo el país. Se observa que el número de usuarios tiene un comportamiento de variación suave y con tendencias fácilmente caracterizables y simples de modelar. (Fuente: Enargas.)

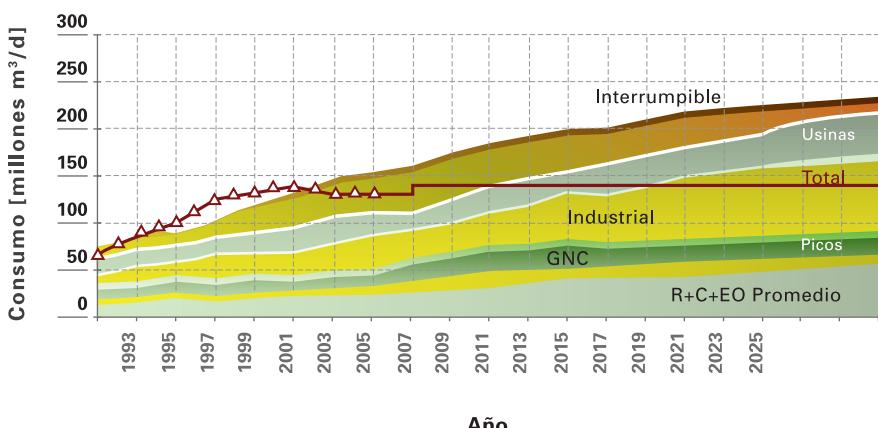


Figura 9. Variación del consumo de gas natural en la Argentina a futuro, suponiendo que el país registre crecimientos similares a los observados en España en los últimos 30 años, escenario ‘a la española’. Nótese que en este caso, con un crecimiento anual promedio de PBI del orden del 4,2%, el consumo de gas se duplicaría en los próximos 24 años. Los triángulos marrones indican la evolución de la oferta de gas natural en la Argentina.

1984 y actualmente el 20% del total del parque automotor corresponde a vehículos impulsados a GNC. Este crecimiento no fue parejo y ha sufrido variaciones importantes en los últimos años. Desde hace más de doce años, la Argentina es el país con el mayor parque automotor impulsado a GNC, con más de 1.400.000 unidades.

El consumo de GNC no tiene una dependencia con la temperatura, aunque sí tiene una cierta estacionalidad. En particular se observa una disminución en el consumo en los meses de enero (-15%) y febrero (-10%). Esta disminución en los meses de verano probablemente esté asociada a la disminución de la actividad económica como consecuencia

de las vacaciones. También el traslado, en vacaciones, de una fracción de los vehículos a zonas sin abastecimiento de GNC, puede contribuir a la disminución del consumo.

Demanda de gas natural total a mediano y largo plazo

Un dato importante para predecir el consumo es la evolución futura del PBI del país. Esta variable, en el caso de la Argentina, mostró un comportamiento más bien errático, como se ilustra en la figura 5. Decidimos entonces elaborar varios escenarios posibles de evolución del PBI. Por ejemplo, y quizás el más pesimista, es suponer que el comportamiento que tuvo el PBI en la Argentina en los últimos 30 años es característico del país y por ende posible de repetirse en el futuro. En este escenario, se aplica el crecimiento que mostró el PBI en los últimos 30 años a los próximos 30 años. La única salvedad es que, para tener un empalme suave entre la situación actual y la futura, suavizamos el crecimiento actual (cerca al 9%) con el crecimiento de los próximos dos años.

Es interesante destacar que el crecimiento promedio de la Argentina en los últimos 30 años fue de 1,6%, inferior al crecimiento vegetativo, que fue del 1,9%. Otro escenario de crecimiento, sería suponer que la evolución de PBI futuro tendrá las oscilaciones que tuvo el PBI argentino en el pasado, pero con un crecimiento promedio mejorado de 2,4%. Este escenario lo denominamos ‘a la argentina mejorada’.

Otra posibilidad quizás extremadamente optimista, sería suponer un crecimiento alto, similar a los

Tabla 1

Escenario de crecimiento	Crecimiento promedio del PBI (%)	Número de años en los que el consumo de gas natural duplicaría su valor actual	Número de años en los que el consumo eléctrico duplicaría su valor actual
‘a la argentina histórica’	1,8	35	23
‘a la argentina mejorada’	2,5	32	17
‘a la española’	4,2	24	14
‘a la EEUU’	3,5	30	16
‘a la china’	6,3	22	11

registrados en el lejano oriente y que denominamos ‘a la China’. En este caso aplicamos los crecimientos observados en China en los últimos 30 años (crecimiento promedio anual del 6,3%) a la Argentina, siempre usando la técnica de empalme suave. Asimismo pueden adoptarse otros modelos quizás más realistas como los modelos ‘a la Canadá’ (crecimiento promedio anual del 4,0%) o ‘a la española’ (crecimiento promedio anual del 4,2%).

Lo que encontramos usando estos tipos de modelos de crecimiento es que el consumo de gas natural se duplicará en los próximos 22 a 35 años y que el eléctrico lo hará en los próximos 11 a 23 años (ver la tabla 1).

Es interesante señalar que aun con las bajas tasas de crecimiento registradas en la Argentina en las últimas tres décadas, el consumo eléctrico se fue duplicando cada 15 años como se deduce de mirar la figura 5. En el transcurso de estas tres décadas el PBI solo creció en un 75%. Por lo tanto, los datos indicados en la tabla 1 no son inconsistentes con lo ya acontecido. Similarmente, el consumo de gas natural se duplicó en los 20 años que transcurrieron entre 1985 y 2005.

Un modo útil de apreciar la variación en el consumo de energía, es tomar un año como referencia

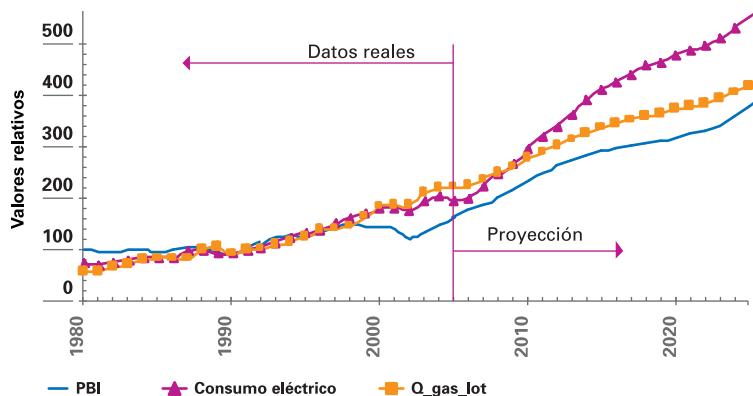


Figura 10. Variación del PBI y de los consumos eléctricos y de gas natural tomando el valor 100 para estas variables en el año 1990. Se supone un crecimiento ‘a la española’ para el PBI. Nótese que tanto el incremento del consumo de gas como de electricidad superan el crecimiento del PBI, tanto en los datos efectivamente observados en los últimos 15 años como en las proyecciones obtenidas usando nuestros modelos.

(1990) y arbitrariamente normalizar a este año los consumos de energía y el PBI a 100 unidades relativas. Luego observamos en esta escala normalizada la evolución de estas variables en el tiempo. Este tipo de gráficos se muestra en la figura 10 para el

Costo de la energía en la Argentina

La energía se mide en Joules (J) o en calorías (cal) o kilowatt·hora (kWh) o también en BTU (1 BTU=1056 J= 252 cal=293 $\times 10^{-6}$ kWh). La potencia es el trabajo que se realiza en la unidad de tiempo, se mide en Watt (W= J/s). Por ejemplo, si una persona de 70 kg sube 4 pisos (10 m), el trabajo realizado será de aproximadamente 7000 J. Una persona bien entrenada puede hacerlo en 30 segundos mientras que otra menos entrenada lo hace en 60 segundos. La primera desarrolla una potencia de 233 W y la segunda de 115 W. Una persona bien entrenada puede desarrollar alrededor de unos 250 W solo por unos pocos minutos. En general la potencia que una persona normal puede desarrollar a lo largo de varias horas es del orden de unos 20 a 40 W. Un caballo puede producir una potencia cercana a 1000 W (1 kW) en condiciones de régimen. Es interesante comparar estas potencias con las que consumimos en una casa pequeña. Si tenemos 5 lámparas encendidas (300 W), una heladera (200 W), un televisor (100 W) y una computa-

dora (200 W), estaríamos consumiendo unos 800 W, es decir la potencia producida por unas 20 personas. Un automóvil compacto, tiene una potencia de unos 150 kW; equivalente a la potencia de unos 3750 hombres! Si calculamos el trabajo total que puede hacer una persona trabajando 8 horas diarias por un año, su valor

es de unos 80 kWh (o sea 288.000.000 J). Esta energía equivale al contenido energético de 7 litros de nafta o a 8,3 m³ de gas natural. A los precios de mercado el trabajo mecánico producido por un hombre en un año costaría \$14 si se lo mide en litros de nafta o a \$2,3 si se lo mide en m³ de gas natural.

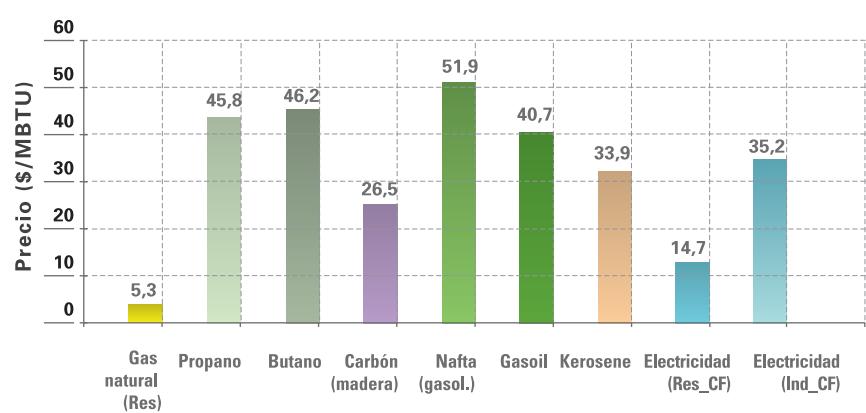


Figura 1. Comparación del precio de un mega BTU (MBTU) de energía de varios combustibles y electricidad, a valores de mercado en la Argentina. Un MBTU equivale a unos 27,1 m³ de gas natural o 26 litros de nafta o 293 kWh. Es claro que en la Argentina el gas natural es el combustible más económico.

Energía en el mundo: Consumo de energía y desarrollo humano

El fuego fue uno de los grandes inventos de nuestra civilización. El fuego 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. A partir de la revolución industrial, el uso de combustibles fósiles se incrementó notablemente. Se usó primero el carbón mineral, luego el petróleo y más recientemente el gas natural, situación que no se espera que se modifique significativamente en la próxima década.

El consumo mundial de energía per cápita creció fuertemente a partir del siglo XX. De acuerdo con proyecciones del Departamento de Energía de los EEUU (DOE) el consumo de energía y el PBI aumentarán en los próximos 20 años a tasas de aproximadamente 2,5%, mayores que la tasa de crecimiento vegetativo (menor al 1%). Estas mismas proyecciones indican que las tasas de crecimiento económico y el consumo de energía serán mayores en los países emergentes que en las economías desarrolladas. Se espera que los precios de la energía se estabilicen a valores inferiores a los alcanzados a fines de 2005. La demanda total de energía crecería el 70% en los próximos 20 años mientras que en las economías

Consumo mundial de energía

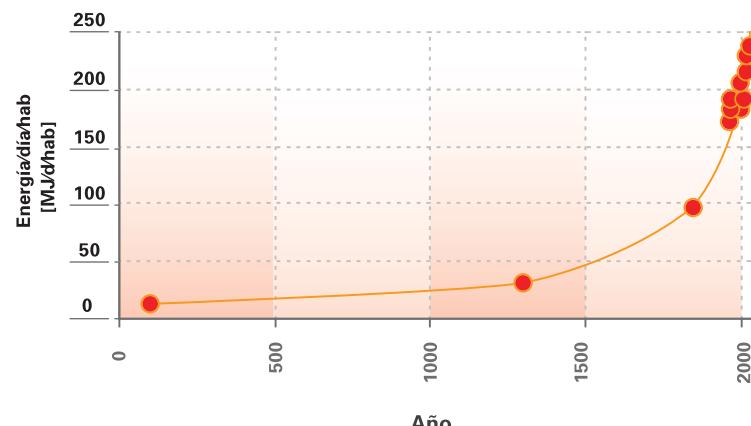


Figura III. Variación del consumo promedio per cápita a lo largo de la historia. Datos tomados del trabajo de Rubbia C, *Future of Energy*.

emergentes esta demanda se duplicaría. En ese sentido, para evitar que la mayor demanda de energía agote los excedentes económicos es importante encontrar formas más eficientes de uso de la energía.

La intensidad de uso de la energía expresa la cantidad de energía necesaria para generar una unidad de PBI. Varios países han logrado tener crecimientos importantes y sostenidos y al mismo

tiempo aumentar la eficiencia de uso de la energía (disminuir la intensidad). Este es el caso de EEUU, Canadá, Reino Unido, China e India entre otros. Por el contrario, Argentina, Brasil y otros países latinoamericanos muestran una tendencia creciente de la intensidad energética. Esto refleja la necesidad de revisar críticamente las políticas energéticas, formas de uso, y la necesidad de más desarrollos e investigaciones en estas

Producción en el mundo Año 2004

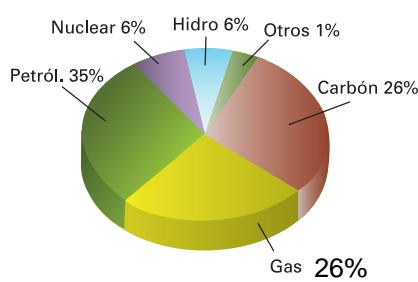


Figura II. Producción mundial de energía primaria y su distribución según el tipo de fuente. Basado en datos de EIA- DOE.

Mundo - Año de referencia 2000

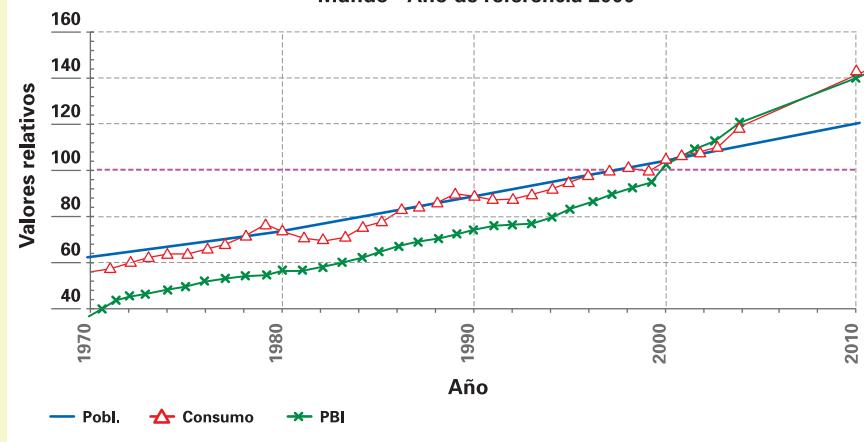


Figura IV. Variación de la población mundial (línea azul), PBI mundial (línea verde) y consumo de energía en valores relativos, tomando como base el año 2000 en el que se toma el valor de todas estas variables igual a 100. Se observa que tanto el PBI como el consumo de energía total crecen más rápidamente que la población. Basado en datos de EIA- DOE.

áreas que propicien una mejora en el uso eficiente de la energía.

En los países de mayor desarrollo económico es mayor el consumo de energía per cápita. Sin embargo esta relación dista de ser lineal. Las Naciones Unidas elaboran un índice (IDH, Índice de Desarrollo Humano) para evaluar la calidad de vida de los países teniendo en cuenta la esperanza de vida, el nivel de

educación de la población y el valor del ingreso a paridad constante por habitante. El IDH se usa habitualmente para comparar la calidad de vida de las distintas regiones del mundo. Un análisis del IDH en función del consumo anual de energía per cápita para distintos países muestra que el IDH satura alrededor de 110 MBTU al año, o sea que aumentando el consumo por

arriba de este valor no aumentan los indicadores combinados del IDH. Se podría decir que un mayor consumo no genera una mejora significativa en la calidad de vida. Esto sugiere que parece posible aumentar calidad de vida manteniendo un moderado consumo de energía y con el beneficio extra de un menor impacto ambiental.

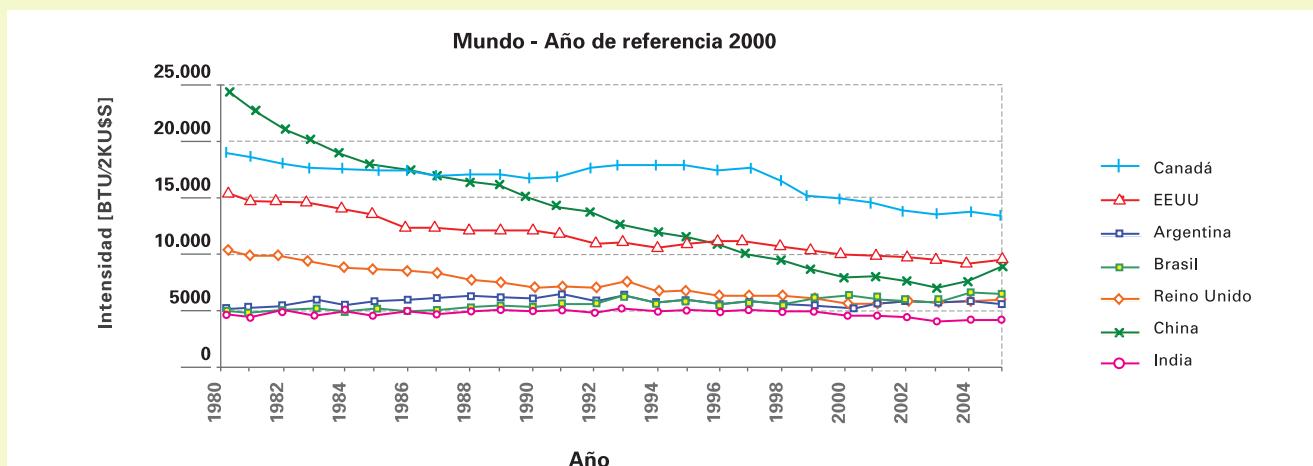


Figura V. Variación de la intensidad de uso de la energía total como función del tiempo para un grupo de países. La unidad usada en la escala vertical es la cantidad de BTU necesaria para producir 2 mil dólares estadounidenses. Nótese que mientras la mayor parte de los países desarrollados y también China muestran un decrecimiento de esta variable, y por lo tanto un uso más eficiente de la energía, Argentina, Brasil y otros países latinoamericanos muestran un incremento de ella. Basado en datos de EIA-DOE.

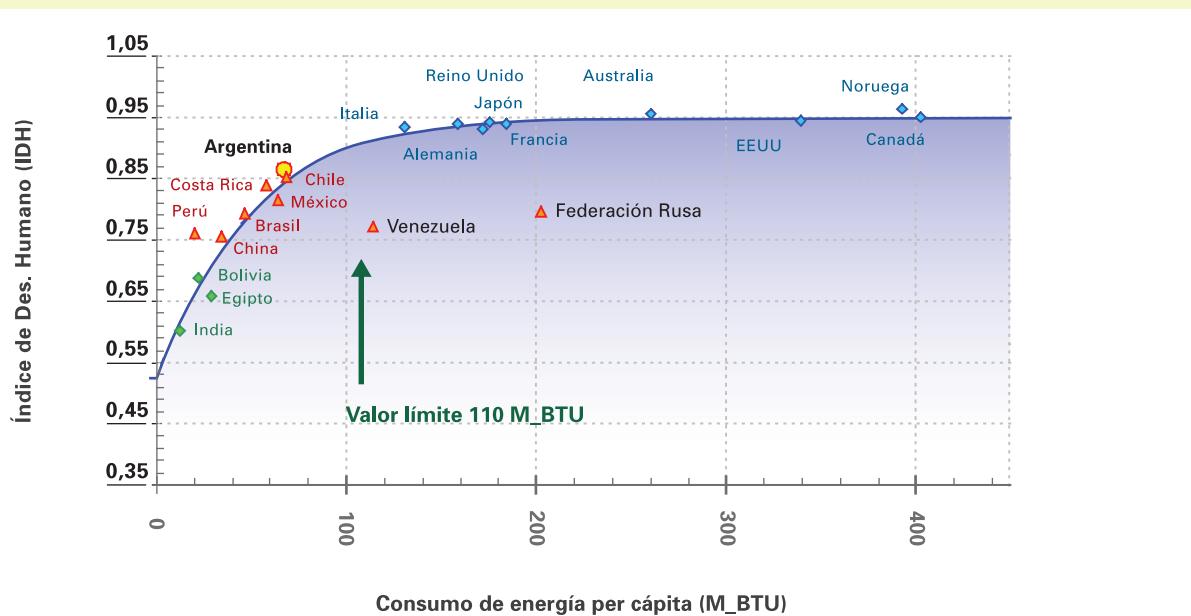


Figura VI. Índice de desarrollo humano en función del consumo de energía per cápita para distintos países del mundo. La línea continua azul es una modernización de esta dependencia. Basado en datos de las Naciones Unidas y la EIA-DOE.

caso de la Argentina, suponiendo un crecimiento 'a la española' (4,2%) para los próximos 25 años.

Es interesante señalar que las tendencias que nuestros modelos predicen son similares a las que para países emergentes proyecta el Departamento de Energía de EEUU.

En este momento (2007) la oferta de gas natural en el país es de unos 128 millones de m³ diarios. Este número puede usarse como referencia y comparar el crecimiento de cada uno de los consumos, de nuevo utilizando un modelo de crecimiento 'a la española'. Para 2030 el consumo duplicará la oferta actual (figura 9).

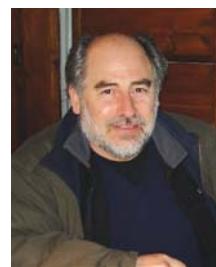
En conclusión lo primero que surge de lo visto es que es posible modelar adecuadamente los consumos. Sin embargo, para realizar proyecciones a mediano y largo plazo es necesario recrear posibles escenarios de crecimiento económico. En todos los casos se observa que el consumo de gas se duplicaría en los próximos 22 a 30 años. Si el país registrase crecimientos moderados 'a la española' (variación promedio del PBI 4,2%) la duplicación llegaría en 24 años. Por otro lado, surge que el consumo de electricidad será la componente que más rápido crecerá en la próxima década. Esto pone mucha presión en el sector de inversión, presión que claramente podría aliviarse de manera significativa si se adoptan planes de ahorro de consumo como los que han demostrado ser eficaces en varios países.

Es importante enfatizar que el ahorro de energía y la eficiencia en su uso, son las opciones más económicas y rápidas de implementar para enfrentar la creciente demanda energética, además de ser las más amigables con el medio ambiente.

Agradecimientos

Deseo agradecer a la Dra. A Schwint, al Sr. A Monti, al Ing. L Pomerantz, y al Sr. L Duperon por la atenta lectura del manuscrito y sus valiosas sugerencias.

CH



Salvador Gil

Licenciado en Física,
Universidad Nacional de Tucumán.
Ph.D., Universidad de Washington, Seattle.
Profesor de Física, Universidad Nacional
de San Martín y UBA.
Analista de demanda, Gerencia de
Distribución de Enargas.
sgil@unsam.edu.ar
www.fisicarecreativa.com/sgil



Lecturas sugeridas

En el sitio www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/index.html del Departamento de Energía de los EEUU puede encontrarse el informe 'Annual Energy Outlook 2006 with Projections to 2030', con proyecciones futuras de consumo a partir de datos hasta 2006.

En la Argentina los sitios oficiales para datos y legislación son: Secretaría de Energía de la Nación Argentina, energia3.mecon.gov.ar y Ente Nacional Regulador del Gas, www.enargas.gov.ar.

Artículos sobre el futuro de la energía en el mundo:

Physics Today de abril de 2002 www.physicstoday.org/vol-55/iss-4/p38.html, 'The Energy Challenge' de Stephen G. Benka.

Informe de la Organización Internacional de Energía Atómica de octubre de 2000, www.iaea.org/programmes/rip/physics/fec2000/pdf/akms_1.pdf, 'The future of energy', por Carlo Rubbia, 18th IAEA Fusion Energy Conference, Sorrento, Italia.

Informe sobre desarrollo humano de las Naciones Unidas, hdr.undp.org/, 'Human Development Report 2006'.

Informe de la Universidad de California en Berkeley, EEUU, rael.berkeley.edu/about, 'Renewable and Appropriate Energy Laboratory - Understanding and Exploring the Future of our World's Energy'.