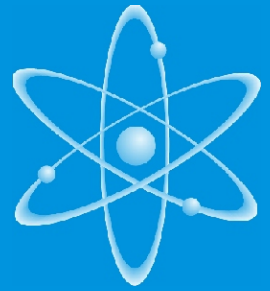
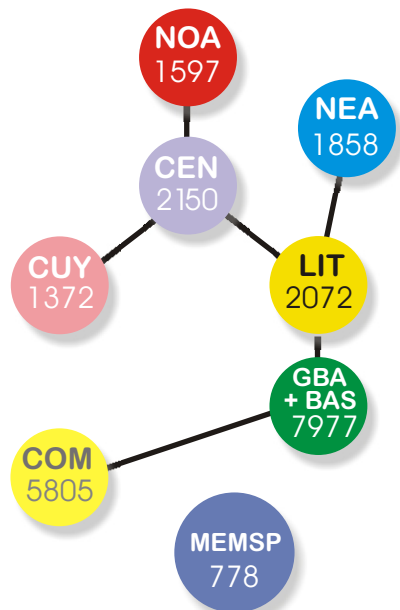
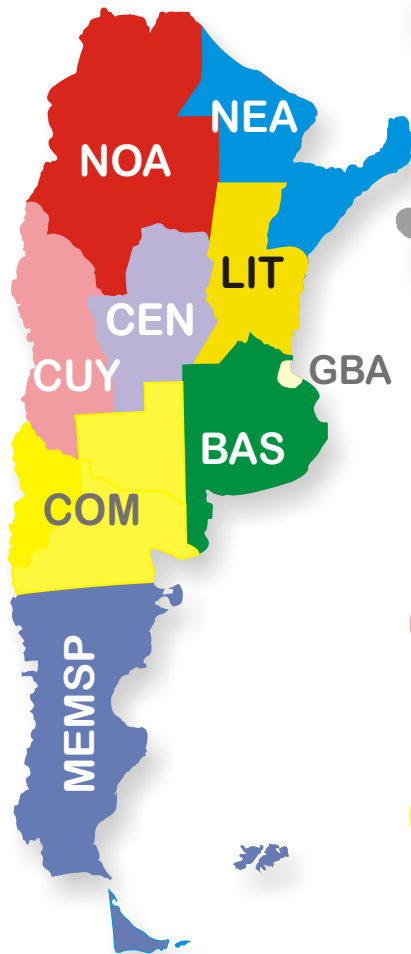


Boletín Energético



2do. Semestre 2002
AÑO V N° 10

10



cned

Dirección de la Publicación: Francisco C. Rey
Compilación: Francisco C. Rey - Fernando Aguirre
Colaboración en Redacción: Fernando Aguirre
Gabriel Barcelo
Roberto Corcuera
Carlos Rubén Calabrese
Cristina A. Delfino
Roberto Ornstein
Renato Radichella
Sabino Mastrángelo
Aníbal Nuñez

Diseño y Compaginación: Cristina A. Delfino

Impresión: Talleres Gráficos Centro Atómico Constituyentes - CNEA

Las opiniones expresadas en los artículos firmados de este boletín no representan necesariamente las del grupo de Prospectiva y Planificación Energética, que declina toda responsabilidad por las mismas.

Este Boletín es elaborado y distribuido por el
Grupo de Prospectiva y Planeamiento Energético
Ing. Francisco C. Rey
Dr. Néstor Venturini
Si Ud. desea recibirlo solicítelo por mail a rey@cnea.gov.ar

Los temas de este boletín fueron elaborados con datos propios y datos extraídos de informes de CAMMESA, OIEA, Foro de la Industria Nuclear Española, Nuc Net. Banco Mundial, INDEC y la Secretaria de Energía de la Nación emitidos hasta Diciembre de 2002.

Boletín 10 Energético

CONTENIDO

La Quimera del Hidrógeno

Cayetano López

Energía y Desarrollo Sustentable

Francisco Carlos Rey

Conceptos de Generación Termoeléctrica: Combustibles Utilizados e Impactos Ambientales.

Primera Parte

Sabino Mastrángelo

- Potencia Instalada**
- Incorporaciones Previstas**
- Costo Variable de Producción
y Orden de Despacho**
- Evolución de los Precios**
- Noticias**

Editorial

Problemas en el Horizonte del Suministro Eléctrico

En el horizonte del sistema eléctrico argentino se avizoran dificultades de distinto tipo y que producirán como mínimo un deterioro de la calidad del suministro.

Los dos tipos de dificultades con que nos podemos enfrentar son:

- a) Los problemas derivados de fallas en los sistemas de transmisión y distribución y,
- b) Los derivados de la falta de generación suficiente para abastecer la demanda.

Ambos problemas serán provocados por la falta de inversiones en los sectores mencionados, pero, independientemente del ámbito donde se produzcan, a los usuarios les significarán cortes y encarecimiento del suministro eléctrico.

Los problemas en los sistemas de transmisión y distribución, si bien en un principio no serán de gran magnitud, irán aumentando gradualmente y su manifestación principal será en el periodo estival.

Los problemas más graves son los que pueden producirse por insatisfacción del crecimiento de la demanda y pueden tener consecuencias graves en la economía del país (recordemos los racionamientos de energía eléctrica en nuestro país en el año 1989 y los de Brasil en el 2001). Sin embargo es muy difícil predecir cuándo se producirán

pues dependen de la ocurrencia simultánea de los siguientes factores:

- Baja hidraulicidad,
- Problemas con el suministro de gas natural.
- Alta demanda de Brasil.
- Un crecimiento explosivo de la demanda interna.

Estos problemas tienen mayor probabilidad de que ocurran durante el invierno (cuando escasea el gas natural). En el invierno del año 2003 la probabilidad de que coincidan los mencionados factores y que hagan estallar la crisis es muy baja, por lo que, a menos que surja algún factor nuevo o se complique más de lo previsto el suministro de gas natural, no deberíamos tener problemas de suministro eléctrico salvo algún probable aumento del costo de la energía en el mercado mayorista eléctrico.

A partir del año 2004, en cambio, la probabilidad de que ocurran simultáneamente algunos de estos fenómenos comienza a crecer, tengamos en cuenta que el crecimiento de la demanda es acumulativo, y para ese año, aunque hoy se decidiera incorporar nuevas unidades de generación no llegarían a tiempo.

Entonces, en la eventualidad de que se dieran simultáneamente los factores indicados más arriba, la posibilidad de evitar consecuencias graves pasaría por llegar a un acuerdo con Brasil para disminuir la demanda de este país (en el eventual caso de que Brasil requiera importar energía eléctrica de Argentina) o importar de ese país en las horas más críticas y al mismo tiempo trabajar para avanzar en la solución del problema de fondo.

Respecto de los años siguientes, la probabilidad de desabastecimiento aumenta si no se toman rápidas medidas oportunas debido a que el crecimiento de la demanda achicaría los márgenes de maniobra y ya no se necesitaría la confluencia de todos los factores indicados anteriormente sino sólo la aparición de alguno de ellos.

Las obras que permitirán elevar la cota de la central hidráulica de Yaciretá y la terminación de la central nuclear de Atucha 2 aparecen como dos proyectos de obra que pueden impulsarse desde el estado nacional sin modificar las reglas del juego y que si bien no llegan a tiempo para eliminar los riesgos del año 2004, sí mejoran fuertemente la situación en el mediano plazo, principalmente la finalización de la obra de la central nuclear de Atucha 2 pues esta obra disminuye al mismo tiempo la dependencia del suministro de gas y de los ciclos hidrológicos.

Otro problema que se vislumbra en el horizonte del sistema eléctrico es que de no corregirse los valores del precio estacional, el fondo de estabilización que compensa las diferencias entre el precio spot y el precio estacional, se agotará en los próximos meses por lo que peligra el pago en tiempo y forma a los generadores de los importes correspondientes a la energía que han entregado a la red.

La Quimera del Hidrógeno

Cayetano López

(publicado en el diario "El País" de Madrid)

El hidrógeno no es una fuente de energía. No existen minas ni yacimientos de hidrógeno en nuestro planeta, así que no podemos extraerlo para combinarlo con el oxígeno de la atmósfera (quemarlo) y generar energía, dejando agua como único residuo. Hay una frase en el libro "La economía del hidrógeno", de Jeremy Rifkin, que parece haber impresionado a sus admiradores: "El hidrógeno es el elemento más ligero, más básico y más ubicuo del universo. Cuando se utiliza como forma de energía se convierte en el 'combustible eterno". En efecto, es el más ubicuo del universo, pero no de la Tierra. Casi las tres cuartas partes de la materia cósmica es hidrógeno que podría ser utilizado como combustible si estuviera a nuestro alcance. La acumulación de hidrógeno más cercana es el planeta Júpiter. Si construyésemos un gasoducto entre Júpiter y la Tierra, entonces sí que tendríamos una fuente prácticamente inagotable de energía, pero un conducto flexible y resistente entre ambos planetas, de cerca de mil millones de kilómetros de longitud, no parece un proyecto realizable en los próximos siglos. El hidrógeno es también abundante en el Sol, pero la perspectiva de extraerlo de semejante lugar parece todavía más irrealizable.

El hidrógeno está presente en la Tierra, aunque en cantidades muy inferiores a otros elementos como el oxígeno, el

hierro, el silicio y algunos más; y no existe en estado libre, sino sólo formando parte de ciertos compuestos, esencialmente del agua. De todas formas, la cantidad de hidrógeno en el agua es todavía enorme, pero no es aprovechable como fuente de energía porque habría que separarlo previamente del oxígeno. A veces se intenta obviar este punto afirmando que, aunque hoy resulte costoso extraer el hidrógeno del agua para usarlo como combustible, en el futuro los avances tecnológicos rebajarán el coste, hasta prácticamente cero (tal y como sostiene Rifkin) y entonces resultará rentable como fuente de energía. Pero eso nunca ocurrirá porque es contrario a las leyes que rigen el mundo físico. Si el hidrógeno desprende una cierta cantidad de energía al combinarse con el oxígeno para formar agua, es preciso utilizar, al menos, la misma cantidad de energía para disociarlo de él. Y, teniendo en cuenta las pérdidas inevitables en todo proceso de transformación, puede asegurarse con toda certeza que siempre será necesario utilizar más energía para obtener hidrógeno del agua que la que se recupera al quemarlo. La idea de obtener hidrógeno del agua para utilizarlo como fuente de energía equivale a pensar en sintetizar leña a partir de las cenizas y los gases emitidos en su combustión y así poder utilizarla de

nuevo como combustible.

El problema básico de la energía primaria no puede ser resuelto por el hidrógeno, ni directa ni indirectamente. Y contribuye a confundir al público quien, como Rifkin, hace como que la generación de energía, de forma limpia, ilimitada y poco costosa, es algo ya resuelto o lo será en breve, o bien sugiere que el hidrógeno será la solución.

Desafortunadamente, las fuentes de energía primaria son pocas. En realidad, son únicamente de origen solar o nuclear. La energía solar puede ser convertida directamente en calor (solar térmica) y electricidad (fotovoltaica) aunque su eficacia es todavía muy reducida y su coste considerable debido a la dispersión con que nos llega. Las energías eólica, hidroeléctrica y la biomasa son también energía solar transformada y acumulada. La primera, a través del calentamiento de masas de aire que provoca su movimiento, la segunda mediante la evaporación del agua de los mares que luego se precipita en forma de lluvia que puede ser almacenada en altura, y la tercera porque el Sol es la fuente energética que utilizan las plantas para sintetizar sustancias orgánicas combustibles. Pero la reserva de energía solar concentrada más utilizada en nuestros días es la contenida en los combustibles fósiles, carbón, petróleo y gas natural. Estos compuestos resultan de la transformación de restos de vegetales y animales, a lo largo de millones de años y sometidos a grandes

presiones y temperaturas en el interior de la Tierra. La energía solar se ha depositado, en este caso, en los enlaces ricos en energía de los hidrocarburos. Quemarlos libera esta energía pero destruye una materia prima no renovable extremadamente valiosa para la fabricación de materiales sintéticos, y deja como residuo dióxido de carbono, que es un gas de efecto invernadero, además de otros residuos tóxicos.

La energía nuclear de fisión proviene de la ruptura de núcleos de átomos pesados, normalmente los de un isótopo del uranio. La "fabricación" de esos núcleos energéticos se produjo en las explosiones en forma de supernovas de estrellas mucho más masivas que el Sol. Y en ese proceso de síntesis de núcleos pesados se gastó la misma cantidad de energía que se libera cuando luego éstos se rompen. Por su parte, la energía de fusión nuclear, que es la que permite que el Sol y las estrellas sean astros radiantes, y la que se pone en juego en las explosiones termonucleares, convierte una pequeña parte de materia en energía. Pero las condiciones para lograr esta conversión de forma controlada son tan difíciles que no se ha conseguido todavía construir un dispositivo que lo haga sobre la Tierra, aunque es seguro que se conseguirá algún día. En el Sol es su enorme masa y la presión gravitatoria sobre su centro lo que hace posible que se desencadenen reacciones de fusión nuclear. La materia prima de la fusión nuclear es también un isótopo del

hidrógeno presente en el agua, pero la energía obtenida proviene de la diferencia de masa entre el núcleo resultante de la fusión y los que se fusionan; no tiene, en consecuencia, nada que ver con la combustión del hidrógeno ni con la utilización de éste como sistema de distribución energética.

La energía primaria obtenida de estas fuentes se transforma en calor o electricidad. O puede ser gastada en separar el hidrógeno del agua para utilizarlo luego como combustible. El hidrógeno sería, así, un medio para transportar la energía desde donde se genera hasta donde se consume, pero no es una fuente genuina, como tampoco lo es la electricidad. Además de la abundancia, una de las propiedades que parece encandilar a los *hidrogenistas* es la "ligereza" del hidrógeno. Pero la electricidad, esa vieja y aburrida forma de distribuir energía, se basa en el movimiento de los electrones, que son entidades físicas todavía más ubicuas y ligeras que el hidrógeno. Precisamente, la corriente eléctrica no es más que el flujo de los electrones en un material conductor. Pero para moverlos es preciso gastar energía primaria obtenida de alguna de las fuentes mencionadas antes.

Por la misma razón, la electricidad y el hidrógeno no son medios, en sí, inofensivos ni perjudiciales para el medio ambiente, como tampoco se puede decir que sean caros o baratos. Lo son en la medida en que lo sea la fuente de energía primaria que sirve para generar-

los. La electricidad es una forma de distribución urbana e industrial que ha demostrado su eficacia a lo largo de muchas décadas y no parece demasiado sensato pensar que la red eléctrica vaya a ser sustituida por en una red de conductos por los que circule el hidrógeno. Hay problemas de seguridad y de facilidad de utilización final que lo hacen improbable. Sin embargo, hay muchos científicos solventes que están trabajando desde hace mucho tiempo en las posibilidades del hidrógeno como intermediario energético, especialmente en el sector del transporte.

Actualmente los automóviles queman gasolina, que es un recurso no renovable y contaminante pero muy eficaz en este sector. Si un coche se alimentara con electricidad generada en centrales a partir de combustibles fósiles, la contaminación global sería la misma aunque no se concentraría en las ciudades. Pero si se llegara a dominar, por ejemplo la energía solar fotovoltaica o la de fusión nuclear, sería posible generar electricidad de forma menos contaminante. Pero almacenarla, que es lo que se hace en las baterías de los coches, requiere artilugios caros y pesados y materiales contaminantes, así que resultaría interesante la alternativa de utilizar la electricidad para extraer hidrógeno del agua y almacenarlo en dispositivos seguros que sean más ligeros y limpios. Luego el hidrógeno podría utilizarse para recuperar esa energía, por ejemplo en células de combustible, y alimentar el

motor del vehículo. Por eso es verosímil la idea de que el hidrógeno figurará en el catálogo de vectores energéticos del futuro. Pero, en ningún caso, será una fuente primaria de energía.

Dar a entender que el hidrógeno permite obtener energía barata y prácticamente ilimitada no sólo es falso, sino que daña los esfuerzos para llevar al público la

idea de que la energía es un bien valioso que es preciso no despilfarrar y que, sea cual sea el futuro, seguirá exigiendo políticas decididas de ahorro. La búsqueda de fuentes de energía más limpias y abundantes es una de las tareas básicas en el futuro de la humanidad, pero no se podrá afrontar a partir de entelequias sin fundamento ni recetas de *gurú*.

Energía y Desarrollo Sustentable

Francisco Carlos Rey

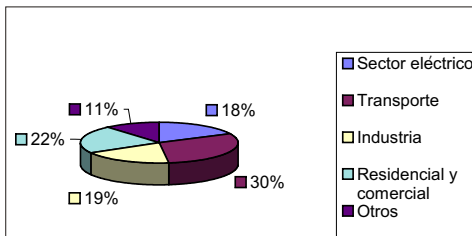
El parque de generación eléctrica de nuestro país tiene una importante participación de la generación hidráulica y nuclear y por lo tanto un bajo impacto ambiental asociado con sus actividades. Sin embargo, el crecimiento previsto de este parque de generación, crecimiento que va a ser necesario para abastecer aumentos en la demanda, aumentará sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero del sector.

Entre las opciones que se presentan para evitar este aumento de emisiones la opción nuclear es la que presenta la mejor relación de costo - efectividad.

Se deben crear mecanismos que permitan diferenciar en forma objetiva a las fuentes de generación que no produzcan gases de efecto invernadero sin excluir a ninguna y preservarlas activas para que puedan ser utilizadas por las generaciones venideras.

Cuadro de Situación

La república Argentina tiene un parque de generación eléctrica diversificado, bastante bien equilibrado, con una importante participación de energía hidráulica y nuclear y cuyo equipamiento térmico (renovado en gran parte recientemente) es, en su mayoría, de alta eficiencia en el que la utilización de gas natural como principal combustible hace que los problemas ambientales de la generación eléctrica se hayan reducido.



Emisiones de CO₂ por Sectores (1997)

Este hecho hace que además la contribución del sector eléctrico a la emisión de gases de efecto invernadero sea baja.

Además, la totalidad de las emisiones del país representan una baja emisión de estos gases por habitante (del orden de 3,7 t/hab.-año), comparada con la de los países industrializados, EEUU 20,8; Dinamarca: 10,5; Austria: 7,4 t/hab.-año) pero esta baja emisión por habitante puede dejar de serlo si no se toman las medidas adecuadas.

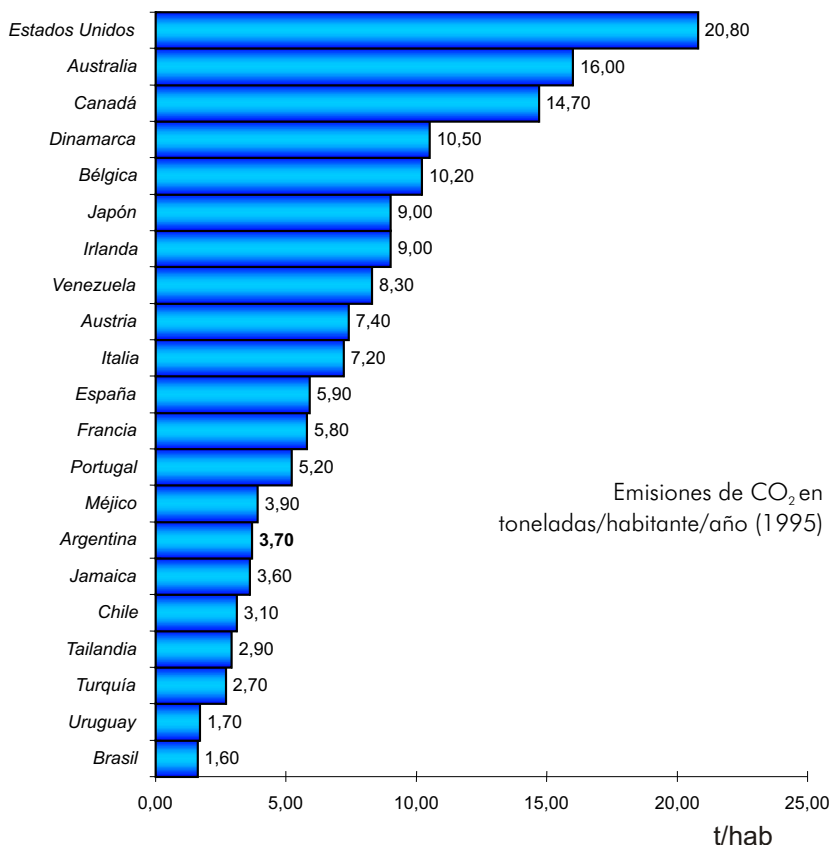
La situación mencionada puede deteriorarse con el tiempo. En la República Argentina es de esperar un importante crecimiento de la demanda de electricidad en los próximos 20 años, crecimiento que es inevitable por los requerimien-

tos de mejor calidad de vida de sus habitantes.

Dado que el sector está desregulado, las expansiones del sistema de generación eléctrica que deben acompañar a este crecimiento serán decididas por un mercado de libre competencia sobre la base de la regulación vigente y en un contexto local y mundial de precios y disponibilidad de recursos energéticos.

Antes del año 2020, si el crecimiento de

la demanda evoluciona en la forma prevista, se deberían incorporar alrededor de 30 000 MW de nuevas instalaciones, que aún no están definidas. Todo indica que este mercado de libre competencia decidirá por la opción que hoy permite recuperar más rápidamente el capital invertido por lo que la mayoría de estos 30 000 MW serán cubiertos con instalaciones que quemen gas natural durante gran parte del año y diesel oil en parte del invierno.



Las únicas excepciones a esta regla podrían ser la ampliación y elevación de la cota de la central hidráulica de YACIRETA, la posible terminación de la central nuclear de Atucha 2 y, aunque en menor escala, instalaciones eólicas en la Patagonia y pequeños emprendimientos hidroeléctricos. Las dos primeras si se consiguen resolver problemas de financiamiento de las obras faltantes y las dos últimas de la mano de distinto tipo de subsidios.

En el resto del mundo, el reemplazo de carbón por gas natural como combustible, y especialmente si este último es utilizado en turbinas de gas a ciclo combinado, representa una mejora ambiental por su baja emisión de óxidos de nitrógeno y mejor eficiencia, resultando por lo tanto de menor emisión de gases de efecto invernadero por KWh generado respecto del carbón.

Por otra parte, si para cubrir el crecimiento de la demanda de los países desarrollados (demanda que crece lentamente) se utiliza también este combustible y

La Opción Nuclear

En la búsqueda de alternativas para resolver este problema la opción nuclear junto con la hidroelectricidad aparecen como las de mejor relación costo efectividad para mitigar el aumento de las emisiones de estos gases.

Si bien hoy la opción nuclear, en nuestro país, resulta más cara que los emprendi-

tecnología, si bien aumentarán las emisiones totales, disminuirán las emisiones específicas de todo el sistema (Kg. de CO₂/KWh totales).

En nuestro país esta comparación no es válida pues ya se reconvirtió la mayoría del parque de generación eléctrica, el gas natural es ya el principal combustible utilizado y además se utiliza muy poco carbón, a diferencia de los países industrializados

En estas circunstancias si la mayor parte del crecimiento de la demanda (crecimiento que se espera sea importante) va a ser cubierto por gas natural van crecer las emisiones totales del sector eléctrico y también las emisiones específicas.

De confirmarse esta tendencia las emisiones de gases con efecto invernadero del sector de generación eléctrica tendrán un importante incremento en los próximos años pudiendo llegar en el año 2020 a ser cuatro veces superior a las correspondientes al año 2000.

mientos con gas natural, constituye junto con la hidroelectricidad la más económica, respecto de las otras opciones, para mitigar el mencionado aumento de emisiones.

Ante esta opción de hierro: que es regirnos por las leyes del mercado sin medir las consecuencias futuras respecto

del ambiente, o intentar modificar estas decisiones hacia lo que podemos considerar un crecimiento del parque de generación eléctrica dentro de contexto del desarrollo sustentable, aparece como una solución de compromiso entre los factores económicos y ambientales la alternativa de no cerrar ninguna opción energética con vistas al futuro de nuestro país.

En esta etapa de la economía de nuestro país y en función de ofrecer una energía eléctrica a costos, que si bien no contemplen subsidios también deben ser tan económicos como sea posible para permitir el acceso de toda la población a este tipo de energía sin entorpecer el desarrollo industrial, no parece posible la realización de un plan hidráulico ni nuclear de gran envergadura que fije los porcentajes óptimos de su participación dentro del mercado, como tampoco

Confiabledad en el Suministro

Nuestro sistema de generación y transporte de la energía eléctrica hacia los principales centros de consumo es vulnerable por diversas causas y alguna de ellas se agravará con el tiempo.

La vulnerabilidad respecto de los ciclos hidrológicos se irá atenuando con la disminución relativa de la generación hidroeléctrica debido a que no hay ingreso previsto de nueva generación hidroeléctrica, con la excepción de la eventual ampliación y aumento de cota del embalse de YACIRETA.

respecto de las otras fuentes renovables (salvo a nivel demostrativo). Sin embargo nos parece conveniente que, en nuestro país, se realicen las acciones necesarias para mantener abierta la posibilidad de hacerlo en el futuro y para que eso sea posible en el caso nuclear es necesario mantener la opción abierta **hoy**.

Entre las causas que estimamos deben tenerse en cuenta para un crecimiento de la generación eléctrica que sea sustentable en el tiempo y que impliquen por lo tanto mantener abierta la opción nuclear se encuentran la confiabilidad en el suministro, la conservación de los recursos para las generaciones venideras, el encarecimiento de los recursos fósiles por disminución de las reservas, y el mejor costo efectividad en la mitigación del crecimiento de emisiones de los gases de efecto invernadero.

Esta atenuación se concretará sólo si se realizan las incorporaciones que satisfagan el crecimiento de la demanda porque de no ser así tendremos una crisis energética en corto plazo.

La vulnerabilidad, en cambio, respecto de la provisión de gas natural a las plantas generadoras, se irá agravando con el tiempo y si bien, durante la mayor parte del año existe capacidad de transporte ociosa, en el invierno esta no es suficiente y obliga al uso, en su reemplazo, de combustibles líquidos

con los problemas ambientales y económicos que esto acarrea. El crecimiento del consumo de gas para usinas eléctricas a una mayor velocidad que para los consumos firmes y considerando que la expansión del transporte está vinculada al consumo firme, este transporte estará cada vez más exigido y será insuficiente para abastecer a los

generadores eléctricos en el invierno.

Ante la falta de gas natural la mayoría de los generadores (con la excepción de GENELBA) tienen la posibilidad de sustituirlo con combustibles líquidos pero debe preverse el stock de los mismos y sus consecuencias en los precios del mercado.

Conservación de Recursos para las Generaciones Venideras

Argentina es un país con recursos de petróleo y gas natural, pero no puede considerarse un país petrolero ni gasífero.

Si bien no se espera que en los próximos 10 años tengamos problemas importantes de suministro de este último fluido, pues hay alrededor de 16 años de relación reserva producción, debemos tener en cuenta que las inversiones requeridas en búsqueda, exploración y

explotación cada vez resultarán mayores a medida que la demanda vaya creciendo tal como está previsto.

Esto significa que se debe hacer un uso racional de este recurso, pues si el consumo crece, a gran velocidad, la producción local puede ser insuficiente y si llegara a ser necesaria su importación de Bolivia puede complicarse el abastecimiento pues requeriría ampliaciones importantes de la red de transporte.

Encarecimiento de los Recursos Fósiles por Disminución de Reservas

Por las mismas causas mencionadas en el punto anterior, no se puede prever la fecha en que estos recursos se van a agotar; tengamos en cuenta que son no renovables, pero sí podemos ver como más cercano el encarecimiento de los

mismos como consecuencia de la disminución de la relación reserva producción y por el aumento de la demanda y a las necesidades de ampliaciones de la red de transporte.

Mejor Costo Efectividad en la Mitigación del Crecimiento de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

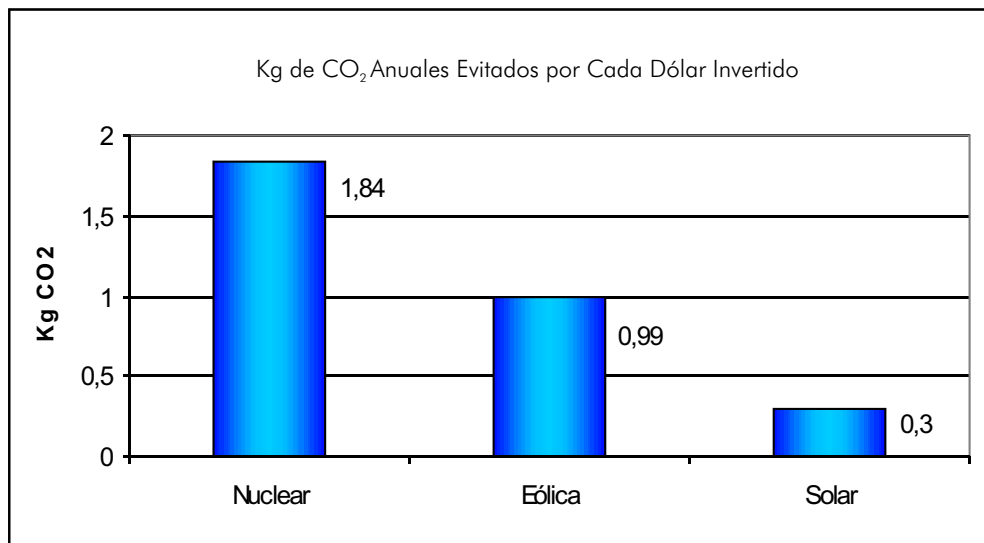
Es importante ser efectivos en el gasto que se realiza para evitar el crecimiento de emisiones; el cumplir con el mismo objetivo con el menor costo se denomina

costo efectividad.

Para ello hay que analizar cuántos kilogramos de CO₂ por año evitamos

emitir por cada dólar invertido en los distintos tipos de instalaciones que se proponen para evitar el crecimiento de estas emisiones.

En el gráfico siguiente se compara la efectividad en evitar las emisiones de CO₂ de las instalaciones nucleares, eólicas, y solares.



En la bibliografía, pueden encontrarse valores de ahorro de emisiones de CO₂ mayores, esto se debe a que, en el resto del mundo se utiliza como parámetro de referencia la utilización de carbón. En nuestro caso el parámetro de referencia utilizado es la turbina de gas a ciclo combinado que utiliza gas natural porque entendemos que será el recurso y tecnología más utilizado en las ampliaciones del parque de generación eléctrica argentino.

Perspectivas

Todo indica que en un futuro cercano (si no lo es ya) la generación eléctrica de origen nuclear podría convertirse en una

En esta comparación no consideramos la energía hidroeléctrica porque los costos de estos emprendimientos dependen de la ubicación geográfica y características de los embalses, sin embargo, hay que tener en cuenta que su efectividad en la mitigación de emisiones se encuentra cercana a la nuclear.

En función de estos datos podemos afirmar que la energía nuclear es la que nos permite mitigar el crecimiento de las emisiones de CO₂ a un menor costo.

de las herramientas importantes del desarrollo sustentable.

A diferencia de otras tecnologías de generación eléctrica, la núcleo electricidad requiere, por sus características, una infraestructura de apoyo científico tecnológica de envergadura y esta estructura científico tecnológica existe en nuestro país.

Desde mediados del siglo que acaba de concluir, la Argentina invirtió importantes recursos para desarrollar la tecnología nuclear. La decisión del gobierno de crear la Comisión Nacional de Energía Atómica en 1950 ha convertido a la Argentina en un país nuclear. Desde entonces científicos y técnicos argentinos se han capacitado en esta materia y, observados desde una perspectiva mundial, han alcanzado resultados de gran importancia.

Mecanismos para Incentivar la Producción de Energía Sustentable

Se deben crear mecanismos, dentro de la regulación del sistema eléctrico, que permitan diferenciar, en forma objetiva, a las fuentes de generación que no emiten gases de efecto invernadero y que cumplan con los requisitos del desarrollo sustentable de aquellas que sí emiten estos gases o no permiten un crecimiento sustentable en el tiempo.

Estos mecanismos deben penalizar a las fuentes emisoras pero esta penalización debe ser gradual y en una magnitud que no provoque un encarecimiento importante de la energía eléctrica pues el

Existe en el país la capacidad técnica e industrial para diseñar y construir reactores nucleares, así como la de producir combustibles nucleares y demás insumos requeridos. Esta infraestructura científico tecnológica corre peligro de destruirse si no se la mantiene activa.

Todo ello indica que cuando la energía nuclear vuelva a requerirse, como muestran algunos indicadores internacionales, corremos el riesgo de no contar con los recursos humanos y tecnológicos que nos permitan utilizar esta tecnología convenientemente.

Para conservar estos recursos es necesario continuar con la actividad pues es la forma de mantener abierta la opción nuclear para nuestros descendientes.

acceso barato a este recurso es una herramienta importante para el crecimiento económico y este crecimiento es también un mecanismo para erradicar la pobreza.

Los recursos generados por la penalización deberían destinarse, en forma equitativa y sin exclusiones, a las fuentes no emisoras tales como nuclear, eólica e hidráulica, priorizando principalmente la efectividad en alcanzar el objetivo deseado que es la minimización de las emisiones gases de efecto invernadero al menor costo.

Ing. Francisco Carlos Rey. *Comisión Nacional de Energía Atómica*
e-mail: rey@cnea.gov.ar

Conceptos de Generación Termoeléctrica: Combustibles Utilizados e Impactos Ambientales. Primera Parte

Sabino Mastrángelo

El proceso fundamental de funcionamiento de las centrales termoeléctricas está basado en la conversión de energía térmica en energía mecánica, y a partir de ésta, en energía eléctrica.

La conversión de energía térmica en energía mecánica se produce a través del uso de un fluido que producirá trabajo, en su proceso de expansión, en las turbinas térmicas. La conversión de la energía mecánica en eléctrica se efectúa a través del accionamiento mecánico de un generador eléctrico acoplado al eje de la turbina. La producción de energía térmica se puede dar por la transformación de energía química de los combustibles a través del proceso de combustión, o de origen nuclear de los combustibles radiactivos a través de la fisión del núcleo.

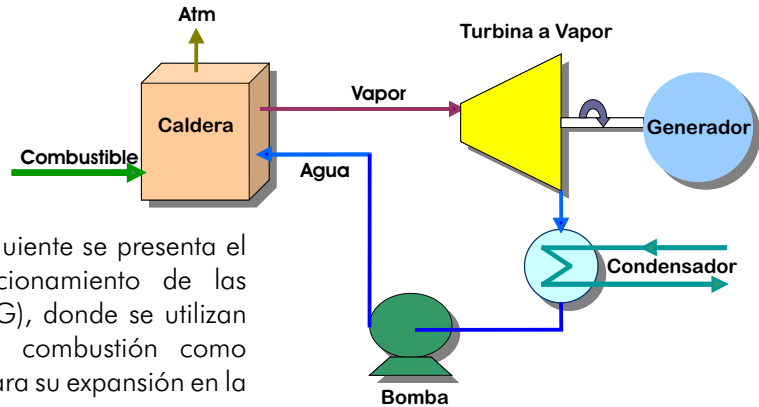
Las centrales termoeléctricas convencionales pueden ser clasificadas de acuerdo con el método de combustión utilizado como de:

▣ **Combustión externa:** son aquéllas donde el combustible no entra en contacto con el fluido de trabajo. La combustión externa es un proceso usado principalmente en las centrales

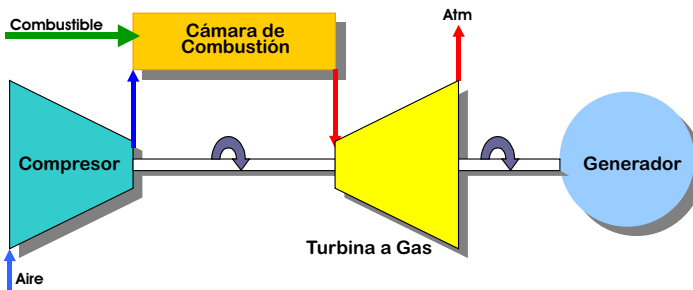
térmicas a vapor, donde el combustible calienta el fluido de trabajo, en general agua, en una caldera hasta producir vapor que luego se expande en una turbina, donde producirá trabajo mecánico.

▣ **Combustión interna:** son aquéllas donde la combustión se efectúa sobre una mezcla de aire y combustible, siendo el fluido de trabajo el conjunto de productos de combustión. Este proceso de combustión interna se produce en las turbinas a gas y en las unidades térmicas de movimiento alternativo (a pistón) como los motores ciclo Otto o Diesel.

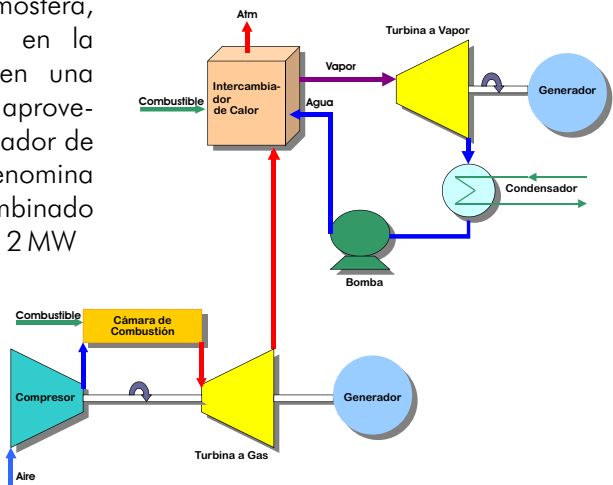
En el esquema siguiente se muestra un diagrama simplificado de una central termoeléctrica de combustión externa (a vapor). Al quemar el combustible se produce calor dentro de la caldera que transforma el líquido en vapor. El vapor se expande a medida que la presión se reduce en la turbina a vapor, generando energía. El vapor que sale de la turbina va al condensador, donde se extrae el calor, retornando nuevamente al estado líquido. Finalmente el líquido es bombeado nuevamente a la caldera cerrando el ciclo.



En el diagrama siguiente se presenta el esquema de funcionamiento de las Turbinas a Gas (TG), donde se utilizan los productos de combustión como fluido de trabajo para su expansión en la turbina.

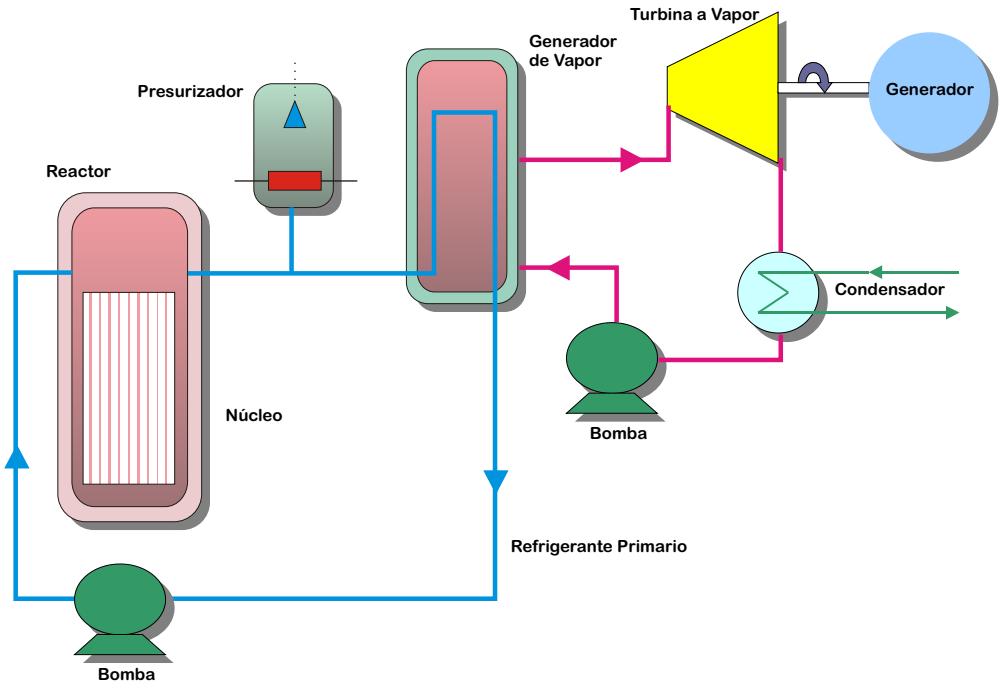


Los gases que salen a la atmósfera, luego de haberse expandido en la turbina de gas, todavía tienen una energía importante. Si estos se aprovechan, a través de un intercambiador de calor, obtenemos lo que se denomina comúnmente como Ciclo Combinado (TG + TV). Usualmente por cada 2 MW TG se obtiene 1 MW adicional TV sin inyectar combustible adicional.



Los combustibles usualmente aplicados en las centrales a vapor son, carbón mineral, biomasa (madera, bagazo de caña, basura, etc.), derivados pesados del petróleo (fuel oil, residuo asfáltico, etc.) y gas natural. En las turbinas de gas se utiliza gas natural y derivados intermedios de petróleo (diesel oil, gas oil).

En el caso de las centrales nucleares, el calor para el calentamiento del agua no es producido por un proceso de combustión, sino por la energía generada por el proceso de fisión nuclear (reacción en cadena controlada), que se produce dentro del reactor.



El resto del proceso es similar al proceso convencional de producción de vapor.

Existen diferentes tecnologías de reactores nucleares, los más importantes son:

Reactores de Agua Liviana LWR: La tecnología de estos reactores comprobó ser económica, segura y confiable. Más del 75% de las usinas del mundo utilizan este tipo de reactor, con potencias

superiores a los 900 MWe por unidad. La tecnología perfeccionada de los PWR (reactores de agua presurizada) con agua alta presión permite la construcción de unidades de hasta 1400 MWe.

Reactores de Agua Pesada HWR: Son reactores refrigerados y moderados a agua pesada, son también económicos seguros y confiables. Cerca del 8% de la

unidades en operación del mundo utilizan este tipo de reactor. La capacidad máxima es de 900 MWe, teniendo limitaciones por cuestiones de tamaño físico.

Reactores refrigerados a metal líquido (Fast Breeder Reactors): El desarrollo de los reactores súper regeneradores rápidos enfriados a metal líquido no ganó el ímpetu esperado debido al

aumento de la disponibilidad de los recursos de uranio a bajo costo para sostener la demanda a corto y mediano plazo. La utilización de esta tecnología en el escenario mundial es, no obstante, bastante atractiva ya que constituye el único medio de mejorar la utilización de reservas de uranio dado que tiene un rendimiento muy superior a otros tipos de reactores y convierte a la generación nuclear en un recurso casi renovable.

Combustibles Utilizados

La gran variedad de diseños de unidades de generación termoeléctrica está asociada principalmente a los combustibles utilizados, los que comprenden una gran gama de recursos energéticos primarios no renovables y renovables. Los combustibles fósiles (derivados del petróleo, carbón mineral, gas natural, etc.) así como los nucleares (uranio,

torio, plutonio, etc.) son clasificados como fuente primaria no renovable debido al enorme tiempo necesario para su reposición por la naturaleza. Una fuente renovable importante es la biomasa que puede ser originada por plantaciones especialmente dirigidas a ese objetivo.

Eras Energéticas

Habitualmente hablamos de tres eras energéticas, (leña, carbón y petróleo-gas) las que han tenido un papel decisivo en el desarrollo económico, en particular a partir de la Revolución Industrial.

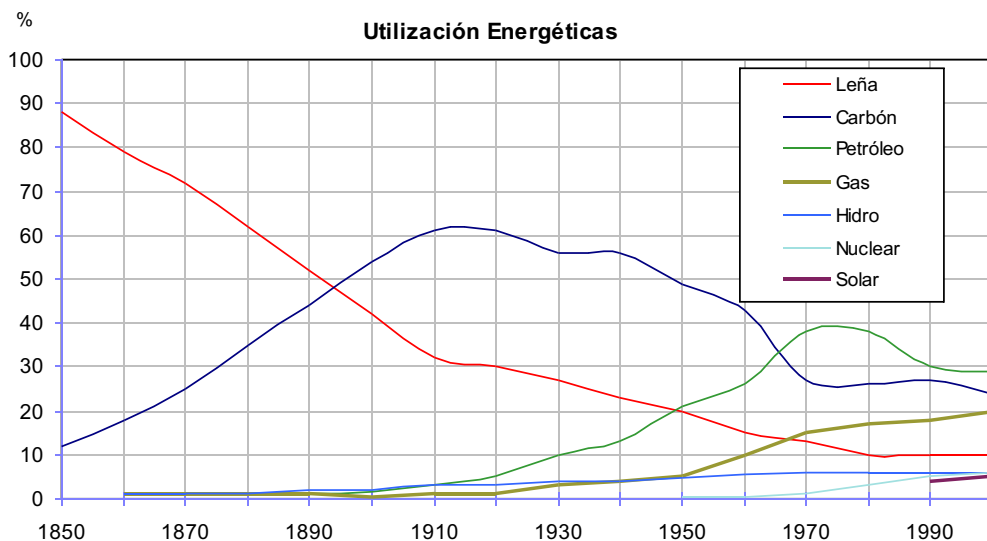
La próxima era energética presumiblemente también ocasionará efectos pronunciados sobre la magnitud y naturaleza del futuro crecimiento económico mundial.

En el gráfico siguiente puede apreciarse un esquema de la evolución de las distintas fuentes energéticas.

La fuente tradicional de energía fue la biomasa (leña), pero durante el siglo XIX cedió rápidamente posiciones ante el avance del carbón, que logró desplazarla hacia 1890 para ubicarse en el primer lugar por casi 80 años.

A esta primera transición de la leña al carbón le sucede otra transición del carbón al petróleo y al gas, ubicándose el petróleo como la principal fuente de energía hacia mediados del siglo XX.

El petróleo pasó de una participación menor al 1% al casi 50% en 60 años.



Hacia 1970 el petróleo era esencial y dominante en el transporte, la industria, la generación eléctrica, la calefacción de edificios y el desarrollo petroquímico.

Existe una diferencia importante entre las dos transiciones energéticas anteriores y la que se inicia en 1973. En los procesos del pasado, nuevas fuentes de energía combinadas con tecnologías adaptadas a las mismas abrían nuevos mercados y nuevas oportunidades productivas.

La transición actual, motorizada por el manejo cartelizado de los precios y reservas petroleras está influenciada por la fuerte conservación de energía y sustitución del petróleo.

Estamos ingresando abruptamente en la cuarta era energética, en la cual el petróleo tenderá gradualmente a perder liderazgo, quizá no a favor de una revolucionaria forma energética, sino para dar paso a combustibles sustitutos.

Características de los Combustibles Utilizados para Generación Termoeléctrica

Biomasa

Desde los comienzos mismos de la humanidad, el hombre ha utilizado una variedad de recursos energéticos. Comenzó a utilizar, como fuente de energía, a la biomasa en forma de leña y carbón de leña cuya principal aplicación

era la cocción de alimentos y la calefacción.

Las otras fuentes de energía disponibles eran solamente la tracción a sangre, la eólica y la hidráulica.

Históricamente, la biomasa fue sustituida por los combustibles fósiles a partir del siglo XVI.

Actualmente la biomasa es aprovechada energéticamente a través del uso del etanol, bagazo de caña, carbón vegetal, leña, etc.

Algunos países desarrollados mantienen tecnologías tradicionales basadas en el uso de la biomasa como principal fuente energética. La cual manejada adecuadamente es una fuente renovable.

Presenta un balance cero de emisiones, dado que no emite óxido de nitrógeno o azufre y el CO₂ emitido en la quema es absorbido en la fotosíntesis (la producción de CO₂ es igual al extraído de la atmósfera durante la fotosíntesis), presentando ventajas ambientales inexistentes en cualquier tipo de combustible fósil.

Estas características quizás reviertan la tendencia de sustitución de los combustibles, pasando la biomasa a retomar los espacios ocupados por los hidrocarburos.

Carbón Mineral

El carbón mineral era conocido y utilizado en China hacia el año 1100 AC., pero recién pasó a ser ampliamente usado con el advenimiento de la Revolución Industrial en el siglo XVII como fuente de energía para las máquinas de vapor.

Su utilización fue inevitable debido a la

La biomasa no dispone de una evaluación que permita cuantificar confiablemente su participación actual en la matriz energética mundial. Se sabe que tiene mayor participación en la matriz de los países en vías de desarrollo, pero presenta una importancia creciente en los países desarrollados como fuente de energía renovable, en medio de un escenario de preservación ambiental.

En Suecia, por ejemplo, la biomasa ya representa cerca del 20% de la matriz energética del país, como resultado de los esfuerzos realizados en la década del 80.

El crecimiento en el uso de la biomasa ha sido limitado por los bajos precios de los combustibles fósiles. Su utilización, en tecnologías modernas, depende de la existencia de subsidios para que pueda competir con otras alternativas. Otro factor negativo para su utilización es el hecho que la producción de la misma puede competir con la producción de alimentos, o que puede ser un problema en regiones con poca disponibilidad de tierras.

crisis de disponibilidad de leña del siglo XVI que registró importantes disminuciones en su producción debido a la reducción de grandes áreas forestales.

Con la Revolución Industrial se sientan las bases para el moderno crecimiento económico, signado por la utilización intensiva de energía.

El carbón asociado a la producción de vapor fue utilizado intensamente en los telares mecánicos, en la extracción de agua de las minas de hierro y carbón, y luego en las locomotoras y en el transporte marítimo.

La aplicación del carbón convertido en coque, se dio en la siderurgia como sustituto del carbón de leña con apreciables ventajas debido a la reducción de costos y la utilización masiva del acero en equipos de transporte, maquinarias y estructuras.

Así fue como no hubo alternativa al uso masivo del carbón, ya que la opción era la destrucción masiva de los bosques.

El carbón contribuyó a reemplazar al molino de viento y de agua y a los animales de tracción constituyendo el eje del desarrollo e industrialización especialmente en algunos países de Occidente durante el siglo XIX.

Hoy en día, el carbón mantiene la

segunda posición en la matriz energética mundial debido básicamente a su bajo costo. Los costos varían de región a región, principalmente por la incidencia del transporte en el costo final. Por tratarse de un combustible sólido, presenta mayores costos que el transporte de petróleo que incluso puede movilizarse a través de oleoductos. Esta diferencia de costos y la rigidez de la producción de carbón hacen que sólo el 10% de la producción mundial sea comercializada internacionalmente.

El carbón mineral es altamente contaminante. Aunque las emisiones de NO_x y SO_x puedan ser reducidas, la gran cantidad de CO_2 emitida trae enorme impacto al medio ambiente. Los avances tecnológicos buscan superar parte de estos problemas a través del aumento de eficiencia de las usinas.

Es de destacar que el 50% del consumo mundial de carbón se produce en usinas de generación eléctrica.

Petróleo y Derivados

En la Biblia encontramos que algunos sacerdotes durante el Exilio de los Judíos, preservaban el fuego del altar en el hueco de un pozo seco. Luego de un siglo y medio cuando Nehemías se encontraba en Jerusalén pudieron recuperar ese fuego:

2 Macabeos 1.20: ...Nehemías ... mandó a los nietos de los sacerdotes que lo habían ocultado... y no hallaron fuego sino un agua espesa.

Esta agua espesa o fluido viscoso fue acarreada y utilizada para encender un gran fuego.

2 Macabeos 1.36: Los de Nehemías llamaron a aquel sitio Nafta, que quiere decir purificación...

Nafta (o Naphar) es una palabra que se remonta al persa naft e incluso al término babilonio naptu. Nehemías utilizó un término persa para definir una sustancia

desconocida para los Judíos.

La "nafta" era un fluido viscoso, orgánico e inflamable. Era un aceite que manaba de las piedras, y su nombre moderno es petróleo (del latín: aceite de piedra).

El Oriente Medio es una las grandes reservas de petróleo, e incluso en la antigüedad había sitios donde brotaba a la superficie. Prendiendo fuego a estas filtraciones, se producían las llamas eternas, lo que para los antiguos tenía mucha significación religiosa. Esto fue especialmente cierto en Persia donde se conocían estas filtraciones.

Hacia 1860 comienza a comercializarse el petróleo, pero no como sustituto del carbón, sino para satisfacer nuevas aplicaciones como por ejemplo lubricantes, lo que posibilitó importantes avances en la ingeniería mecánica y el desarrollo de máquinas de alta velocidad o utilizando el kerosén, en reemplazo del aceite de ballena, en iluminación.

Luego el petróleo comienza a competir con el carbón como combustible industrial y residencial gracias a su menor precio, aunque recién con el desarrollo del motor de combustión interna, a inicios del siglo XX, desplaza aceleradamente al carbón.

El petróleo está formado básicamente por hidrocarburos, cuya fórmula general es C_nH_{2n+2} , de donde se obtienen por destilación un sinnúmero de derivados.

Su utilización implica necesariamente daños ambientales, por la emisión de

óxidos de azufre, de nitrógeno y de carbono, contribuyendo al efecto invernadero.

El petróleo es, hoy en día, el principal componente de la matriz energética mundial, presentando un bajo costo y una amplia gama de usos en diversos sectores de la industria.

Su uso implica no solamente los costos resultantes de su adquisición o explotación, sino también los concernientes a los daños ambientales así como la dependencia y vulnerabilidad estratégica de los países desarrollados con relación a los de Oriente Medio, donde se encuentran las mayores reservas de petróleo del mundo.

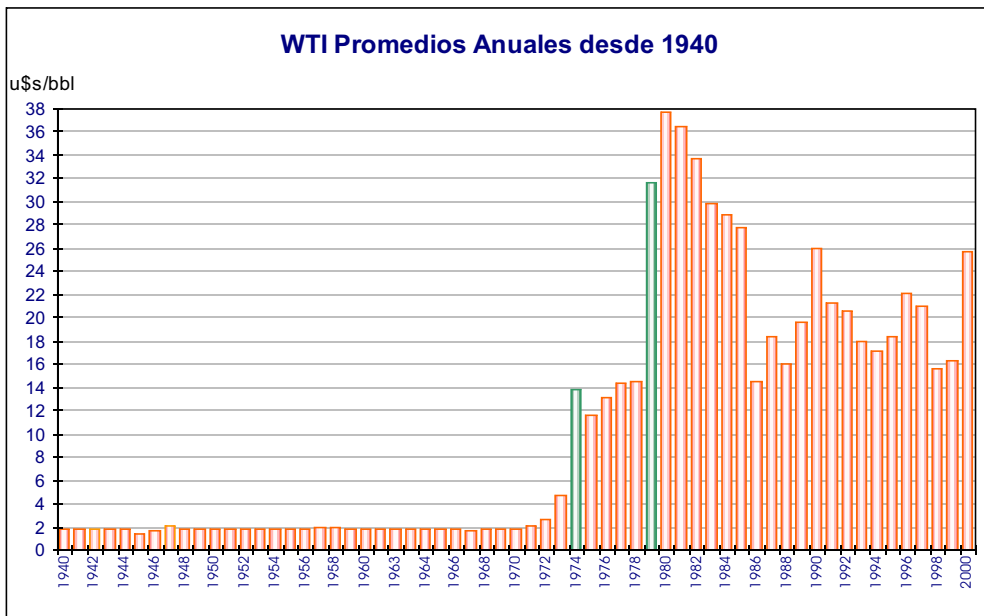
Esta vulnerabilidad fue comprobada históricamente con la crisis del petróleo de 1973, donde el precio del barril pasó de cerca de los 3.0 U\$S a más de 14 U\$S, y la de 1979 donde el precio del barril paso los 35 U\$S, retornando paulatinamente hasta llegar a cerca de los 20 U\$Ss.

La vulnerabilidad que surgió de estas crisis y la preocupación con el medio ambiente, principalmente el recalentamiento global asociado a la emisión de gases-invernadero, estimularon la búsqueda de alternativas energéticas.

En términos mundiales, la energía eléctrica es responsable por el 20% del consumo del petróleo. La sustitución para este sector es viable utilizando el gas natural. En el sector transporte

existen una serie de desarrollos para utilizar distintas alternativas basadas en motores eléctricos, tecnología del hidrógeno, de alcoholes combustibles y de soluciones híbridas de esas alternati-

vas con derivados de petróleo. La viabilidad de concretar el uso masivo de estas tecnologías depende más del esfuerzo político que del esfuerzo científico.



Gas Natural

El gas natural comienza a competir con el petróleo en la década del 30 cuando logra desarrollarse la tecnología de transporte a largas distancias con gasoductos de costos competitivos.

A partir de allí el consumo de gas se expande rápidamente favorecido por la conveniencia de su manejo a nivel industrial y residencial.

Su uso fue intensificado durante las crisis del petróleo de 1973 y 1979, cuando se

evidenció sus óptimas condiciones como sustituto del petróleo en múltiples aplicaciones.

El gas natural es hoy el tercer combustible en la matriz energética mundial, a excepción del kerosén de aviación puede sustituir cualquier combustible, sólido, líquido o gaseoso. Su composición hace que sea menos contaminante que el petróleo y el carbón mineral, con niveles de emisión de CO₂ muy inferiores.

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos e impurezas, básicamente compuesta por metano (su principal componente), etano, propano, butano y

otros más pesados. Las impurezas y los contaminantes, como el dióxido de carbono y el sulfhídrico, se extraen antes de su utilización comercial.

Composición Característica del Gas Natural y Poder Calorífico Resultante

Componente	Símbolo	%	Calorías
Dióxido de carbono	CO ₂	1.98	2864
Metano	CH ₄	91.99	8106
Etano	C ₂ H ₆	3.99	14428
Propano	C ₃ H ₈	0.81	20654
Iso Butano	C ₄ H ₁₀	0.13	26795
N Butano	C ₄ H ₁₀	0.21	26864
Pentano	C ₅ H ₁₂	0.05	33072
Exano y >	+C ₆ H ₁₄	0.09	39271
Nitrógeno	N	0.75	
Total		100.00	
PCI (Poder calorífico)			8392 kcal/Nm ³

El gas natural alimenta aproximadamente el 13% de las centrales termoeléctricas del mundo las cuales son responsables

del 3% de la energía eléctrica primaria producida.

Gasificación del Carbón Mineral

Durante la Segunda Guerra Mundial, Alemania garantizaba su abastecimiento de combustible a través de la gasificación de carbón y su posterior conversión a combustible líquido.

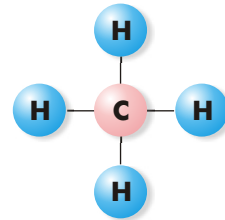
La producción de gas combustible a partir del carbón tuvo recientemente un impulso significativo, después de la crisis

del petróleo, aunque la disminución del precio del petróleo cortó esa disposición inicial. La cuestión ambiental vuelve a tornar oportuna la utilización de estos procesos, dirigida ahora a una mayor eficiencia en el aprovechamiento del carbón y a la simplificación de los sistemas de tratamiento de efluentes.

Relaciones entre los Átomos de Hidrógeno y Oxígeno de Combustibles Fósiles

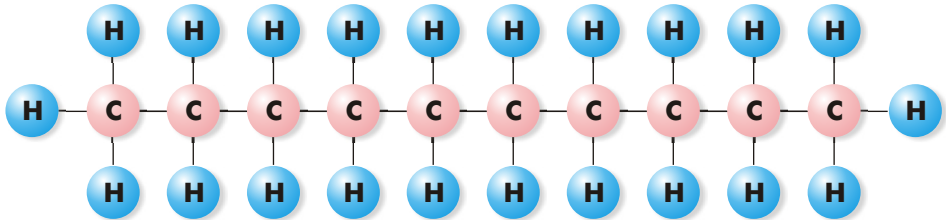
Gas Natural Metano

$$H/C = 4/1 = 4$$



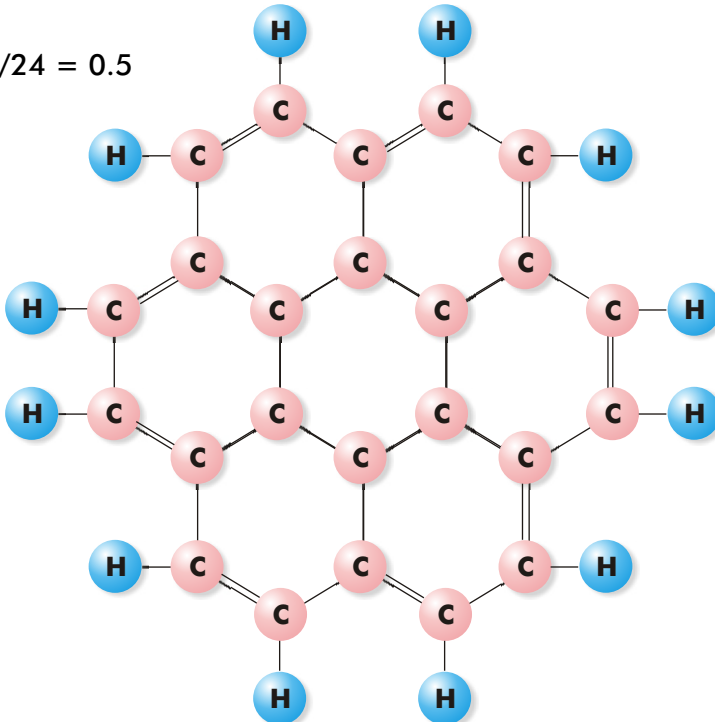
Oil

$$H/C = 22/10 = 2.2$$



Carbón

$$H/C = 12/24 = 0.5$$



Combustibles Nucleares

La energía nuclear aprovecha la propiedad de ciertos isótopos de uranio de dividirse liberando gran cantidad de energía térmica, en un proceso conocido como fisión nuclear.

La utilización de la energía nuclear comienza, en escala comercial, a partir de 1957 cuando se producen importantes adelantos tecnológicos.

En la mayoría de las centrales es necesario que el combustible nuclear pase por un proceso conocido como enriquecimiento, que demanda de importante

conocimiento tecnológico y cuyo acceso es considerado como de índole estratégica.

Aproximadamente el 75% de la producción mundial de uranio es objeto de intercambios internacionales.

La baja tasa de crecimiento de los programas nucleares provocó un excedente de producto, que resulta en precios bajos.

La incidencia del costo del uranio por kWh de energía producida es muy baja.

Aspectos Ambientales

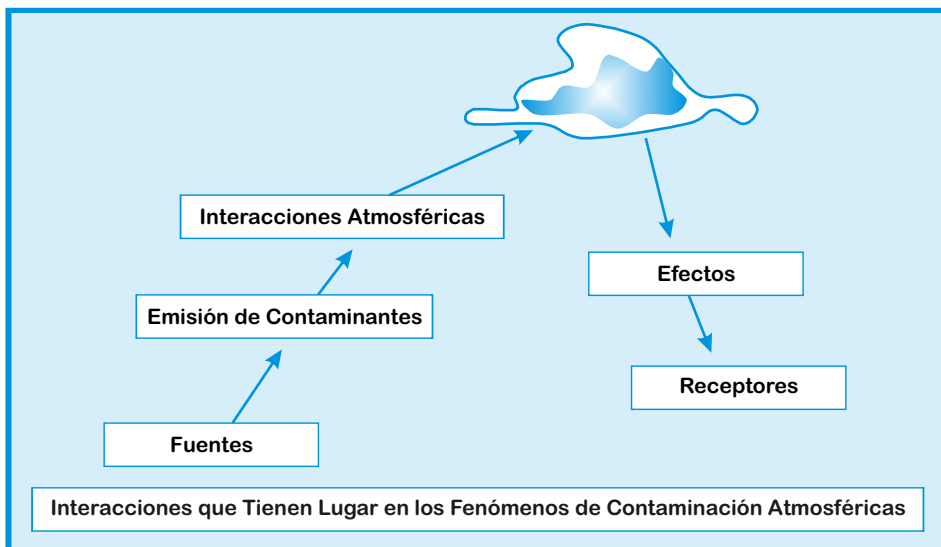
En forma ideal, la combustión de hidrocarburos y de carbón debería dar lugar a la liberación de la energía correspondiente acompañada por la formación de agua y dióxido de carbono, como únicos compuestos resultantes del proceso.

Sin embargo, la existencia de distintos tipos de impurezas en los combustibles, la presencia de nitrógeno y otros gases en el aire y las condiciones reales bajo las cuales se lleva a cabo la utilización de los hidrocarburos hacen que, en muchos casos, sólo se logre una combustión incompleta determinando la aparición de una amplia gama de productos químicos que ingresan a la atmósfera.

La utilización tradicional de combustibles

fósiles introduce anualmente 30.000 millones de toneladas de productos entre los que se incluyen dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, nitrato de peroxiacetilo (PAM), óxidos de azufre, compuestos de plomo, hidrocarburos no saturados, cenizas, hollín, etc.

Esta inmensa masa de contaminantes presenta consecuencias perceptibles sobre los ecosistemas a través de diversos efectos, entre los cuales la polución ambiental en las grandes ciudades y en los centros fabriles, el fenómeno de las lluvias ácidas y el incremento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera son los más significativos.



En la tabla siguiente se presenta la contribución, de distintas actividades, a la contaminación ambiental. En ella pueden observarse las ventajas compa-

rativas que ofrece el gas natural ya que no emite SO_2 ni polvos y muy poco NO_x y CO_2 .

	CO_2 (%)	SO_2 (%)	NO_x (%)	Polvo (%)
Petróleo	30.3	55	87	61
Carbón	26.8	45	9	39
Gas Natural	11.8	0	4	0
Madera/Residuos	1.5			
Deforestación	26.9			
Navegación	1.0			
Fabric. de cemento	1.7			
Total	100	100	100	100

Fuente: International Energy Agency

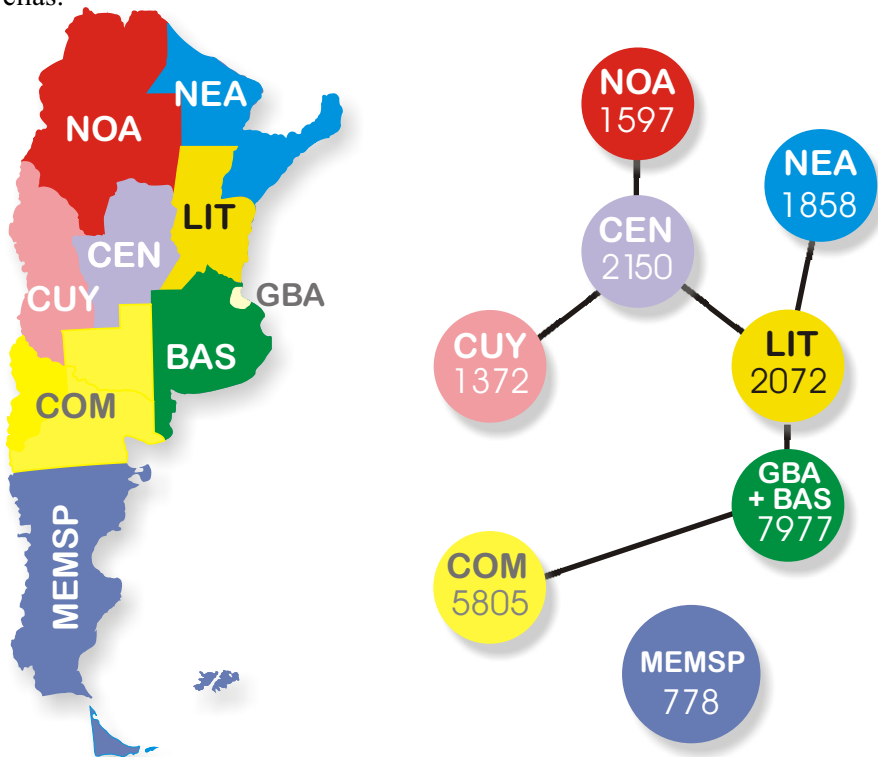
Ing. Sabino Mastrángelo. Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A.(CAMMESA)
e-mail: sabino@mastrangelo.com.ar

Potencia Instalada

El parque generador de energía eléctrica de nuestro país, está compuesto por numerosos equipos de distinto tipo distribuidos en toda su extensión.

Según su ubicación geográfica los equipos de generación pertenecen a ocho regiones principales, estas son: Cuyo (CUY), Comahue (COM), Noroeste (NOA), Centro (CEN), Buenos Aires/Gran Buenos Aires (GBA-BAS), Litoral (LIT), Noreste (NOA) y Patagonia (PAT). La suma de ellas constituye el Sistema Argentino de Interconexión (SADI). Todas las regiones se encuentran interconectadas entre sí salvo la región Patagónica que opera en forma aislada del resto. En la parte interconectada opera el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y en la región Patagónica, donde se encuentra el Sistema Interconectado Patagónico (SIP) opera el Mercado Eléctrico Mayorista del Sistema Patagónico (MEMSP).

En el mapa pueden observarse las regiones señaladas y las vinculaciones existentes entre ellas.



La potencia bruta total instalada al 31 de Diciembre de 2002 en los dos sistemas (MEM y MEMSP) es de 23 609 MW.

Los equipos instalados en MEM y MEMSP se pueden clasificar en tres tipos de acuerdo con el recurso natural que utilizan: Térmico Fósil (TER), Nuclear (NUC) o Hidráulico (HID). Los térmicos a combustible fósil a su vez se pueden subdividir en cuatro tipos tecnológicos de acuerdo con el tipo de ciclo térmico que utilizan para aprovechar la energía: Turbina de Vapor (TV), ciclo Rankine, que utiliza la energía del vapor de agua; Turbina de Gas (TG), ciclo Joule Bryton que utiliza la energía contenida en los gases producidos en la combustión; Turbina de Gas en Ciclo Combinado (CC), Rankine + Joule-Bryton combinación de los tipos anteriores donde se aprovecha la alta temperatura de los gases de escape de la turbina de gas para producir vapor y los Motores Diesel (MD), ciclo Diesel.

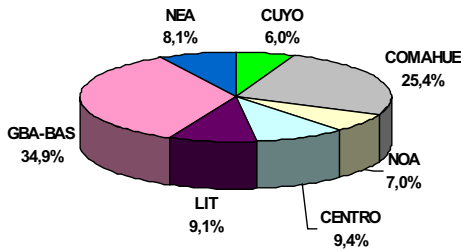
Existen en nuestro país otros tipos tecnológicos como los eólicos, geotérmicos y solares, aunque de baja significación en cuanto a la potencia instalada. Ninguno de estos equipos se encuentra en el ámbito de lo que se denomina MEM o MEMSP. Algunas de estas instalaciones se encuentran operando en forma aislada y otras producen energía en cooperativas, descontando demanda al momento de efectuar las compras al Mercado Eléctrico.

La tabla siguiente expone la potencia térmica instalada (en MW) a Diciembre de 2002 clasificada por región y tipo de equipo.

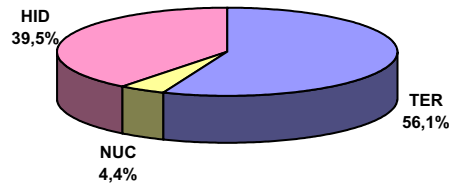
Región/Tipo	TV	TG	CC	MD	Total TER	NUC	HID	Total
CUYO	120	90	374		584		788	1372
COMAHUE		578	742		1320		4485	5805
NOA	261	323	829	4	1417		180	1597
CENTRO	227	297	64		588	648	914	2150
LIT	242	40	845		1127		945	2072
GBA-BAS	3640	571	3409		7620	357		7977
NEA	25	123			148		1710	1858
Total MEM	4515	2022	6263	4	12804	1005	9022	22831
MEMSP		196	63		259		519	778
Total	4515	2218	6326	4	13063 55.3%	1005 4.3%	9445 40.4%	23609

Las diferencias respecto al semestre anterior (ver Boletín Energético N° 9) se deben principalmente a que se completó el Ciclo Combinado de San Miguel de Tucumán.

A continuación se muestra la relación porcentual de la potencia instalada por región y la relación porcentual entre los distintos tipos de fuentes energéticas en el MEM a diciembre del año 2002.

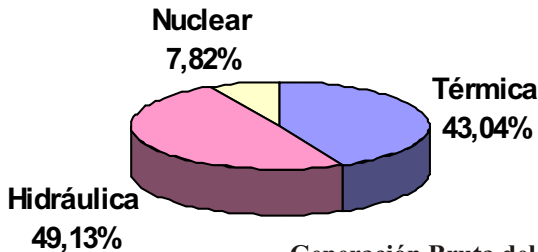


Potencia Instalada por Regiones



Tipo de Potencia Instalada

En el siguiente gráfico podemos apreciar como fue la generación eléctrica bruta de esas mismas fuentes durante todo el año 2002.



Generación Bruta del MEM - 2002

Dentro de la generación que no opera en el Mercado se destaca la eólica, que aporta casi 14 MW y representa el 0,07 % del total del sistema. La mayor parte de ésta, 8 MW, se encuentra en el SIP y los 6 MW restantes se ubican principalmente en el sur de la provincia de Buenos Aires.

Incorporaciones Previstas

CAMMESA tiene previstas y modeladas incorporaciones al MEM para 2003 por sólo 316 MW, ver Tabla I. Por otra parte, informa sobre otros proyectos que tienen posibilidades de concretarse, pero que aún no está definida su fecha de incorporación, que suman 3750 MW, ver Tabla II. Estas cifras, de concretarse su incorporación, representan un incremento del parque actual de 1,4 % y de 16,4 % respectivamente.

La mayoría de este equipamiento (salvo la central nuclear de Atucha 2) corresponde a equipos térmicos que utilizan combustibles fósiles.

Hay que tener en cuenta que estos generadores (al no disponer de fecha de incorporación) requieren un tiempo mínimo de dos años para su concreción.

Tabla I. Incorporaciones previstas de generadores al MEM

Fecha (mes/año)	Empresa Propietaria	Grupo Generador	Potencia (MW)	Potencia Acumulada (MW)	Observaciones
Ago/02 ^(*)	CEMPPSA	POTRERILLOS	170	170	Hidráulica
Ene/03	Pcia. de Jujuy	CH Las Maderas	30	200	
Ene/03	Plus Petrol	Plus Petrol Norte TG	116	316	

* El Complejo Hidráulico POTRERILLOS se compone de tres centrales hidráulicas: El Carrizal, Cacheuta y Álvarez Condarco. De estas aún no ha ingresado la central de Álvarez Condarco con cerca de 30 MW.

Tabla II. Incorporaciones sin fecha definida de puesta en marcha (de difícil concreción en el mediano plazo)

Empresa	Grupo Generador	Tipo	Potencia (MW)	Potencia Acumulada (MW)
NASA	ATUCNU02	NUC	745	745
ENARGEN	ENARCC01	CC	480	1225
C. Las Playas	LPLACC01	CC	250	1475
GENELBA	GEBACC02	CC	850	2325
Central Piedrabuena	BBLACC01	CC	780	3105
CAPEX	LDLACV01	CV	200	3305
Termoandes	TANDCC01	CC	203	3508
C.T. NOA	INDECC01	CC	242	3750

Fuente: CAMMESA Agosto 2002

Costo Variable de Producción y Orden de Despacho

Debido a que la demanda tiene importantes variaciones a lo largo del día, CAMMESA debe decidir con qué unidades generadoras la va a cubrir; para ello realiza el despacho económico de las unidades, manteniendo como función objetivo la minimización de la suma del Costo Variable de Producción (CVP), el Costo Variable de Transporte (CVT) y la valorización de la Energía No Suministrada (ENS), todo ello con ajuste a las restricciones de transporte, disponibilidad de combustibles y de agua y demás limitantes operativas.

Con este objetivo confecciona un orden de mérito con las unidades generadoras y si la demanda aumenta o disminuye les solicita que ingresen o salgan del sistema, respetando ese orden de mérito con algunas excepciones.

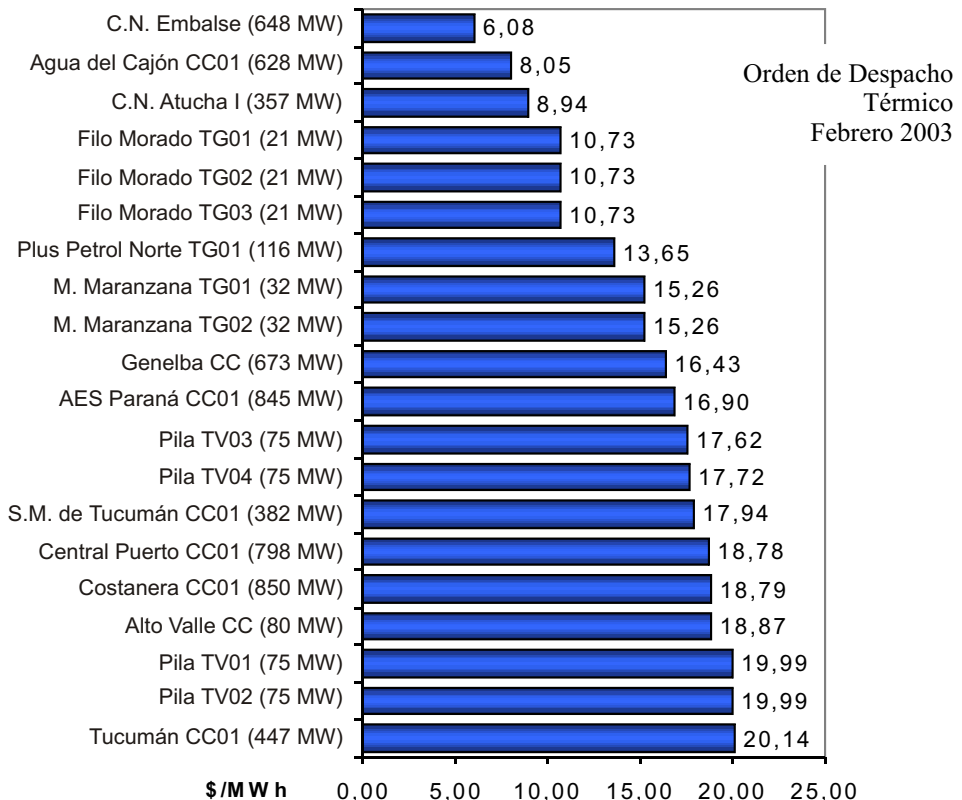
Hasta hace un tiempo, este orden de mérito consideraba la incidencia del combustible en el costo de generación y otros costos variables no combustibles, pero estos últimos con un tope del 15% del valor del combustible.

Recientemente, mediante la Resolución de la Secretaría de Energía SE N° 8, se han introducido algunas modificaciones a la mecánica de sanción de precios respetando los principios básicos antes mencionados, pero permitiendo la total recuperación de todos los costos variables.

Por lo tanto el CVP ahora incluye además los costos Variables de Operación y Mantenimiento que también tienen topes por rango y tipo de generación.

El despacho económico se realiza sobre la base de los CVP declarados y aceptados por CAMMESA. La sanción se efectúa con el mínimo valor entre el CVP declarado y el valor de referencia calculado por CAMMESA.

En principio y para dar una idea del orden de prioridad con el cual las máquinas térmicas cubren la demanda del SADI, se presenta la tabla con la lista de mérito de las 20 primeras unidades térmicas.



Los valores indicados en el gráfico corresponden a los CVP declarados por los generadores, divididos por los factores de nodo correspondientes a cada generador, con el objeto de trasladar estos valores al Centro de Carga del Sistema (CCS).

Una vez determinado el despacho de cada unidad se establece el precio en el mercado (el CVP de la máquina más cara que está entregando energía al sistema) y en cada nodo, esto equivale al costo de producir una unidad de energía adicional, respetando las restricciones establecidas.

Sobre la base de estos precios se remunera a los generadores que operan en cada momento, el precio que cada uno recibe equivale al precio en el CCS por el Factor de Nodo.

Evolución de los Precios

Durante el segundo semestre del año 2002 el precio de la Energía Eléctrica en el MEM ha sido superior en pesos al correspondiente del año 2001, en cambio si consideramos la devaluación producida, su valor en moneda constante ha sido muy inferior.

Se indica a continuación la evolución del precio en el mercado spot en pesos durante el segundo semestre del año 2002, durante el año 2001 y los precios estacionales sancionados por CAMMESA (Figura 3).

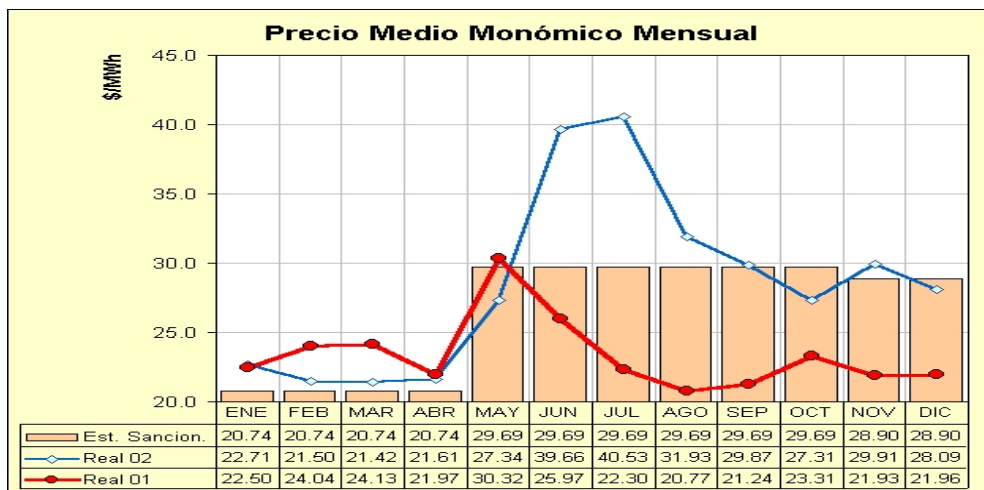


Figura 3. Precios del MEM en el primer semestre de 2002

Los precios anteriores son promedios mensuales extraídos del informe mensual de CAMMESA.

A continuación se indica la evolución del precio de la energía y el precio monómico desde el año 1992.

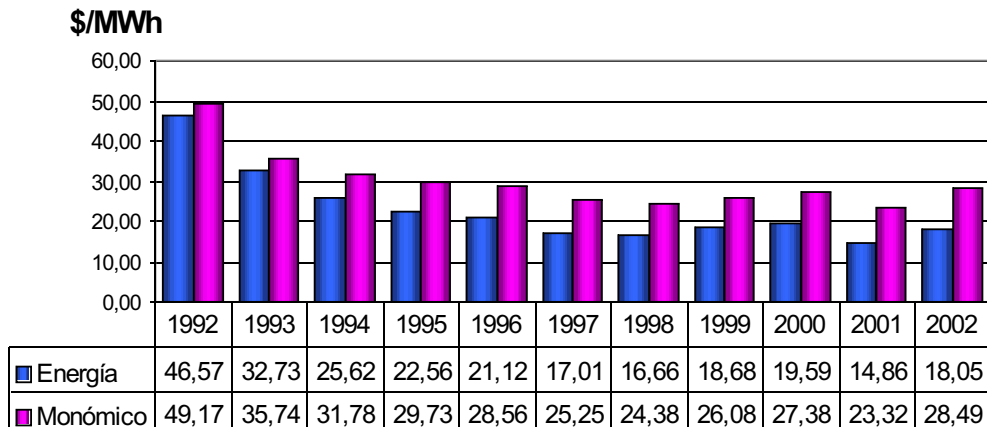


Figura 4. Precios Promedio Anuales

Los valores están expresados en pesos y hay que tener en cuenta para su comparación que en el año 2002 se produjo una importante devaluación.

Si tomáramos en cuenta los valores a moneda constante (U\$S) los valores correspondientes al año 2002 serían muy inferiores a los correspondientes a años anteriores como se puede apreciar en la tabla siguiente.

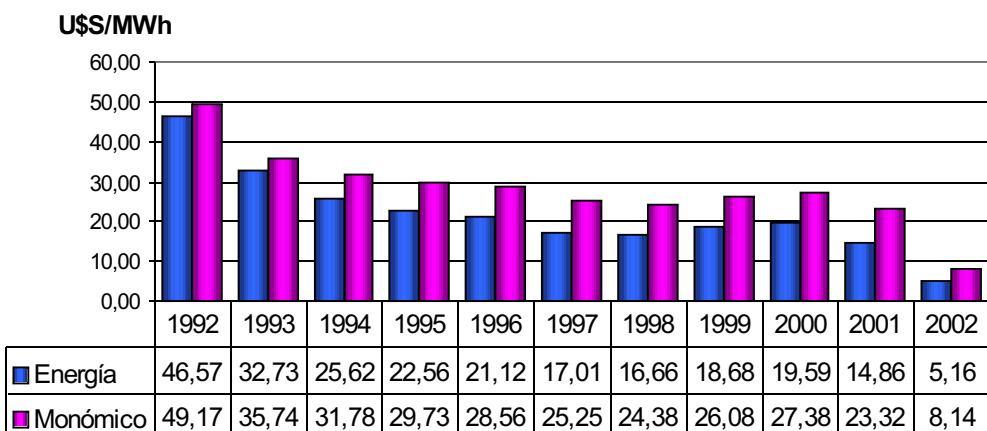


Figura 4. Precios Promedio Anuales

Nueva Fábrica de Enriquecimiento Isotópico de Uranio en Brasil

La empresa Industrias Nucleares do Brasil (INB) ha inaugurado su nueva fábrica de enriquecimiento isotópico de uranio en Resende, estado de Río de Janeiro.

Con esta nueva fábrica, que ha requerido una inversión de unos 140 millones de euros, se atenderá el 95% de los suministros de combustibles nucleares necesarios para Brasil a partir de 2003, ahorrando a dicho país unos 13 millones de euros al año.

El Parlamento Italiano Estudia una Nueva Ley sobre Energía Nuclear

El parlamento italiano está estudiando un borrador de ley que permitiría a las empresas eléctricas italianas tomar parte en compañías nucleares extranjeras.

El documento, aprobado por el Consejo de Ministros en septiembre, también apunta a la posibilidad de una vuelta a la utilización de la energía nuclear en Italia en el futuro.

El borrador de ley está siendo analizado actualmente por la Comisión de Industria de la Cámara de Diputados. Si se aprueba pasará a la Cámara Alta.

Acuerdo Marco de Cooperación entre la CNEA y la Secretaría de Energía

El 13 de junio de 2002 se firmó el Acuerdo Marco entre la Secretaría de Energía de la Nación y la CNEA, a través de sus máximas autoridades. El objetivo del Acuerdo es desarrollar actividades en forma conjunta en el área general de la energía. Las mismas serán llevadas a cabo por la Comisión Nacional a través del Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable (IEDS), creado para tal fin.

El Secretario de Energía manifestó que la Secretaría tiene funciones



Boletín Energético

Elaborado por la Oficina de
Prospectiva sobre los Usos Pacíficos de la Energía Nuclear

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Av. Libertador 8250. Capital Federal (C1429BNP)

Tel: 4704-1145

E-Mail: rey@cnea.gov.ar

<http://www.cnea.gov.ar/energe/portada.htm>

cnea