

¿Energías alternativas o complementarias?

R e n o v a b l e s

Todavía se habla de fuentes energéticas renovables para diferenciarlas de la energía de origen fósil (carbón, petróleo, gas) que se agota gradualmente. La distinción procede de los años en que la obsesión energética era la escasez del petróleo, la fuente energética por excelencia del siglo XX.

A fines del siglo XX, la obsesión por la escasez ha sido sustituida por otra obsesión: la contaminación. La combustión fósil contamina y la contaminación ya dejó de ser un problema localizado. Se ha instalado la teoría de la causalidad entre la emisión de gases de efecto invernadero y el calentamiento global del planeta. Las concentraciones excesivas en la atmósfera de dióxido de carbono (CO₂), clorofluorcarbonados, óxidos nitrosos (N₂O) y metano (CH₄) alteran la forma en que la energía proveniente del sol interactúa con la atmósfera. La mayor presencia de estos gases (en particular el dióxido de carbono) aumenta la capacidad de conservación del calor en las alturas de la troposfera e impide el retorno de los rayos solares (de onda larga) recalentando la atmósfera.

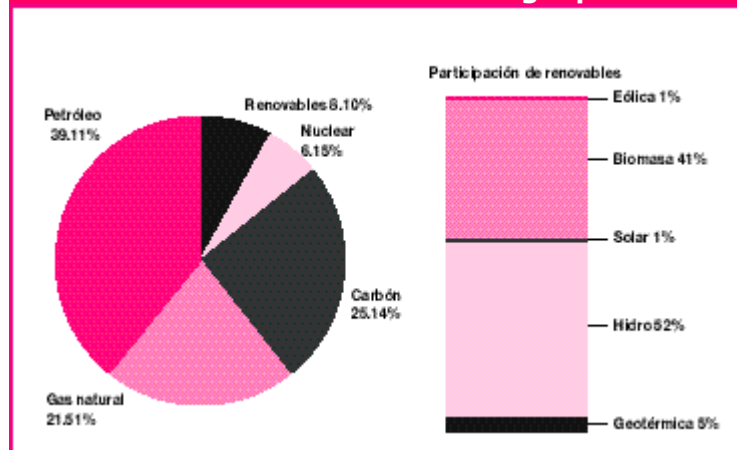
La vinculación esencial y causal entre la combustión de fósiles y el daño ambiental global adquirió carta de ciudadanía política en la cumbre de Río de Janeiro, Brasil, en 1992. Allí se aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, donde se establece como objetivo final la estabilización de la concentración de gases en la atmósfera a niveles que impidan interferencias peligrosas de origen humano en el sistema climático, y en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio. (Ver Carta Petrolera n° 53, septiembre de 1998.)

A partir de la nueva obsesión, la categorización entre fuentes de energía renovables y no renovables pierde su tradicional relevancia. Si ahora el eje de la diferenciación es la contaminación y particularmente la emisión de gases de efecto invernadero, hay que distinguir los combustibles fósiles de las fuentes alternativas. La energía nuclear no es una fuente de energía renovable, y pese a los serios cuestionamientos ambientales que enfrenta, no es emisora de gases de efecto invernadero. En este sentido es una fuente alternativa a la energía fósil.

Las fuentes fósiles van a seguir dominando la matriz de energía primaria por muchos años. Hoy aportan 86% de la oferta

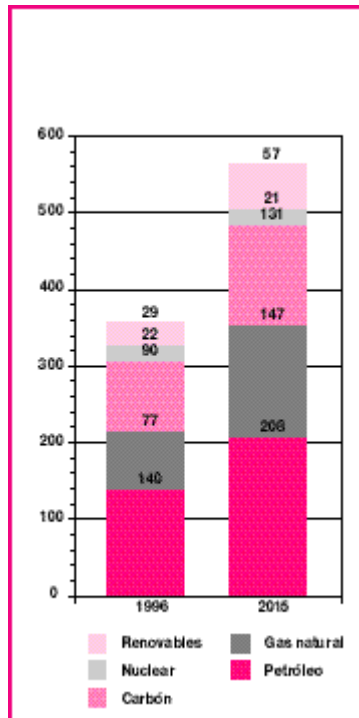
primaria de energía (**ver cuadro 1**) y en el 2015 seguirán aportando casi lo mismo, según una proyección del *Oil & Gas Journal*, con la salvedad que se está produciendo un proceso de sustitución intrafósiles (el gas natural desplaza al carbón natural del segundo lugar) en la dirección de las nuevas demandas ambientales.

Cuadro 1 - Matriz mundial de energía primaria 1996

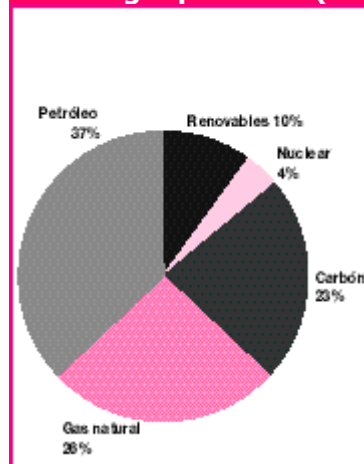


Los recursos fósiles no son escasos. Las reservas probadas de petróleo, teniendo en cuenta las actuales tasas de recuperación promedio de alrededor de 38%, son de 40 años. Pero en el Congreso Mundial de Energía de Houston, Estados Unidos (septiembre de 1998), Mr. Brown, CEO de Bristish Petroleum, recordó a la audiencia que en las explotaciones de Alaska, con los nuevos desarrollos tecnológicos, está obteniendo tasas de recuperación de 60%. Esta aseveración nos da una idea de la magnitud de las reservas petroleras que se pueden incorporar con uso de tecnologías cada vez más accesibles a menores costos. Las reservas de gas natural también cubren un horizonte de más de 50 años. Las de carbón mineral 150 años. Con abundancia de recursos fósiles y regulaciones ambientales cada vez más exigentes, la irrupción de energías alternativas será creciente (**ver cuadros 2 y 3**). Pero salvo un salto tecnológico significativo, el crecimiento de las fuentes alternativas complementará al de las fuentes fósiles. De allí nuestra preferencia por utilizar la categorización *fuentes complementarias*.

Cuadro 2 - Evolución de las fuentes de energía primaria (cuadrillón BTU)



Cuadro 3 - Matriz mundial de energía primaria (2015)



Evolución

En la pasada década el crecimiento mundial del uso de fuentes complementarias de energía ha sido significativo. Los distintos tipos de energía eólica, solar, geotérmica e hidroeléctrica han crecido a una tasa promedio de 27% anual. La hidrogenación mantuvo crecimientos promedios de 2,5% entre los años 1987 y 1996. Canadá, Estados Unidos, Brasil, China y Rusia fueron los líderes de la producción hidroeléctrica.

Estados Unidos encabeza las posiciones en el uso de fuentes complementarias renovables. Si se contabiliza la energía

geotérmica, solar, eólica, hidroeléctrica y de la biomasa, Estados Unidos produjo en el balance de 1996 25.000 millones de kw/h (86% del total mundial). Brasil, con su programa de combustibles de la biomasa, ocupó el segundo lugar con 7.800 millones de kw/h, seguido de Filipinas (5.700 millones de kw/h), México (5.400 millones de kw/h) e Italia (3.900 millones de kw/h).

El incremento de las fuentes complementarias de energía (con la excepción de la energía nuclear) se atribuye a distintos factores: reducción de los costos de las nuevas tecnologías, mejoras productivas y crecientes demandas de energías limpias. En la actualidad, tanto Asia, como Latinoamérica y Africa están explorando oportunidades y desarrollando proyectos para promocionar la generación de energías complementarias. El Banco Mundial apoya todas estas iniciativas proveyendo financiamiento.

La industria de células fotovoltaicas (energía solar) aumentó la producción casi 50% en 1998. Compañías como Shell y Enron comienzan a posicionarse como importantes actores en el crecimiento que ofrecen estos mercados.

El grupo Royal Dutch/Shell proyecta que las fuentes de energía complementaria van a representar una proporción creciente del *mix* energético que abastecerá al mundo en las próximas décadas. Si se excluye a la energía nuclear, creciendo a una tasa de 3,6% anual, las energías complementarias representarán 10-12% del conjunto de fuentes primarias en los próximos 30 años. Los bajos precios de los combustibles fósiles retardan el ritmo de penetración. Las demandas ambientales lo aceleran. La respuesta está en el desarrollo y difusión tecnológica y en los costos.

Todavía las fuentes de energía no convencionales son muy inestables y esto dificulta la generalización de su uso.

Del total de la inmensa cantidad de energía que el sol produce, mediante un proceso de fusión termonuclear, sólo una ínfima parte llega hasta el límite externo de la atmósfera terrestre: 1,353 kw/metro cuadrado (constante solar). Si tenemos en cuenta que en la superficie terrestre esta cantidad es aún más baja se plantea una paradoja: cubrir el cielo con paneles implicaría una mayor necesidad de electricidad para iluminar las oscuras ciudades. Por eso la energía solar es utilizada para satisfacer necesidades particulares de aquellos que pueden pagar los costosos paneles fotovoltaicos.

La energía eólica, aprovechada mediante molinos desde hace varios siglos, ha experimentado cierto auge a partir de 1990. Desde entonces, la generación eólica de energía eléctrica ha

aumentado un promedio de 20% anual, incremento centrado en unos pocos países: Estados Unidos, Alemania, Dinamarca e India. El problema de la energía eólica es, obviamente, que no siempre sopla el viento. Además la tecnología no ha logrado superar las dificultades que presenta el almacenamiento eficiente y barato para los períodos en que el viento no alcanza para hacer girar las pesadas aspas de los modernos y gigantes molinos, o en los que las nubes no permiten que los paneles de células fotovoltaicas hagan su trabajo.

Los emplazamientos hidroeléctricos están cuestionados ambientalmente y su factibilidad económica es jaqueada por la tecnología de ciclos combinados en aquellas regiones alcanzadas por los desarrollos de gas natural. La tecnología nuclear todavía no supera su *capitis diminutio* con los desechos radiactivos y si agrega, a los costos totales, los costos de desmantelamiento de las plantas, queda fuera de competencia. Tampoco los combustibles de la biomasa pueden competir en precios. La producción de alcohol en Brasil demanda fuertes subsidios.

Todas estas debilidades impiden la penetración masiva de las fuentes complementarias y reducen por el momento su papel a nichos de mercado o a desarrollos que requieren subsidios públicos. El hidrógeno aparece, en este escenario, como una nueva fuente complementaria que podría avanzar sobre los problemas de las otras y erigirse, a mediados de siglo, en una energía predominante de uso masivo.

¿Jaque al rey?

El gas hidrógeno es uno de los elementos químicos más livianos y abunda en el universo. Es posible hallar hidrógeno en estrellas jóvenes, en el polvo interestelar y en las nubes de gas suspendidas en el espacio. En la corteza terrestre es el tercer elemento más común después del oxígeno y el silicio. Se encuentra libre en las emisiones volcánicas, en el gas natural y en la estructura de ciertas rocas. En cambio, como elemento combinado está presente en el agua que constituye 70% de la superficie de la tierra, en la materia orgánica (biomasa), en el gas natural, el petróleo y el carbón. El hidrógeno también es portado por recursos primarios de energía tales como el sol y el viento.

Así como la producción de gas hidrógeno puede provenir de distintas fuentes, su combustión no contamina el medio ambiente. Su desecho es agua.

Hasta hace unos años el hidrógeno era caro e ineficiente de fabricar, almacenar y quemar. Se utilizaba para mover cohetes

"pesados" de satelización como el Energía (ruso), el Ariane (europeo), el H2 (japonés) y el más mediático taxi espacial de la NASA. También se lo utilizaba en misiones espaciales para generar electricidad y producir vitales cantidades de agua mediante el empleo de celdas de combustibles (*fuel cells*). Una de las asignaturas pendientes del hidrógeno para competir con las fuentes convencionales es el almacenamiento en alta densidad. Siendo tan liviano, comprimirlo no es práctico, y licuarlo supone perder 12% de su energía en la refrigeración necesaria (hay que llegar a 253 grados Celcius bajo cero).

En los últimos años hubo una importante maduración tecnológica y el hidrógeno comenzó a introducirse en la economía cotidiana a partir de dos importantes innovaciones: el almacenamiento de hidrógeno con nanofibras de carbono y la utilización de las celdas de combustible en la industria automotriz. Estos adelantos permiten al hidrógeno empezar a penetrar un sector de dominio indiscutido de los combustibles fósiles: el transporte.

Desde que en 1774 James Watt patentó en Inglaterra un coche propulsado a vapor, quedaron en claro las dos directrices que iban a regir el futuro de la industria automotriz: la eficiencia de la autopropulsión y la autonomía del combustible que la hacía posible. El petróleo inauguró su reinado energético a caballo de la nueva industria del automóvil. Sus combustibles derivados desplazaron al vapor fundamentalmente por la autonomía que aseguraba ese pequeño artefacto disimulado en alguna parte de la carrocería del automóvil: el tanque combustible. Hoy el transporte es responsable de la mayor parte de la polución ambiental. De los contaminantes atmosféricos y modificadores del medio ambiente, 32% proviene de la circulación vehicular.

Una de las alternativas exploradas por la industria automotriz para dar respuesta a la contaminación ambiental es la aplicación del motor eléctrico al automóvil, en todas sus modalidades. Pero las baterías que alimentan estos motores no pueden competir con el tanque combustible: no ofrecen la misma autonomía. El hidrógeno está en condiciones de superar esta restricción. Las unidades propulsadas a hidrógeno pueden ser híbridas cuando reemplazan el tanque combustible por un almacenador de hidrógeno de nanotubos de carbono. En esta variante, la autonomía sigue siendo limitada. Si se reemplaza también el motor por una celda combustible tipo Ballard, la autonomía puede llegar a ser muy superior a la de los combustibles convencionales.

La celda combustible capaz de generar electricidad por reacción electroquímica aplicable al transporte fue diseñada originalmente por General Electric, pero su construcción requería de

importantes cantidades de platino, lo que hacía inaccesible el producto para su uso masivo en la industria del automóvil. La canadiense Ballard Power System mejoró la tecnología de GE reduciendo considerablemente la cantidad de platino necesario y bajando los costos.

Distintas marcas automotrices han comenzado a desarrollar proyectos de automóviles propulsados a hidrógeno que incorporan el motor de celda combustible. La única emisión de estos motores es vapor de agua. Si la tecnología se afianza y los costos se hacen competitivos el hidrógeno puede llegar a jaquear el reinado de los combustibles fósiles. Las automotrices y algunas grandes petroleras han comenzado a incorporar esta alternativa en sus estrategias de largo plazo.

Hoy el hidrógeno producido en Canadá es el más barato del mundo. Es de origen hidroeléctrico y se exporta a Alemania, donde ya mueve ómnibus en Hamburgo a un precio que oscila entre US\$ 125 y 171 el metro cúbico. El rendimiento energético de un metro cúbico de gas hidrógeno equivale a 200 litros de nafta súper.

La Argentina puede producir hidrógeno, a partir del viento, en la Patagonia. Las Naciones Unidas ya están financiando un estudio sobre el tema. La Patagonia tiene promedios de viento de entre 9 y 11 metros por segundo, cifra superior a las de Dinamarca y Alemania, países que se distinguen por la generación eólica. La producción de hidrógeno a partir del viento facilitaría la viabilidad económica de muchos proyectos de generación de energía eólica. A la electricidad para abastecer áreas limitadas se le agrega la producción de hidrógeno para distintos destinos, incluso para ser inyectado en alguna proporción de mezcla en los gasoductos que transportan gas natural.

Existen otros métodos para obtener hidrógeno y su gama es tan amplia, que permite la utilización de materias primas tales como metanol, gas metano, biomasa, gasolina y *gasoil*, entre otros.

La Argentina

La utilización de energías complementarias ha crecido en la Argentina a partir del desarrollo relativo de las granjas eólicas y de la fotovoltaica.

La capacidad eólica instalada creció 800% en cinco años. Ya existían en la Patagonia algunas instalaciones eólicas en Radatilly y Cutral-Có. Comodoro Rivadavia cuenta, desde mediados de 1997, con un parque eólico con ocho turbinas de 750 kilovatios y dos de 250 kilovatios.

Con la aprobación de la llamada ley "Greenpeace" los proveedores de energía eólica iban a ser reembolsados en un centavo por cada kilovatio/hora generado, dinero que debían aportar los generadores de electricidad que queman hidrocarburos. El subsidio y la posibilidad potencial de integrar el negocio eólico a la producción de hidrógeno contribuirían a afianzar el crecimiento de esta fuente de energía alternativa. El Poder Ejecutivo vetó la ley.

En el caso de la generación fotovoltaica, su incremento ha estado asociado a la generación remota de energía dirigida a satisfacer demandas puntuales en zonas fuera del alcance de las redes de distribución existentes y para distintos usos finales que van desde la electrificación de escuelas rurales hasta la protección catódica o la señalización de vías fluviales. El mercado de paneles fotovoltaicos era de 1Mwp/año en el relevamiento de 1997.

El costo del equipamiento de generación eólica y la fotovoltaica ha disminuido significativamente en los últimos años, circunstancia que ha sido un factor de peso en el desarrollo de estas tecnologías. El costo del kw instalado en la Argentina en la última central eólica fue del orden de los US\$ 800.

El precio de los módulos fotovoltaicos, comprados en cantidades, es del orden de US\$ 6/Wp sin IVA en el mercado local, lo que significa una disminución del costo de instalación superior a 30% en los últimos años. Han aparecido nuevas marcas y nuevos proveedores.

Las otras energías complementarias no han tenido un desarrollo proporcional a las anteriores. No hay avances en generación geotérmica desde hace muchos años. La generación a partir de la biomasa tampoco presenta novedades importantes, si bien se han presentado algunos desarrollos de demostración tecnológica de generación de energía eléctrica de pequeña escala.

En el campo de la generación eléctrica, con micro, mini y pequeños aprovechamientos hidráulicos para sistemas no conectados a la red troncal, sólo se han observado progresos en algunas provincias.

En términos generales, la fuerte disminución de los precios de la energía eléctrica en el mercado mayorista como consecuencia de la desregulación de la industria es uno de los mayores desafíos que deberán enfrentar estas nuevas tecnologías para poder competir. A la vez, la transformación sectorial ha inducido una más detallada evaluación de costos de generación en áreas rurales, incluyendo no sólo la inversión inicial sino el costo del ciclo de vida de prestación que, como contrapartida, favorece la

utilización de estas tecnologías en áreas de baja densidad de usuarios.

Dispersa

En la Argentina hay 3 millones de habitantes de áreas de baja densidad poblacional con muchas dificultades de acceder al servicio eléctrico a través de la extensión de las redes existentes por razones tanto técnicas como económicas. En similares condiciones se encuentran alrededor de 6.000 servicios públicos que atienden las mismas zonas rurales (escuelas, dispensarios médicos, servicios civiles diversos, policía, etc.).

La Secretaría de Energía ha puesto en marcha, desde fines de 1995, un programa de abastecimiento a las áreas rurales de baja densidad denominado PAEPRA (Programa de Abastecimiento Eléctrico de la Población Rural Dispersa). El programa propone el concesionamiento de las áreas de baja densidad de usuarios a prestadores privados de servicios eléctricos por períodos similares a los de las concesiones eléctricas normales, con contratos alineados con las posibilidades técnicas y económicas que impone la tecnología disponible.

Las concesiones son, desde el punto de vista territorial, complementarias a las otorgadas para los mercados concentrados. Como en gran cantidad de casos los costos de estos servicios están por encima de las posibilidades económicas de los usuarios a quienes están destinados, se prevé la aplicación de subsidios, que permitirán a los concesionarios una recaudación alineada con los costos reales del suministro. El otro aspecto destacable es que, en la gran mayoría de los casos, el suministro se realizará utilizando energías renovables (solar, eólica, microturbinas hidráulicas, etc.) en competencia con otras tecnologías adecuadas para la generación distribuida de electricidad (diesel). La participación de tecnologías ha sido estimada en: 75% solar fotovoltaica, 9% eólica, 8% mini-micro hidráulica y 8% grupos diesel para sistemas colectivos aglomerados.

El programa tiene una duración de cinco años y prevé una inversión de más de US\$ 300 millones. La mitad de la inversión será recuperada a partir de las tarifas pagadas por los usuarios, 110 millones provendrán de subsidios provinciales a partir de los fondos eléctricos y el resto surge de un fondo especial para el programa aportado por la Secretaría de Energía.

Las previsiones de la Secretaría de Energía son:

Escenarios de demanda

al 2001 (en cantidad de usuarios)			
	Medio	Alto	Bajo
Usuarios residenciales	310.000	450.000	155.000
Usuarios de servicios públicos	6.183	9.275	3.092
Total	316.183	459.275	158.092

La potencia que se espera instalar en el escenario medio es de 17.000 kw.

Los escenarios planteados están relacionados con el grado de adhesión de las provincias, la respuesta de los usuarios y los precios relativos de las distintas tecnologías de suministro.

Tomando los valores del escenario medio los **cuadros 4 y 5** describen la incorporación estimada de potencia, así como la contribución de esas tecnologías a la generación total.

Cuadro 4 - Energías renovables (capacidad instalada en MW)										
Tecnología	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	OBS
Eólica (granjas eólicas)	11,0	14,0	19,0	29,0	39,0	49,0	59,0	69,0	79,0	
Eólica (pequeños aerog.)	0,6	2,1	3,6	5,1	6,6	8,1	9,6	9,6	9,6	Prog. Rural
Fotovoltaica (mercado)	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	
Fotovoltaica		2,3	4,5	6,8	9,0	11,3	13,5	13,5	13,5	Prog. Rural
Bioelectricidad	307,0	307,0	307,0	307,0	307,0	307,0	307,0	307,0	307,0	Sin Incremento
Minihidráulica	40,0	42,7	45,4	48,1	50,8	53,5	56,2	58,9	61,6	
Total	360,6	371,1	383,5	401,0	418,4	435,9	453,3	467,0	480,7	

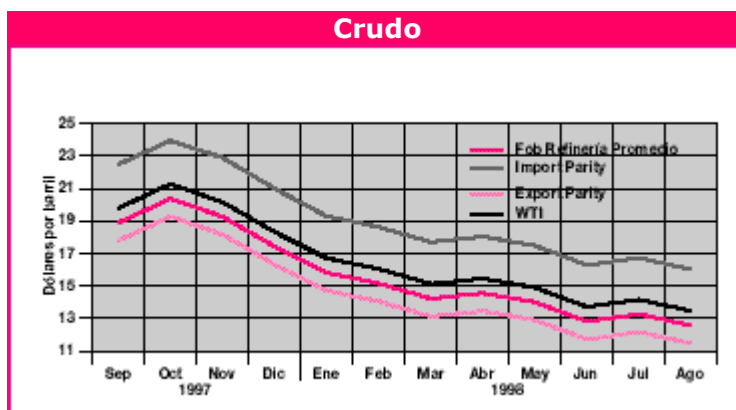
Cuadro 5 - Energías renovables (estimación de la energía entregada anualmente)										
Tecnología	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	OBS
Eólica (granjas eólicas)	37,9	48,3	65,5	100,0	134,5	169,0	203,5	238,0	272,5	(GWh)
Eólica (pequeños aerog.)	0,5	2,0	3,5	5,0	6,5	8,0	9,5	9,5	9,5	(MWh) Prog. Rural
Fotovoltaica (mercado)	2,9	4,4	5,8	7,3	8,8	10,2	11,7	13,1	14,6	(MWh)
Fotovoltaica	0,0	3,3	6,6	9,9	13,1	16,4	19,7	19,7	19,7	(MWh) Prog. Rural

Bioelectricidad	403,4	403,4	403,4	403,4	403,4	403,4	403,4	403,4	403,4	(GWh) Sin Incremento
Minihidráulica	105,1	112,2	119,3	126,4	133,5	140,6	147,7	154,8	161,9	(GWh) Factor de Uso 0,3
Total (GWh)	546,5	461,4	484,9	525,6	566,4	607,1	647,9	683,8	719,8	

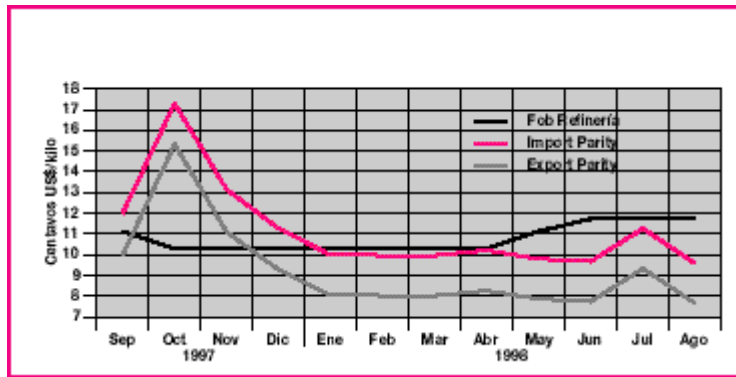
Nota: Se han diferenciado los casos de unidades de la misma tecnología con distintos factores de utilización.

Mercado local respecto del negocio de oportunidad

El seguimiento de los precios de los crudos locales y de los principales derivados, se efectúa en función del negocio de oportunidad que ofrece el mercado externo. Si el crudo no lo vendo localmente, lo puedo exportar. Si no lo compro localmente, lo puedo importar. Lo mismo sucede con los derivados. El negocio de oportunidad queda reflejado en las respectivas paridades de importación y exportación. En materia de crudo hemos tomado la cotización de un crudo promedio en la Argentina. La referencia internacional está dada por la cotización del WTI (West Texas Intermediate). Para la nafta súper, tomamos como referencia del negocio de oportunidad la cotización de la gasolina *premium unleaded 92 US Gulf* o equivalente. Para la nafta normal, la regular *unleaded 87 US Gulf* o equivalente. Para el *gasoil*, el *gasoil* destilado n° 2 US Gulf con 0,3% de azufre o equivalente. Para el *fueloil*, el *fueloil* US Gulf con 1% de azufre o equivalente. Para el gas licuado a granel (glp), el glp de Arabia Saudita y de Mont Belvieu, Texas.

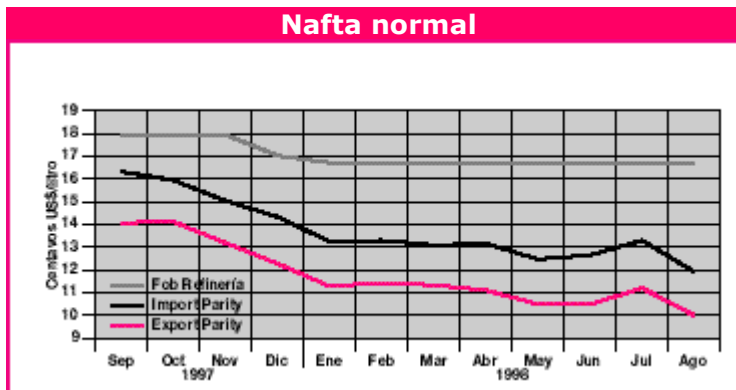


Fueloil

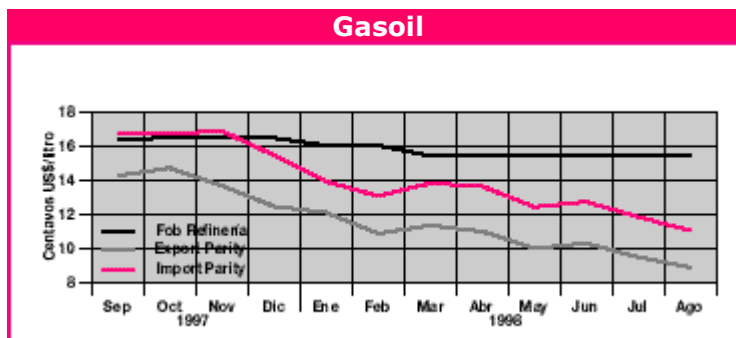
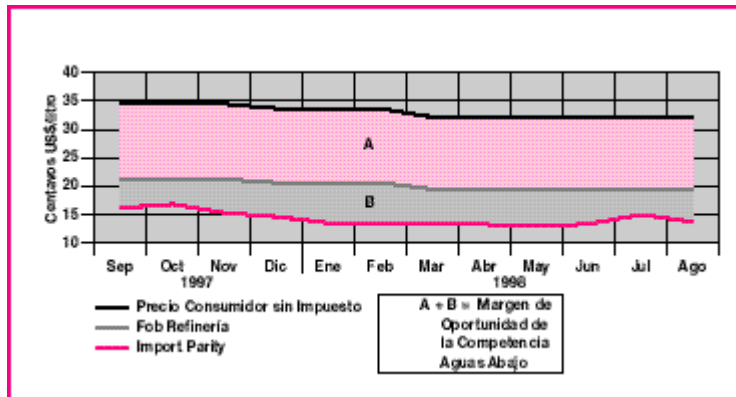


Margen de oportunidad de la competencia

Este es un concepto que hemos desarrollado para ir siguiendo con la serie estadística la oportunidad de entrada a nuevos actores que ofrece el desborde de precios **ex-refinería** de los productos por encima de la paridad de importación, teniendo en cuenta el precio en el surtidor final antes de impuestos. Va de suyo que quien quiere competir con producto importado, si no es un estacionero instalado que pueda mudar de bandera, además de comprar en tanque de puerto, debe afrontar la inversión de instalación o compra de una estación de servicio. El margen de oportunidad de la competencia será en el mediano plazo un indicador del grado de competencia e internacionalización del mercado petrolero local.

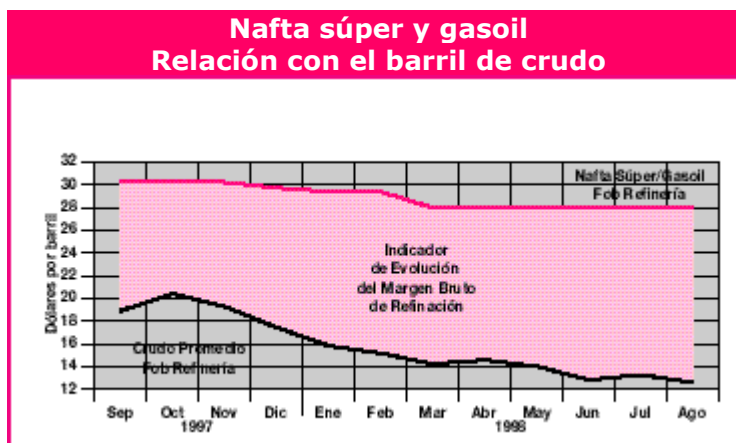


Nafta súper



Margen bruto de refinación

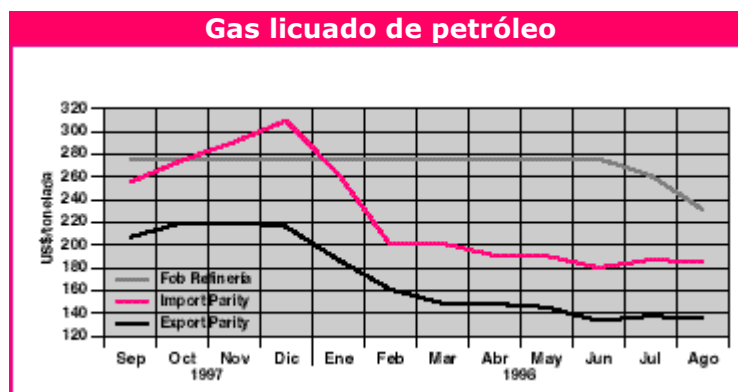
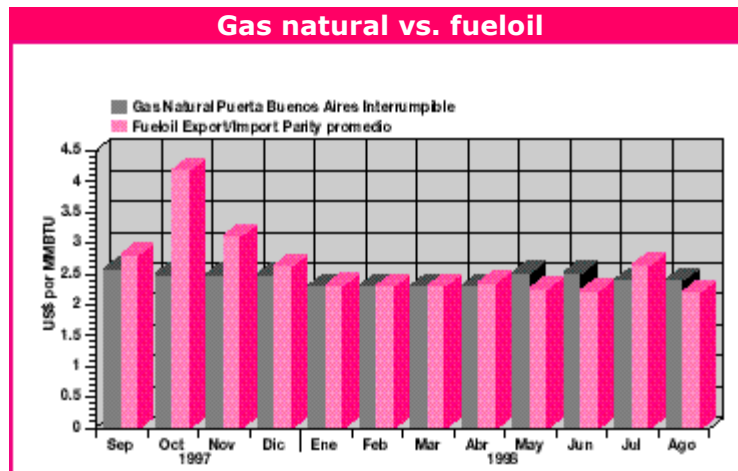
Establece una referencia entre el precio del crudo que entra a refinería y la valorización de los principales productos refinados. Es un indicador susceptible a la comparación internacional y también será una referencia del grado de competencia e internacionalización del mercado petrolero local.



Gas natural vs. fueoil

La evolución de estos precios debe ser seguida atentamente por los empresarios industriales. La comparación, por un lado, interrelaciona al mercado gasífero con el petrolero y permite

decidir la opción de sustitución. Por otro lado, es un indicador del grado de competencia intergas en el mercado de compraventa del gas natural.



Base de datos: contador Gustavo Requena