

# *Prospectiva Tecnológica 2015 en el Área Energía: Nuevo análisis en la situación actual de crisis energética*

*Prof. Ing. Ventura Nunes, Senior Member, IEEE y Dr. Ing. José Cataldo*

**Abstract** - En 2002, culminó el estudio de **Prospectiva Tecnológica en las áreas: Energía, Biotecnología y Transporte y Logística.**

**El estudio correspondiente a Energía fue coordinado por docentes de la Facultad de Ingeniería UDELAR, contando con la participación de un panel de expertos y de diferentes actores del área.**

**El estudio incluyó un diagnóstico de la situación de partida, un análisis de los distintos sectores, la identificación de los motores que actuarían sobre los mismos para alcanzar los escenarios propuestos y se formularon recomendaciones. A principios de 2004, se finalizó un nuevo estudio realizado por la Mesa de Energía de la Comisión Social Consultiva de UDELAR, donde se retomaron algunos aspectos del Estudio de Prospectiva.**

**En este trabajo, se presentan los resultados de los dos estudios y se analizan las recomendaciones, a la luz de la situación de crisis que atraviesa el área. En especial, se destaca las oportunidades de desarrollo que presentan las energías autóctonas y renovables.**

**Palabras Clave** - Prospectiva, energía, energías renovables, escenarios.

El estudio correspondiente a Energía fue coordinado por docentes de la Facultad de Ingeniería de Universidad de la República, la mayor parte integrantes del Grupo de Trabajo en Energías Renovables ( GTER ) y contó con la participación de un panel de expertos, así como con distintos actores del área que efectuaron presentaciones.

Asimismo, la Comisión Social Consultiva de la Universidad de la República organizó la Mesa de la Energía (2003-2004) que fue coordinada por el GTER. En la misma, participaron numerosos actores sociales.

En el estudio de Prospectiva, se realizó un análisis en profundidad de la situación de partida, se determinaron escenarios futuros y se identificaron los motores que deberían actuar en los distintos sectores estudiados a efectos de llegar a los escenarios propuestos. Se logró un buen consenso de los actores participantes sobre la metodología empleada y sobre las recomendaciones.

## I. INTRODUCCIÓN

El tema energía ha cobrado especial relevancia a nivel global debido a sus implicancias socioeconómicas y a su relación con el medio ambiente. La falta de políticas energéticas acordes a los nuevos desafíos que presenta el área y la necesidad de introducir nuevas fuentes energéticas y nuevas tecnologías tanto en la oferta como en la demanda han propiciado a nivel global una serie de iniciativas y la realización de estudios y de proyectos de investigación y desarrollo entre los cuales están los estudios de prospectiva.

En Uruguay, a pedido del Poder Ejecutivo, se realizó entre los años 2001 y 2002 el estudio de Prospectiva Tecnológica en tres áreas consideradas estratégicas: Energía, Biotecnología y Transporte y Logística.

## II. CARACTERIZACIÓN DEL ESCENARIO DE PARTIDA

El escenario de partida se caracterizó a nivel global, regional y nacional, señalándose el carácter de recurso escaso de la energía y el hecho de que su disponibilidad resulta indispensable en la estructura actual de la sociedad.

A nivel global, se tuvo en cuenta la muy fuerte dependencia de los combustibles fósiles, el crecimiento de la demanda en los últimos cincuenta años con una tasa de 4.9% entre 1950 y 1968 y de 2.4 % al final del período y que unos dos mil millones de personas, concentradas en los países en desarrollo, no tienen acceso a las formas modernas de la energía.

El consumo per cápita difiere mucho entre los distintos países y se destaca la discrepancia entre la distribución geográfica de los recursos fósiles y la de su consumo, lo cual representa un riesgo

latente para la estabilidad del sistema sociopolítico.

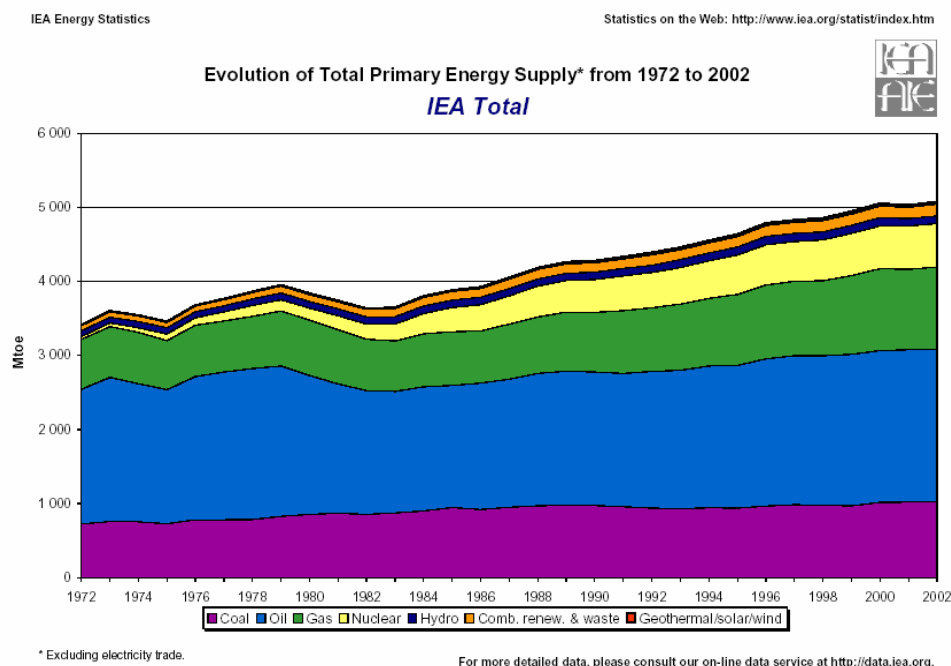


Figura 1. Evolución del suministro total de energía primaria

La disponibilidad de energía es necesaria para satisfacer las necesidades de la sociedad en cuanto a confort higrotérmico, agua caliente, iluminación, realización de tareas domésticas, comunicaciones e informática. A esto, se suma el transporte de las personas y de las mercancías y el desarrollo industrial.

A nivel regional, se destaca la relación entre el consumo energético de Argentina y de Uruguay que es del orden de 10 y la relación entre el de Brasil y el de Uruguay que es del orden de 100. Asimismo, el abastecimiento energético interregional se ha vuelto cada vez más problemático con necesidades de prospección y de infraestructura.

A nivel nacional, a partir de un esquema con fuerte participación de dos grandes empresas estatales de carácter monopolístico, se ha creado una Unidad Reguladora del Área que ha elaborado reglamentos e impuesto exigencias con respecto a la calidad de los servicios y a la seguridad de los aparatos utilizados, y la Administración del

Mercado Eléctrico que aun no ha comenzado a funcionar efectivamente.

Al momento de la realización del ejercicio de prospectiva, estaban pendientes las decisiones sobre inversiones en energía, la introducción de nuevas tecnologías, el ajuste de la competitividad a través del funcionamiento del Mercado Eléctrico y de la demanda de combustibles y las acciones en el Sector Transporte.

### III. ESCENARIOS PREVISTOS PARA 2015

La metodología empleada para la visión de futuro fue la utilización de escenarios.

Para su determinación, se tuvo en cuenta la visión de la sociedad que considera que tiene derecho a los servicios energéticos y se preocupa por su prestación sólo en los momentos de crisis y el hecho de que tanto la infraestructura energética de la oferta como la de la demanda requiere de grandes inversiones y de prolongados lapsos para entrar en servicio.

Los escenarios previstos deberían referirse a realidades futuras que impliquen algún tipo de mejora en las condiciones de vida para la sociedad, siendo tales escenarios posibles y deseables. Por estas razones, debería pensarse en escenarios de desarrollo sustentable. Por un lado, el desarrollo está ligado al crecimiento económico socialmente estable, esto es que no margine ni limite a la población. Por otro lado, en el entorno ambiental, sustentable significa que no produce efectos ambientales agresivos que impidan su prosecución en el tiempo.

El peso relativo que deberá tener el cuidado del medio ambiente y el énfasis en el crecimiento económico lleva a dos escenarios de interés.

Un primer escenario, con énfasis en el medio ambiente, se destaca por un alto cuidado del mismo, con decisiones que lo preservan aunque esto pueda implicar una merma en la reactivación económica a corto plazo, o inclusive un incremento de costos.

Un segundo escenario, de corte económico, destaca los aspectos referentes a la inversión productiva como prioritarios y la reactivación económica se antepone a los cuidados ambientales que sería deseable realizar. Se atiende el medio ambiente en lo que limita directamente la realización de inversiones o la venta de productos en el exterior, donde aparecen exigencias relacionadas al mismo.

Las características generales del escenario ambiental son :  
Preferencia por las personas y la sustentabilidad  
Calidad de los servicios  
Integración de la conciencia ambiental en los marcos regulatorios

Sus principales características ambientales son:  
Preservación del ambiente, compatible con las actividades industriales  
Uso de recursos energéticos naturales disponibles en el país

En cuanto a la Energía se propicia:  
La Generación Distribuida y el uso de las Energías Renovables.  
El uso racional de la energía, manteniendo la calidad de vida, así como la productividad y la preservación de recursos  
Fortalecimiento del sector Científico-Tecnológico

Las características generales del escenario de crecimiento económico son:

Preocupación por el cliente  
Marcos regulatorios explícitos  
Fuerte integración regional  
Elevación de las capacidades de producción y comercial

Las características ambientales son:  
Baja preocupación por el ambiente

En cuanto a la Energía, se propicia:  
Competitividad de las fuentes.  
Baja preocupación por uso racional de energía  
Extensión de servicios con estudios de factibilidad previos.  
Preocupación por el crecimiento económico y la disponibilidad de energía.

#### IV. DETERMINACIÓN DE LOS MOTORES

Para pasar de la situación actual a la de mediano plazo, es necesario el accionamiento de las variables significativas o motores que deben ser independientes entre sí.

Los motores identificados se enumeran a continuación:

- Regulación Ambiental – Preservación de medios.
- Procesos Reguladores – Desreguladores. Leyes, Reglamentos, Competitividad.
- Grado de Integración Física y Económica.
- Calidad del Crecimiento Económico (índice de desarrollo humano y PBI ).
- Innovación Tecnológica : Conocimiento
- Gestión de la Energía: Normalización, Capacitación, Comercialización.
- Eficiencia Energética - Uso racional de Energía.
- Evolución Demográfica: Centralización y Descentralización.
- Descubrimientos: Aparición de yacimientos energéticos o tecnologías renovadoras.
- Relación de precios entre el petróleo y el gas natural.

#### V. ÁREAS TEMÁTICAS

En el estudio, se acordó analizar como áreas más relevantes en la realidad energética nacional las que se enuncian a continuación.

- Sector Residencial y Comercial.
- Sector Industrial.
- Sector Transporte .
- Sector Generación de Energía Eléctrica y Refinación de Petróleo.

Se identificaron las necesidades de cada área, que se subdividió en componentes, y el correspondiente accionamiento de los motores para llegar al estado de situación en el 2015 en cada uno de los escenarios.

El sector residencial y comercial se caracteriza por una elevada participación en el consumo total de energía. Esto refleja una tendencia en la región y en el mundo, debida a una redefinición del concepto de confort, a cambios estructurales de la sociedad acerca de la realización de las tareas domésticas y al auge de las comunicaciones y la informática.

En este sector , merece especial atención las zonas marginales de las ciudades con acceso precario a la energía en condiciones de poca seguridad para las personas y las cosas y, por otra parte, las zonas rurales, donde la disponibilidad de energía es indispensable para la promoción de las actividades productivas y para el asentamiento de los habitantes.

Las componentes definidas para este sector son: Utilización de la electricidad, utilización del gas natural, del GNC y del GLP; utilización de la leña; utilización de los derivados del petróleo y estrategias de construcción

Entre las mismas, aparecen los energéticos utilizados ampliamente en el sector así como las estrategias de construcción de cuyo empleo adecuado depende el buen uso de los recursos naturales y por lo tanto la disminución del consumo energético para un mismo nivel de confort higrotérmico y de iluminación.

En la figura 2, se muestra un posible accionamiento de los motores para alcanzar cada uno de los escenarios propuestos para la componente: Estrategias de Construcción.

En el sector Generación de Energía Eléctrica y Refinación de Petróleo, las componentes definidas son: Generación Distribuida, Generación centralizada: gas natural, eólica y fuel oil, Calidad de los combustibles e Instalación de una nueva refinería.

La generación eléctrica es un servicio energético con una demanda creciente con una tasa anual que se estimaba en por lo menos 2% y que es válida, con matices, en los dos escenarios planteados. Los matices dependerán de las políticas de eficiencia energética que se establezcan así como al uso de fuentes de energía que compitan con la electricidad en las aplicaciones que no sean cautivas.

Las ampliaciones necesarias del sistema eléctrico en el corto y mediano plazo ya no podrán realizarse a partir del recurso hidroeléctrico y deberá recurrirse a otras fuentes primarias procurando una diversificación de la matriz energética. Al aumentar la participación de la energía térmica en base a derivados del petróleo, las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentarán sustancialmente. Dependiendo del escenario, las medidas para mitigar estas emisiones así como otras contaminaciones tendrán distinta intensidad, pero deberá cumplirse con los compromisos asumidos por el país en esta materia.

Entre las energías renovables con potencial explotable en el país para generación de electricidad, se cita la eólica, la combustión de biomasa y la mini hidráulica.

Las ventajas comparativas frente al uso de combustibles fósiles de estas energías renovables: su carácter de autóctonas, sus ventajas medioambientales y la mayor demanda de recursos humanos que requieren, lo que permitiría bajar la tasa de desempleo, deberán ser consideradas al tomar las decisiones sobre la ampliación del sistema.

En los últimos tiempos, aparece a nivel global la generación distribuida conectada directamente al sistema de distribución con unidades de potencia relativamente pequeña que, en Uruguay, no debería superar los 10 MW. Esta modalidad de conexión presenta ventajas para dicho sistema en cuanto a regulación de tensión, corrección del factor de potencia, confiabilidad del suministro y disminución de pérdidas. Asimismo, no implica costos a nivel del sistema de transmisión y posterga las inversiones en el mismo.

En la figura 3, se muestra un posible accionamiento de los motores para alcanzar cada uno de los escenarios propuestos para la componente: Generación Eólica.

<i>Escenarios:</i>	Crecimiento Económico	Ambiental
<i>Motores:</i>		
Regulación ambiental	Poco efecto a menos que aumente el precio de los insumos	Se promueve la preservación de los recursos naturales
Proceso regulador	Se analiza el uso de fuentes de energía locales y la posibilidad de generar electricidad	No Aplicable
Calidad del crecimiento económico	Se mejora la calidad energética de las viviendas.	Se busca que más gente acceda a vivienda propia y con menor costo de operación
Innovación tecnológica	Se incorporan nuevas tecnologías a las viviendas que las hace más económicas	El desarrollo de nuevas técnicas de construcción y otras innovaciones favorece esta componente
Gestión de la energía	Mejoras en la calidad de los materiales, produce beneficios económicos.	Las Normas Técnicas, la capacitación y la investigación son claves en el desarrollo de la vivienda bioclimática
Eficiencia energética	El ahorro energético se considera en la medida que produce un beneficio financiero.	Se busca la eficiencia energética en el funcionamiento y en la construcción de viviendas
Precio Petroleo/Gas	Induciría cambio en los procesos constructivos	No Aplicable
Evolución demográfica	Le favorece la Urbanización	Le favorece la concentración urbana

Figura 2. Accionamiento de los motores en la componente: Estrategias de construcción

El sector petróleo sigue muy de cerca las tendencias que presenta el transporte ya que éste es responsable del 53% del consumo en el país.

## VI. PROPUESTA PARA UN PROGRAMA DE DESARROLLO Y RECOMENDACIONES

En el ejercicio de Prospectiva se formuló una propuesta para un programa de desarrollo que se resume a continuación.

- Formación de un Grupo Interdisciplinario de Energía
- Continuidad del Ejercicio de Prospectiva Tecnológica en el Área: participación plural y obtención de consensos
- Regulación del Mercado de la Energía : tarifas, costos de transmisión y distribución, condiciones de comercialización de la energía
- Medio Ambiente y Energía: formación en impacto ambiental, relevamiento de la calidad del aire, continuar inventario de emisiones, control de cumplimiento de normas

ambientales, internación de costos ambientales, legislación ambiental

- Eficiencia Energética: formación de recursos humanos, uso racional, fuentes de energía, vivienda bioclimática
- Laboratorios de Ensayo y su Acreditación: ensayos relacionados con la seguridad de aparatos, etiquetado energético, contralor del parque automotor
- Estrategias de construcción: reducción del consumo energético sin pérdida del confort (aislamiento térmico, cerramientos), diseño de viviendas de bajo consumo, auditoría energética de viviendas, ensayo de materiales y componentes
- Introducción de las Energías Alternativas
- Utilización de la Leña
- Nuevas Tecnologías en la Oferta

Las recomendaciones consensuadas en el Estudio incluyen la realización de este Programa, temas de capacitación y de difusión.

Dentro de la capacitación, deberían considerarse cursos de actualización para tomadores de decisiones y personal técnico de instituciones y empresas y de profesionales universitarios; formación a nivel universitario de grado y de postgrado y formación de profesores de enseñanza media y maestros.

Dentro de la difusión, campañas sobre uso racional de la energía; promoción del programa de desarrollo; comunicación de resultados de investigaciones realizadas con énfasis en la elección de viviendas.

<i>Escenarios:</i>	Crecimiento económico	Ambiental
<i>Motores:</i>		
Regulación ambiental	Es el factor que la justifica	Conduce a una explotación intensa de la energía eólica
Proceso regulador	Genera reglas de mercado favorables	Esta fuente requiere de una fuerte regulación
Grado de integración	Hace difícil su inserción	Haría bajar el interés por su explotación
Calidad del crecimiento económico	No agrega emisiones Da más puestos de trabajo	Se tiende a disminuir las emisiones del Sector
Innovación tecnológica	Bajaría precios de equipos	Continúa el aumento de la potencia de los aerogeneradores
Gestión de la energía	Deben bajar costos	Se tienen esquemas de tarificación compatible con energías renovables
Eficiencia energética	Se busca utilizar recursos propios para no dolarizar	Promoción de recursos autóctonos
Precio Petróleo / Gas	La suba de ambos la favorece.	La suba de ambos la favorece
Descubrimientos	Se localizan nuevos sitios favorables	No Aplicable
Evolución demográfica	La eólica se favorece Generación Centralizada	Le favorece tanto la urbanización como la desurbanización

Figura 3. Accionamiento de los motores en la componente: Energía eólica

## VII .APORTES DE LA MESA DE LA ENERGÍA

A principios de 2004, se finalizó el “Estudio sobre fuentes alternativas de energía y análisis de nuevas tecnologías para su utilización ” realizado por la Mesa de Energía de la Comisión Consultiva de la Universidad de la República donde, con participación de nuevos actores, principalmente representantes de diferentes organizaciones gremiales, políticas y de gobierno, se retomaron algunos aspectos del Estudio de Prospectiva.

En la primera fase, se elaboró un informe de estado de situación de Uruguay desde el punto de vista de la energía incluyendo las fuentes utilizadas, la distribución del consumo, los organismos y empresas actuantes y la importancia económica de

los consumos energéticos para los distintos actores.

Uruguay es un país con escaso consumo energético comparado con países de análogo desarrollo: menos de 800 kep/habitante/año, creciente hasta 1999 y luego decreciente. Si bien en alguna medida tiene que ver con lo benigno del clima, este aspecto no explica por sí solo el bajo consumo.

Los mayores consumos se registran en el sector residencial y en el transporte: alrededor del 30% y 34%, respectivamente. Le sigue la industria, con un 20 %.

El consumo de energía es de poca incidencia sobre los costos de producción de la economía

uruguay: sólo representa el 3.1% de los insumos intermedios a nivel global de la economía.

La matriz de insumo-producto, que es un instrumento potente de análisis económico, no da cuenta de las relaciones que la sociedad tiene con la naturaleza, en particular en cuanto al uso de bienes no apropiables individualmente, como la energía solar o el agua de lluvia, por ejemplo, que determinan la viabilidad de algunas producciones muy importantes para el país como la ganadería y la agricultura. Incluso el sector electricidad no paga por el agua que utiliza y que le permite generar una parte muy relevante de su oferta habitual en el país.

Asimismo, se analizaron las fuentes energéticas más promisorias para el país, los principales aspectos de las tecnologías disponibles y las posibilidades de su aplicación en el país. Se puso énfasis en los motores que potencian la utilización de una fuente energética en particular y las barreras que dificultan esa utilización. Se describieron las variaciones que pueden sufrir las ofertas y las demandas de los diferentes energéticos.

La evaluación de uso de energías alternativas y de tecnologías y prácticas adecuadas asociadas se efectuó estudiando el área energía en diferentes sectores, a saber: Sector Residencial y Comercial, Sector Transporte y Sector Industrial.

Se identificó, en cada sector, problemas que en materia de energía podrían ser enfrentados con el uso de las energías renovables o bien con la aplicación de prácticas adecuadas que hicieran más eficiente el uso de las fuentes convencionales.

Con el Departamento de Tránsito de la Intendencia Municipal de Montevideo, se identificaron una serie de acciones posibles en materia de energía. Cabe destacarse que si bien algunas propuestas resultan de aplicación específica al tránsito en ciudades, en otros casos serían de aplicación en el ámbito nacional.

Se elaboraron tres propuestas de proyectos. La primera se refiere al logro de una mejora ambiental y energética utilizando líneas troncales y estaciones de distribución. Esta propuesta se aplicaría a escala de una ciudad como Montevideo.

Una segunda, de alcance sectorial, analiza una racionalización de la matriz energética en el tránsito.

Finalmente, se plantea un programa de desarrollo de utilización de hidrógeno obtenido a partir de energías renovables lo cual aparece como una interesante alternativa, pues permitiría utilizar esas fuentes energéticas como si brindaran una potencia firme y además sería de aplicación en los diferentes sectores involucrados. Se destaca que a lo largo de los años la humanidad ha ido utilizando progresivamente combustibles con menor contenido de carbono y mayor contenido de hidrógeno, dando lugar a lo que algunos autores denominan la “economía del hidrógeno”.

En el Sector Industrial, existía inquietud acerca de las posibilidades que abriría la Ley del Marco Regulatorio del Mercado Eléctrico y los aspectos reglamentarios que faltaban definirse. Manifestaron interés en el posible uso que tiene la leña con fines energéticos, formulándose una propuesta de proyecto al respecto. Se identificaron dos modalidades de utilización: producir especialmente para generar energía eléctrica y el uso de recortes y madera disponibles con vistas a la cogeneración o sólo la producción de vapor.

Se propuso también evaluar la posibilidad de utilización de gas natural con el objeto de implementar cogeneración y conocer las posibilidades de utilizar la energía eléctrica de origen eólico en el sector. Se formuló una propuesta de proyecto sobre eólica en el sector lácteo.

## VIII. SITUACIÓN ACTUAL

Los principales resultados de los dos estudios y las recomendaciones formuladas oportunamente se han vuelto a considerar a la luz de la situación de crisis que atraviesa el área a nivel global y regional. Esta crisis se caracteriza por los elevados precios alcanzados por el petróleo y sus implicancias económicas y socio políticas. En lo regional, por las posibilidades de desabastecimiento debido a carencias de prospección e infraestructura.

Tanto el programa de desarrollo como las propuestas de proyectos tienen plena vigencia, destacándose las oportunidades para el país en el marco de la utilización de las energías autóctonas

y renovables entre las cuales se cuenta la biomasa, la energía eólica y la energía hidráulica.

En el tiempo transcurrido desde los estudios, se han concretado ya algunas de las propuestas del programa entre las que se cita la formulación de Programas sobre renovables a ser presentados para financiación ante el GEF- PNUD por la DNETN y los llamados a proyectos del Programa de Desarrollo Tecnológico con fondos del BID y la financiación correspondiente al primero, que incluyó proyectos sobre vivienda bioclimática, biodiesel, energía eólica, celdas de combustible y generación distribuida.

Asimismo, se destaca el Programa de Eficiencia Energética cuya ejecución ha comenzado este año.

El tema energía ha sido ampliamente considerado en numerosos foros realizados en el país razón por la cual la difusión recomendada ha comenzado, aunque no todavía en forma sistemática.

Queda pendiente aun la formulación de políticas tanto energética como ambiental acompañadas de la legislación específica, la remoción efectiva de las barreras que se oponen al desarrollo de las energías renovables a gran escala, un estudio en profundidad acerca de las posibilidades de usos térmicos de la energía solar, las acciones en el Sector Transporte y propiciar el uso de los recursos naturales en las edificaciones de modo de disminuir sensiblemente el costo de la energía necesaria para el confort y la iluminación.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

Dirección Nacional de Energía- Ministerio de Industria, Energía y Minería: "Balance energético nacional", años 1994 al 2001.

PNUD: Informe sobre Desarrollo Humano 2003.

Informe final del Convenio UTE - Facultad de Ingeniería: "Estudios para la instalación de microturbinas en zonas alejadas de la red eléctrica nacional", 1993

Informe final del Convenio UTE - Facultad de Ingeniería: "Cuantificación del potencial eólico del Uruguay aplicable a la generación eléctrica en gran escala", 1994.

V. Nunes, J. Cataldo, G. Casaravilla: "Feasibility of the Use of Wind Energy Generation at Sewage Works in Montevideo City", World Renewable Energy Congress, Brighton, Inglaterra, julio 2000.

G. Vivó, R. Leone, J. Castiglioni, W. Diano: "Diseño estadístico de experimentos aplicado a la producción de gases combustibles por gasificación catalítica de cáscara de arroz", Ingeniería Química, N° 14 Oct. 1998, 55-61.

E. Saucedo: "El biodiesel", Ingeniería Química, N°20, Dic 2001, 19-29.

B. Arizaga, M. Brusoni, A. Corujo, L. Yermán, J. Castiglioni: "Utilización de desechos de la industria forestal en gasificación catalítica, como fuente de energía o para producir gas de síntesis", Ingeniería Química, N°22 Dic. 2002, 3-12.

C. Salchi, G. Blasina, E. Morales: "Pirólisis de la madera y sus posibilidades", Ingeniería Química, N° 3, Agosto 1992, 20-23.

J. Bussi, W. Diano: "Producción de gases combustibles a partir de madera de eucalyptus y derivados", Ingeniería Química, N° 7 Mayo 1994, 49-50.

J. Cataldo, V. Nunes, A. Acosta: Informe "Prospectiva tecnológica en el área energía", 2002.