



## **PROYECTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DIRECCIÓN NACIONAL DE ENERGÍA**

### **DESARROLLO DE UN ESTUDIO DEL POTENCIAL DE COGENERACIÓN EN URUGUAY (Ref.: EDI 075-2009)**

#### **RESUMEN**

**Ing. Marcelo Berglavaz  
Dr. Ing. Marcelo Castelli  
Ing. Martín Garmendía  
Ing. Juan Pablo Fossati  
Ing. Niels Thomsen**



<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS</b>	<b>6</b>
<b>Identificación de barreras e incentivos para el desarrollo de la cogeneración</b>	<b>6</b>
<i>Incentivos</i>	6
<i>Barreras</i>	7
<b>Estudio de las tecnologías</b>	<b>7</b>
<i>Aspectos a considerar para la selección de una tecnología</i>	7
<i>Descripción de las tecnologías</i>	8
<i>Evaluación de tecnologías de cogeneración</i>	8
<b>Metodología de cálculo para la fase preliminar</b>	<b>10</b>
<i>Considerando combustible adicional</i>	10
<i>Sin considerar combustible adicional</i>	10
<b>Resultados preliminares de aplicación de las metodologías preliminares</b>	<b>11</b>
<b>Evaluación de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología</b>	<b>12</b>
<i>Criterios para la selección de sectores y sub-sectores</i>	12
<i>Resumen de sub-sectores</i>	13
<i>Determinación del potencial preliminar de cada establecimiento</i>	14
<b>Identificación de los principales sub-sectores</b>	<b>14</b>
<b>Identificación de las principales oportunidades de cogeneración</b>	<b>15</b>
<i>Análisis particular de los principales potenciales cogeneradores del país</i>	15
<b>Proyección del parque de cogeneración</b>	<b>16</b>
<i>Análisis de las distintas proyecciones</i>	16
<b>Identificación de instrumentos para la promoción de la cogeneración</b>	<b>17</b>
<i>Instrumentos identificados posibles de ser implementados</i>	17
<i>Riesgos asociados a los instrumentos</i>	18
<b>Determinación de metas y recomendaciones para su obtención</b>	<b>19</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>19</b>

## RESUMEN EJECUTIVO

La producción secuencial de dos o más formas de energía útil a partir de la misma fuente de combustible (cogeneración), se presenta como una alternativa eficiente y atractiva para contribuir con la diversificación de la matriz energética nacional. Existen diversas tecnologías disponibles para cogenerar y, aplicarlas, trae aparejados beneficios en diversos aspectos, debido principalmente al aumento en la eficiencia del uso de los recursos naturales.

Mundialmente, la cogeneración es una práctica frecuente en la generación de energía eléctrica. Además, este tipo de tecnologías cuentan con numerosos incentivos y beneficios de distinta índole. En los últimos tiempos se han implementado en Uruguay proyectos de cogeneración, pero aún de forma incipiente, por lo que resulta importante estudiar las oportunidades que puedan existir para expandir estas experiencias e identificar los elementos que hacen que éstas no se hayan desarrollado aún.

Para ello, se diseñó una metodología de trabajo tendiente a estudiar el potencial de desarrollo de los sistemas de cogeneración e identificar instrumentos para su promoción y difusión.

Mediante un análisis del mercado energético actual, se identificaron los elementos que incentivan la implementación de proyectos de cogeneración, así como también de aquellos que significan barreras para los mismos. Dicho análisis, sus resultados y sus conclusiones fueron elaborados y se encuentran dentro del presente informe.

Utilizando la información disponible en la Dirección Nacional de Energía del Ministerio de Industria, Energía y Minería, en conjunto con un análisis de las tecnologías disponibles a nivel internacional, se realizaron estudios tendientes a obtener el potencial nacional de cogeneración. De la misma forma se identificaron los sectores, sub-sectores y emprendimientos específicos que presentaban mejor perfil para la implementación de proyectos de cogeneración. De acuerdo a este análisis primario, sub-sectores como bebidas y tabaco, cuero, frigoríficos, lácteo, madera, alimenticias, papel y textil se perfilan como los más propicios a implementar proyectos de cogeneración dentro del sector industrial. Mientras que, para el sector comercial y servicios, se destacan el sub-sector de la salud y el hotelero. El sector energético se perfila también como uno de los más significativos.

A su vez, se realizó un análisis de cada tecnología y de la factibilidad de su aplicación. En la siguiente instancia se identificaron aquellos diez proyectos con mayor potencial de desarrollo y se especificó la tecnología óptima para cada caso en particular.

De esta manera se obtuvo el potencial tecnológico actual de cogeneración y una proyección para los próximos diez años abarcando tres distintos escenarios. Considerando los establecimientos que actualmente cogeneran y aquellos que se prevé entren en funcionamiento en el corto plazo, la potencia total instalada sería de 197 MW. Agregando aquellos establecimientos que cuentan con proyectos de cogeneración, pero en los que aún no se han iniciado las obras ni obtenido autorización de generación, dicha potencia sería de 354 MW (incluso agregando una nueva planta de celulosa). Finalmente, agregando todos los proyectos planteados en el estudio y una tercera planta de celulosa, el valor sería de 505 MW.

Por último, se proponen una serie de instrumentos destinados a incentivar la cogeneración y remover las barreras previamente identificadas. Se proponen además una serie de actividades de difusión así como la realización de jornadas sobre las oportunidades de cogeneración.

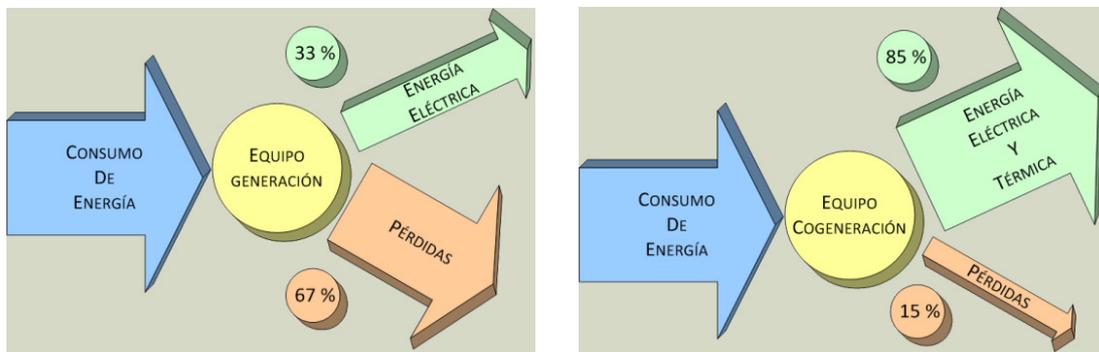
## INTRODUCCIÓN

En el año 2005 se fijan los lineamientos estratégicos a seguir en materia energética en el Uruguay. Producto de dichas acciones el Poder Ejecutivo aprueba en 2008 la política energética 2005-2030 fijando metas claras y líneas de acción concretas. Es en este contexto que se fijan cuatro ejes estratégicos cuyos objetivos se detallan a continuación. En primer lugar se le asigna al estado un rol directriz permitiendo la participación regulada de privados. Se busca además la diversificación de la matriz energética y la promoción de la eficiencia energética en todos los sectores de actividad. Finalmente se propone velar por un acceso adecuado a la energía para todos los sectores sociales.

En el marco de los lineamientos de estrategia energética recién expuestos, la cogeneración, producción secuencial de dos o más formas de energía útil a partir de la misma fuente de combustible, puede jugar un rol significativo en el cumplimiento de los objetivos allí marcados.

Aunque existan varias formas de emplear esta tecnología, la cogeneración se presenta habitualmente en dos formas:

- Generación de energía eléctrica en motores de combustión interna o turbinas de gas, empleando los gases calientes de escape en una caldera de recuperación de calor para generar vapor de proceso o agua caliente y, ocasionalmente, el calor proveniente del sistema de refrigeración para generar agua caliente.
- Generación de energía eléctrica en un ciclo de vapor mediante turbinas de contrapresión, empleando el vapor a la salida de la turbina, como vapor de proceso. En este caso los procesos cumplen el papel del condensador de un ciclo de vapor convencional.



El principal beneficio de la cogeneración es la mejora en la eficiencia global del sistema de generación debido a la producción simultánea de energía eléctrica y térmica. Existe además la posibilidad de optimizar el suministro de energía ocasionando beneficios tanto para los generadores como para los consumidores. Producto de la instalación de nuevos proyectos de cogeneración es factible postergar la ampliación de la capacidad de generación y así satisfacer la creciente demanda.

Gracias a los beneficios mencionados anteriormente se produce una mejora en la competitividad de las empresas y un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. Esto se alinea con el enfoque de producción más limpia en lo relativo a la generación de desechos, dado que se reducen las emisiones en la fuente debido al uso de tecnologías más eficientes.

Fomentar este tipo de tecnologías brinda una oportunidad para descentralizar la producción de energía eléctrica mediante la generación a medida y en el sitio de consumo, disminuyendo así los costos de transporte. De esta manera se aumenta la confiabilidad del suministro siendo posible además reducir la dependencia de los combustibles fósiles debido al uso de fuentes alternativas.

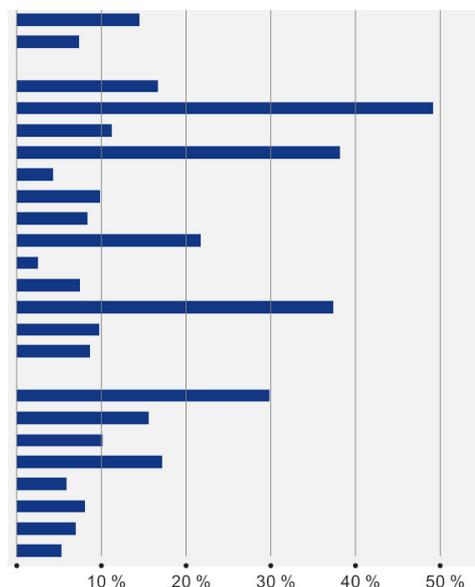


Como fuente de energía para la cogeneración pueden utilizarse combustibles fósiles tradicionales, así como también residuos o subproductos agrícolas e industriales en el lugar de su generación, produciéndose importantes ahorros relativos al combustible y al transporte del mismo. Por otro lado, la disposición final de estos residuos o subproductos, por otro método distinto a la combustión, puede ser ambiental o económicamente inviable.

En el Uruguay existen experiencias aisladas de cogeneración que, actualmente alcanzan los 143,2 MW (de los cuales 135 MW son generados por UPM pero son inyectados como máximo 30 MW al SIN (Sistema Interconectado Nacional), dependiendo de las condiciones de trabajo). Esto representa aproximadamente un 5,75% de la potencia total de generación instalada, considerando lo generado y consumido por la propia planta de cogeneración, y un 1,39% si no se considera lo consumido en la planta.

La Unión Europea mediante la directiva 2004/8/CE fijó como meta para el 2010 tener un mínimo de capacidad instalada de cogeneración equivalente a 18% del total generado (134 GW), y para el 2020, del 22% (195 GW). El gráfico de la muestra la participación de la cogeneración en la generación de energía eléctrica en los distintos países de la UE.

Austria	13.6
Belgium	7.5
Cyprus	0.0
Czech Republic	17.1
Denmark	49.1
Estonia	11.0
Finland	38.0
France	4.0
Germany	9.8
Greece	7.8
Hungary	21.5
Ireland	2.5
Italy	7.4
Latvia	37.5
Lithuania	9.7
Luxembourg	7.9
Malta	0.0
Netherlands	29.9
Poland	16.0
Portugal	11.0
Slovakia	17.5
Slovenia	5.9
Spain	7.8
Sweden	6.8
United Kingdom	5.4



Share of cogeneration in the EU-25 countries in the year 2002 (in %)  
Source: Eurostat 2006



Fuente: Cogeneurope

Salvo los casos particulares de Chipre, Francia, Irlanda (conectado con Inglaterra), Malta (décima parte del consumo uruguayo) y Reino Unido, todos están por encima del porcentaje de participación de Uruguay, si se considera el total de la potencia instalada. El hecho que estos países estén por debajo se debe, en la mayoría de los casos, a que tienen matrices energéticas basadas en la energía nuclear. Mundialmente los países han impulsado la promoción de la cogeneración mediante una gran diversidad de políticas. Por ejemplo, en Holanda, Dinamarca y España existe un fuerte incentivo para cogenerar, con políticas claras de compra y venta de energía, así como procedimientos para regular la interconexión de estos

sistemas a las redes de suministro. A modo de ejemplo, la siguiente tabla muestra el crecimiento que experimentó la cogeneración a raíz de incentivos en España, Holanda y EE.UU.

País	1995 (MW <sub>e</sub> )	2000 (MW <sub>e</sub> )	% crecimiento
España	2.112	3.000	42,05
Holanda	5.050	8.000	58,42
EEUU	45.000	54.000	20,00

Fuente: Cogeneración en Chile: Potencialidad y desafíos

Por los motivos expuestos anteriormente se constata la importancia de evaluar el potencial de desarrollo de los sistemas de cogeneración en nuestro país.

## DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

### Identificación de barreras e incentivos para el desarrollo de la cogeneración

Un análisis del mercado y de los aspectos jurídico, tributario, técnico, económico, financiero, regulatorio, institucional y de niveles de precios y tarifas fue realizado para identificar aquellas barreras y/o incentivos que existen a nivel de los distintos sectores para el desarrollo de proyectos de cogeneración en Uruguay.

Los incentivos identificados radican principalmente en los beneficios tecnológicos que la cogeneración presenta frente a las tecnologías actuales utilizadas para la generación termoeléctrica, principalmente debido a su mayor eficiencia global. Esto se traduce en beneficios económicos en el presente y ahorro de costos de abastecimiento en el futuro, beneficios ambientales, mejor calidad de servicio, etc. También son significativas las iniciativas desde el Estado para promover este tipo de tecnologías, pues la implementación de las mismas contribuye con las estrategias del país en cuanto a la Política Energética. Algunos de estos incentivos necesitan una mejor o más amplia difusión, para que las partes interesadas logren un mayor entendimiento de los mismos.

En cuanto a las barreras, éstas se sitúan en torno a las dificultades que tiene el Uruguay no solamente en cuestiones energéticas, sino que también en otros aspectos. Las dificultades para el desarrollo ocasionadas por la escala del país, la mano de obra calificada, la falta de experiencia, el aspecto tecnológico, etc., son algunas de las limitantes que surgen a la hora de implementar sistemas de cogeneración.

### Incentivos

Existen numerosos incentivos para implementar proyectos de cogeneración. La utilización de estos sistemas supone un importante ahorro energético, debido a la mejora de la eficiencia global del sistema. Esto implica un ahorro económico en el gasto de energía desde el punto de vista del generador.

Además de obtener un ahorro económico es posible que se genere una disminución de los impactos ambientales globales. Se podrían disminuir las emisiones de gases efecto invernadero y el consumo de combustibles fósiles, sobre todo si la alternativa considerada parte de la utilización de energéticos autóctonos renovables.

Además de los beneficios económicos implicados, los proyectos de cogeneración traen

aparejados beneficios intangibles para la empresa. Al contar con un componente significativo de valor agregado nacional, la imagen de la misma frente a la sociedad mejora considerablemente, en el marco de la Responsabilidad Social Empresarial (RSE).

Existen, en el marco regulatorio actual, mecanismos que otorgan beneficios fiscales a aquellos proyectos de inversión y actividades declaradas promovidas, como lo es entre otras, la generación de energía eléctrica a partir de cogeneración. Por otro lado también están previstas exoneraciones de cargos de transmisión a aquellos que califiquen como generación distribuida, dentro de ciertas condiciones que dependen principalmente del nodo de conexión a la red de transmisión.

Contar con generación propia desliga parcialmente al establecimiento de cualquier anomalía en el suministro (aunque no sean frecuentes) y permite diversificar la matriz energética, aumentando eventualmente la participación de energéticos autóctonos.

### Barreras

Las inversiones necesarias para la instalación de plantas de cogeneración son relativamente altas. Por ejemplo, para una planta de 10 MW se habla de inversiones del orden de los 15 millones de dólares, y los períodos de repago pueden situarse en el entorno de los 5 a 10 años. Además, en algunas ocasiones, la instalación de nuevos equipos en un establecimiento existente no es físicamente posible o implica reformas de gran porte.

Por más que existan algunas experiencias de generación, el marco regulatorio uruguayo es relativamente nuevo y eso se presenta como un elemento de incertidumbre para algunos inversores.

La escasez de personal calificado tanto para identificar oportunidades de mejoras en el uso de recursos así como para las tareas de instalación, mantenimiento y/u operación de los equipos de cogeneración, resulta muchas veces una dificultad para las plantas que opten por esta tecnología.

Una alternativa para el cogenerador sería comercializar su energía térmica, pero en el país no existen experiencias de tal tipo. Esto implica que cualquier cogenerador necesariamente debe consumir o desechar el calor generado por la instalación.

La instalación de equipos de cogeneración implica, en la mayoría de los casos, un gran cambio de carácter organizacional. Todo cambio de este tipo trae consigo complejidades en cuanto a la programación de las actividades, tanto de mantenimiento como de control de conexión/desconexión del sistema generador a la red eléctrica del SIN.

Por otro lado, existe un cierto desconocimiento por parte de las empresas de las tecnologías asociadas a la cogeneración, así como de los diversos beneficios ambientales, económicos y su consecuente aumento en la productividad, competitividad, etc. A esto se le adiciona que, normalmente, no se identifica a la eficiencia energética como una oportunidad de negocio. Generalmente los inversores priorizan áreas como producción, gestión y comercialización.

### **Estudio de las tecnologías**

#### Aspectos a considerar para la selección de una tecnología

No todas las tecnologías trabajan en cualquier rango de potencia, por lo que deben

considerarse cuestiones de escala. Cada una tiene además uno o varios combustibles asociados y, en un país donde gran parte de sus fuentes de energía no son autóctonas, la disponibilidad y costo del combustible es un factor determinante.

Si bien los costos asociados a la compra de equipos no representan el total de la inversión necesaria, éste suele ser el más elevado y el de mayor trascendencia en la viabilidad económica del proyecto. Deben considerarse asimismo los aspectos relacionados con los costos operativos de los equipos, relacionados con la mano de obra (propia o tercerizada) y el acceso a los recursos necesarios como ser herramientas, repuestos y lubricantes.

Finalmente, los impactos ambientales que ocasionen estos equipos, que incluyen ruidos, vibraciones, seguridad para el personal, contaminación atmosférica, efluentes y el tratamiento de los eventuales residuos sólidos generados.

### Descripción de las tecnologías

Cuadro comparativo de tecnologías de cogeneración

	<b>Turbina de vapor</b>	<b>Turbina de gas</b>	<b>Motores de combustión interna</b>	<b>Micro turbinas</b>
<b>Rango (MWe)</b>	0.4-300	0.5-300	0.001-15	0.025-0.2
<b>Eficiencia eléctrica (%)</b>	10-45	25-40	25-45	25-30
<b>Eficiencia global (%)</b>	< 80	65-90%	65-85	50-80
<b>EL/ET</b>	0.15-0.75	0.45-0.75	0.5-1.8	0.55-0.75
<b>Combustibles</b>	Amplia variedad de combustibles pueden ser utilizados	Gas natural, combustibles líquidos, biogás, propano	Gas natural, biomasa, combustibles líquidos, biogás, propano	Gas natural, biogás, propano, etc.
<b>Ventajas</b>	Flexibilidad de combustibles, confiables, satisfacen una amplia variedad de requerimientos térmicos	Confiables, baja generación de emisiones, satisfacen una amplia variedad de requerimientos térmicos	Elevada eficiencia global, operan con gases a baja presión	Bajas emisiones, bajos niveles de ruido, compactas y livianas.
<b>Desventajas</b>	Baja relación EL/ET	Baja eficiencia en cargas parciales, operan con gas a alta presión	Se limitan a aplicaciones que requieran baja temperatura, elevados costos de mantenimiento	Elevado costo, la tecnología está aún en etapa de desarrollo, se limitan a aplicaciones que requieran baja temperatura

Las tecnologías mostradas en el cuadro no son todas las existentes, pues algunas fueron descartadas. Sin embargo, esto no implica que con un avance favorable en el desarrollo y difusión sean tecnologías pasibles de ser aplicadas en el futuro.

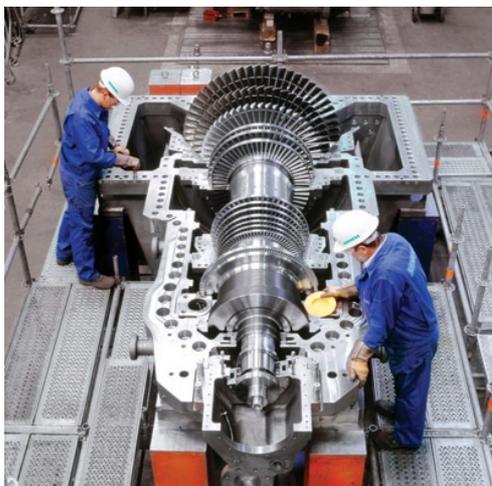
### Evaluación de tecnologías de cogeneración

Luego de efectuar un estudio de las tecnologías disponibles, se realizó un análisis acerca de la aplicación de las mismas, dadas las condiciones actuales del mercado y el parque de industrias,

comercios y servicios existentes en Uruguay.

Las micro-turbinas se encuentran internacionalmente aun en vías de desarrollo, pero existen numerosas aplicaciones que operan con resultados muy convenientes.

La tecnología de cogeneración con turbina de vapor se perfila como una de las tecnologías más viables, al menos para el sector industrial. Esto se debe primeramente a su versatilidad en cuanto



al uso de fuentes de energía, pues puede utilizarse prácticamente cualquier combustible; por otro lado presenta la ventaja de abastecer los consumos térmicos con vapor de la misma manera que sin cogenerar, sin la necesidad de adaptar equipos de proceso. Cuentan con una vida útil y confiabilidad muy alta.

Los motores de combustión interna de pequeño porte (menores a 1 MW), son una opción a considerar en aplicaciones como calentamiento de agua y/o calefacción. La cogeneración con motores de combustión interna en base a combustibles líquidos es muy costosa, por lo que tampoco fue

considerado en el estudio. Para esta misma tecnología, existe la posibilidad de utilizar biomasa como combustible. Estos sistemas utilizan un gasógeno cuyo gas alimenta un motor de gas convencional.

Por lo tanto, se consideró la opción de cogenerar con turbina de vapor o motor de combustión interna para el sector industrial. Micro-turbinas y motores de combustión interna fue lo que se consideró para el sector comercial y servicios.

A pesar de que la disponibilidad de biomasa sólida en el Uruguay es alta, la utilización de motores Stirling (no de combustión interna) no es una práctica muy difundida aún, aunque existe una serie de experiencias a raíz de una tecnología europea, que presenta interesantes prestaciones a pequeña escala. Sin embargo, para la aplicación de este tipo de tecnologías es necesario que las inversiones iniciales a realizar para su implementación sean menores a sus valores actuales. Presenta oportunidades interesantes por la simplicidad del mantenimiento de los equipos y flexibilidad para la elección del combustible a utilizar.



La utilización de motores de vapor en el área de la cogeneración suele limitarse a aplicaciones con bajos requerimientos térmicos, aprovechando los saltos de energía debido a diferencias de presiones entre los procesos de alta y baja presión. Más allá de su versatilidad operativa los altos costos de los equipos hacen que esta tecnología no sea considerada en este estudio.

Las celdas de combustible por su parte también son una tecnología en etapa de desarrollo y de la cual existen varias experiencias, pero los costos de instalación y mantenimiento son

considerablemente superiores a las demás, por lo que se excluyen de este estudio.

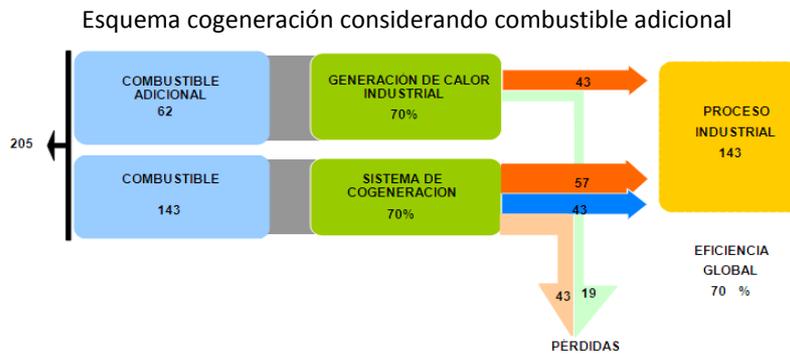
**Metodología de cálculo para la fase preliminar**

Se consideró el consumo de energía con fines térmicos para cada sector en estudio descontando el consumo ya satisfecho actualmente a partir de equipos de cogeneración. Como fuente principal de datos se utilizó la Encuesta de Usos y Consumo de Energía para el año 2006 (FB – PRIEN – DNE).

Con el fin de identificar los sectores con mayor potencial de cogeneración se utilizaron, primeramente, dos métodos a gran escala para los sectores industrial y comercial. El caso del sector energético puede ser estudiado de forma más específica, ya que el universo de empresas del sector es muy acotado, pues refinación abarca solamente la refinería La Teja de ANCAP. Estos resultados no son definitivos, sino que brindan información importante para la priorización de sub-sectores, pues luego deben ser analizadas cuestiones de viabilidad económica, técnica, de escala, etc. Los métodos mencionados son:

Considerando combustible adicional.

Se supone que el volumen de energía requerido para usos térmicos, proveniente del combustible (gas natural, derivados del petróleo o biomasa), alimenta a sistemas de cogeneración. Se considera un rendimiento de conversión térmica sin cogeneración de un 70%. Se toma 70% como rendimiento global de conversión con cogeneración, siendo 30% de conversión eléctrica y 40% térmica. El potencial tecnológico de cogeneración será igual a la potencia eléctrica obtenida. También será establecida la cantidad de combustible adicional necesaria para satisfacer la demanda de energía térmica útil insatisfecha, utilizando métodos tradicionales de conversión. Para la comparación de ambas metodologías se supondrá que la demanda térmica a satisfacer del proceso industrial en ambos casos es igual a 100.

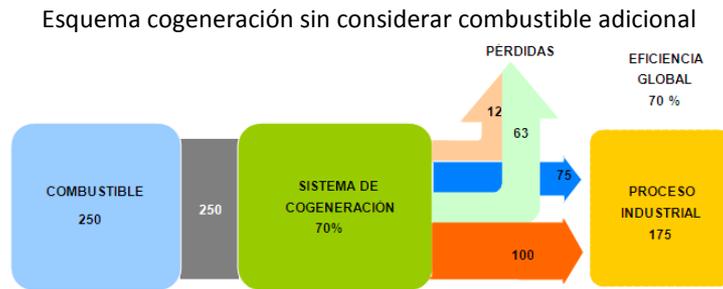


■	Demanda térmica del proceso	■	Consumo de combustible
■	Demanda eléctrica del proceso	■	Procesos de generación de energía
■	Pérdidas en un sistema que genera únicamente calor	■	Consumidor final
■	Pérdidas en el sistema de cogeneración		

Sin considerar combustible adicional

En este caso se supone que la energía térmica útil obtenida mediante los métodos tradicionales es obtenida ahora a través de equipos de cogeneración, bajo las hipótesis de rendimientos de la metodología (A). Luego se procede a determinar la potencia eléctrica generada y la cantidad de combustible necesario. A los efectos de mantener en los ejemplos un parámetro constante entre esta metodología y la anterior, se supuso que se mantenía en

100 unidades el consumo de energía térmica por el proceso industrial.



Luego de realizado este estudio se identificaron las particularidades de cada uno de los sub-sectores que influyen en la implementación de la cogeneración. Fueron considerados especialmente aquellos sectores y sub-sectores donde la cogeneración sea una práctica habitual, tanto a nivel nacional como internacional. En caso que el potencial estudiado primeramente para los mismos sea elevado, es probable que se esté ante un candidato a ser priorizado. También se evaluaron factores tales como la distribución geográfica de los establecimientos, el acceso y los costos de la fuente de energía utilizada, así como también la situación económico/financiera general del sector en estudio.

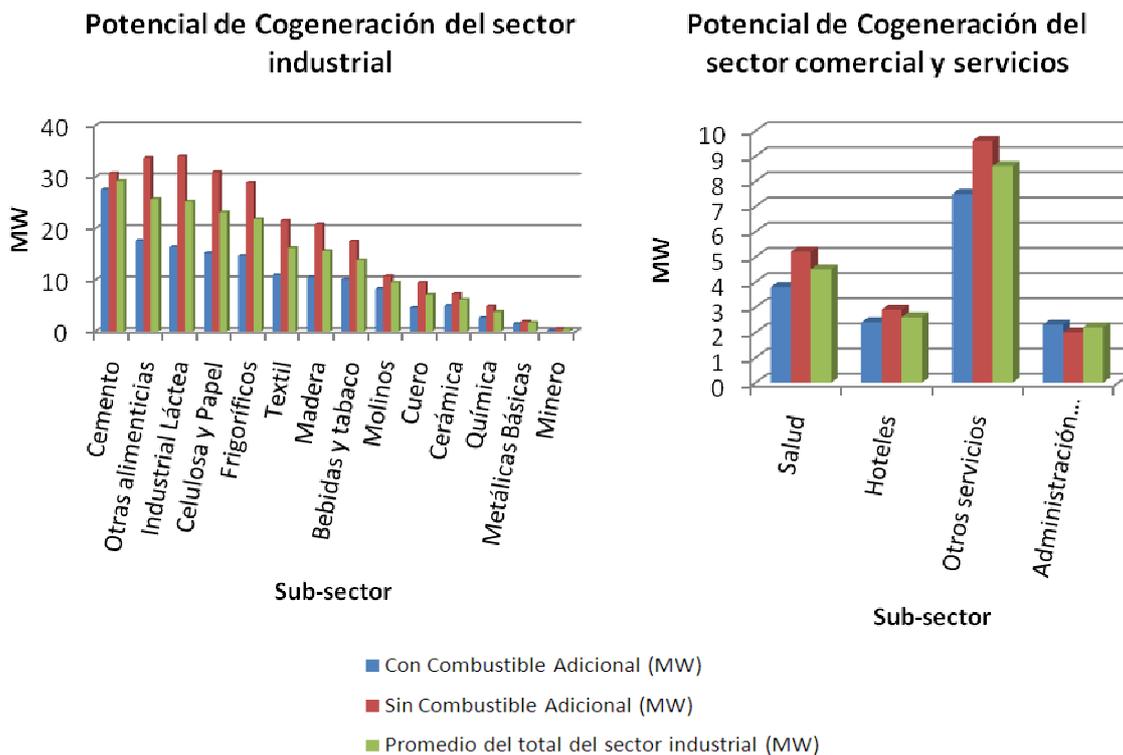
Una vez realizada una categorización preliminar de sectores y sub-sectores, se estudió el consumo térmico de las empresas de mayor a menor tamaño de cada uno de ellos, así como también datos más específicos sobre la demanda eléctrica, el volumen de energía consumida, la infraestructura actual, la simultaneidad de los consumos, los regímenes de trabajo, las necesidades y características de los procesos, etc. Posteriormente se realizó un análisis preliminar de cogeneración para cada una de los establecimientos de la muestra.

Dicho análisis se complementó con el estudio de las tecnologías disponibles, y estuvo focalizado en la determinación de los sistemas más adecuados para cada sector. Se consideraron también factores económicos, acerca de la inversión necesaria, los costos operativos y los ahorros económicos de implementar cada sistema.

### Resultados preliminares de aplicación de las metodologías

Sector Industrial	(A) Con Comb. Adicional (MW)	(B) Sin Comb. Adicional (MW)	Promedio (A) y (B) (MW)	% del total del sector
Cemento	27.6	30.7	29.2	15%
Otras alimenticias	17.6	33.7	25.7	13%
Industrial Láctea	16.4	34.0	25.2	13%
Celulosa y Papel	15.2	30.9	23.1	12%
Frigoríficos	14.7	28.9	21.8	11%
Textil	10.9	21.5	16.2	8%
Madera	10.5	20.8	15.6	8%
Bebidas y tabaco	10.1	17.5	13.8	7%
Molinos	8.3	10.7	9.5	5%
Cuero	4.6	9.5	7.1	4%
Cerámica	5.0	7.3	6.2	3%
Química	2.6	4.9	3.8	2%
Metálicas Básicas	1.5	1.9	1.7	1%
Minero	0.2	0.5	0.4	0%
<b>Total MW</b>	<b>145.2</b>	<b>253.0</b>	<b>199.1</b>	<b>100%</b>

Sector Comercial y Servicios	Con Comb. Adicional (MW)	Sin Comb. Adicional (MW)	Promedio (A) y (B) (MW)	% del total del sector comercial
Salud	3.8	5.2	4.5	25%
Hoteles	2.4	2.9	2.6	15%
Otros servicios	7.5	9.6	8.6	48%
Administración Pública y Defensa	2.3	2.0	2.2	12%
<b>Total MW</b>	<b>16.0</b>	<b>19.7</b>	<b>17.9</b>	



Debe recordarse que la metodología pretende realizar simplemente una aproximación inicial del potencial de cogeneración. También es importante recalcar que este análisis se realiza sobre establecimientos existentes. Estos resultados fueron considerados como insumo para posteriores análisis más detallados, de los cuales surge un valor más ajustado, sobre todo para priorizar sub-sectores.

#### **Evaluación de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología.**

Para priorizar los distintos sectores y sub-sectores fueron definidos una serie de criterios, a partir de datos específicos previamente identificados. Luego en conjunto con el estudio de viabilidad de aplicación de tecnologías, se estudiaron los primeros resultados específicos por establecimiento, obteniendo nuevos criterios a considerar. En función de los datos específicos de cada establecimiento y de acuerdo a los criterios establecidos se estudiaron distintas opciones de cogeneración para cada uno, con miras a determinar los sub-sectores más relevantes y las 10 oportunidades con mayor potencial de desarrollo.

#### Criterios para la selección de sectores y sub-sectores

Dadas las distintas realidades de los sectores y la diversidad de los datos disponibles, los criterios variaron de acuerdo a cada sector y algunos de los aspectos más importantes se

detallan a continuación.

#### Sector industrial

Se prestó particular relevancia a aquellos sub-sectores que en la metodología global hayan obtenido un alto potencial. El calor en forma de vapor o agua caliente es una de las formas más típicas de obtener energía térmica a partir de un equipo de cogeneración, por lo que la utilización directa de esta manera será preferida.

Ya que la posibilidad de exportar energía térmica no será considerada, cuanto menor sea la demanda térmica del proceso menor será el potencial del establecimiento.

Si bien existe la posibilidad de inyectar energía en la red, se priorizaron aquellos casos cuyo potencial cogenerador sea menor a la potencia consumida en el propio establecimiento. Es decir, una vez estudiado el potencial de los establecimientos se comparó la generación eléctrica con la potencia contratada actualmente.

Asimismo, se observó como un factor positivo la distribución geográfica, favoreciendo puntos de la red que por sus características actuales la instalación de generadores disminuyan los costos globales de transporte de energía.

Aquellos sub-sectores que han utilizado en algún momento equipos de cogeneración son considerados como con gran potencial, así como aquellos donde mundialmente es una alternativa tecnológica muy utilizada.

#### Sector comercial y servicios

Si bien se comparten muchos de los criterios con el sector industrial, corresponde señalar que algunos de ellos no tienen relevancia en este caso y otros adquieren mayor importancia.

Se trata de un sector peculiar ya que el uso de energéticos variará según los hábitos de los ocupantes, de las condiciones meteorológicas, intensidad de luz solar y otros factores, que no son tan significativos en la industria. No es uno de los principales consumidores de energía, y las soluciones a implementar son de una escala considerablemente menor que para los otros sectores.

Como los principales usos son relativamente parecidos entre los distintos sub-sectores y considerando todo lo mencionado anteriormente, adquiere mayor relevancia la magnitud de la energía consumida.

#### Resumen de sub-sectores

Considerando el análisis realizado para cada sub-sector y los criterios anteriormente propuestos, dentro del sector industrial se priorizaron y estudiaron oportunidades para los sub-sectores bebidas y tabaco, cuero, frigoríficos, industria láctea, madera, otras alimenticias, papel y textil. Se excluyen por tanto los sub-sectores cemento, cerámicas, metálicas básicas, molinos y química. La exclusión de estos sub-sectores no implica la inexistencia de oportunidades de implementar proyectos de cogeneración en este tipo de industrias, sino que a nivel global, para la situación tecnológica actual del país, el mercado y el sub-sector no presentan oportunidades prioritarias. Dentro del sector comercial y servicios hoteles y salud son los más relevantes.

Determinación del potencial preliminar de cada establecimiento

Una vez descartados los casos que no cumplen con alguno de los criterios anteriores, se procede a calcular el potencial de cada establecimiento y los costos de la energía generada. En función de ello se obtuvieron los 20 mayores potenciales cogeneradores de cada sector en esas condiciones, entendiéndose por esto los que tienen mayor capacidad de generación eléctrica, y éstos fueron estudiados.

Considerando que se mantiene la misma demanda térmica hallada y que ésta se abastece a través de, por ejemplo, turbinas de vapor, motores de combustión interna o micro-turbinas, se estima el potencial de cogeneración.

El sector energético presenta la particularidad de que existe un único establecimiento, la refinería La Teja de ANCAP. Por tal motivo el análisis se limitará solamente al estudio del mismo. La principal generación de vapor en dicha planta se realiza en la central térmica dentro del predio industrial, mediante 3 calderas. La refinería contaba con una turbina de vapor (actualmente en desuso), marca Franco Tossi, acoplada a un generador de 5 MW. De acuerdo al estudio realizado podrían generarse 4.7 MW eléctricos. Cabe destacar que el costo de instalación se reduciría considerablemente debido a que pueden aprovecharse varios de los equipos existentes.

**Identificación de los principales sub-sectores**

Para priorizar los distintos sub-sectores, dentro del sector industrial y comercial y servicios, se elaboró un índice. El mismo se expresa en forma de porcentaje y toma en cuenta principalmente los establecimientos considerados como potenciales cogeneradores, tanto en cantidad como en potencial.

Los resultados son los siguientes:

Sector Industrial			Sector Comercial y Servicios		
Orden	Sub-sector	Índice I (%)	Orden	Sub-sector	Índice I (%)
1.	Industria Láctea	49.9%	1.	Salud	71%
2.	Frigoríficos	21.8%	2.	Hoteles y Restaurantes	24%
3.	Otras alimenticias	14.2%	3.	Otros servicios	4%
4.	Celulosa y Papel	6.5%	4.	Administración pública y defensa	1%
5.	Bebidas y tabaco	3.2%			
6.	Madera	1.4%			
7.	Cuero	1.2%			
8.	Molinos	1.0%			
9.	Textil	0.8%			

Comparando los resultados con los obtenidos a través de la metodología general se puede observar claramente que, si bien existen sub-sectores que a gran escala aparentan ser potenciales cogeneradores, ciertas condiciones de los procesos y tamaños promedio de las instalaciones pueden hacer que no sea rentable llevarlo a la práctica.

A partir de las tablas presentadas anteriormente se concluye que los sub-sectores con mayor potencial de cogeneración son, en el caso del sector industrial, la Industria Láctea, los Frigoríficos, y el sub-sector Otros Alimentos. En el caso del sector comercial y de servicios los son los sub-sectores Salud y Hoteles y Restaurantes.

## **Identificación de las principales oportunidades de cogeneración**

La identificación parte de los estudios realizados y de procurar en el mercado nacional e internacional, aquellos equipos que cumplan con las condiciones básicas de operación del establecimiento. De esta forma se estima el precio del sistema, así como las capacidades reales de cogeneración de cada uno de ellos.

Una vez obtenidos los datos de cada uno de los equipos, se estiman los beneficios económicos, ambientales y sociales, así como los requisitos de espacio y de capital del proyecto. Seleccionados los establecimientos se ordenan de acuerdo a la potencia eléctrica que capaz de cogenerar.

Se confirma que los establecimientos con mayor potencial pertenecen principalmente a los sub-sectores identificados como prioritarios. Cabe recalcar que las condiciones que fueron establecidas para la elaboración de la lista tuvieron la finalidad de equiparar los distintos establecimientos para poder compararlos sobre una base similar. La suma de las potencias allí obtenidas es naturalmente menor a las obtenidas mediante las metodologías primarias. También serán menores a las potencias que surgirán del estudio caso por caso de las oportunidades ya que, una vez identificados los establecimientos y las características particulares de cada uno de ellos, se analizaron distintas variantes del sistema, tendientes a la optimización de los mismos. Esto se llevó a cabo a fines de obtener los resultados más convenientes para el establecimiento.

En el sector comercial y de servicios, tal como era de esperar, los establecimientos hoteleros y de la salud son los principales candidatos. Una de las principales ventajas de estos dos sub-sectores radica en la replicabilidad de las experiencias entre los distintos establecimientos del rubro, pues los requisitos y las características de funcionamiento del sistema en general son idénticos, siendo la única diferencia entre ellos la magnitud de las instalaciones.

Del sector energético cabe destacar que de los análisis primarios realizados se desprende que el único establecimiento perteneciente al mismo (Refinería La Teja), se presenta como uno de los candidatos con mayor potencial.

### *Análisis particular de los principales potenciales cogeneradores del país*

Una vez establecidos los principales establecimientos de cada sector, se procede a ordenarlos de acuerdo a la potencia a cogenerar. Han sido considerados los primeros 15 potenciales cogeneradores para estudiar, en función de distintos parámetros de proceso (temperatura, presión, caudales, utilización, etc.) y variables económicas (combustibles, inversiones, etc.), la solución más conveniente técnica y económicamente. También se ha considerado una estimación de los beneficios ambientales resultantes (en forma de emisiones evitadas de CO<sub>2</sub>), a los efectos de incluirlos como un factor más al momento de comparar las distintas opciones.

En todos los casos se utiliza la información disponible sobre los rendimientos reales de los equipos para cada uno de los establecimientos. A su vez, se tuvo en cuenta las distintas eficiencias de conversión, así como las desviaciones de las condiciones de trabajo nominales debido a los factores de utilización de los equipos. En los casos que la demanda de energía térmica sea variable se considera la utilización de una turbina de vapor con extracción y condensación de forma de poder desviar el vapor al condensador cuando este no sea requerido por el proceso.

Una vez obtenido el potencial de cogeneración definitivo para cada una de las instalaciones, se

sumó y estimó, en base a ello, el potencial total de cogeneración para los establecimientos existentes. De los 15 principales establecimientos estudiados se obtuvieron los siguientes resultados:

Quince principales establecimientos

	Sector	Potencia cogenerada (kWe)		Sector	Potencia cogenerada (kWe)
1	Energético	4709	9	Industrial	906
2	Industrial	1669	10	Industrial	892
3	Industrial	1215	11	Industrial	846
4	Comercial	1089	12	Comercial	841
5	Industrial	1086	13	Industrial	785
6	Industrial	982	14	Industrial	766
7	Industrial	967	15	Industrial	761
8	Industrial	928			

### Proyección del parque de cogeneración

A los efectos de proyectar la potencia instalada en cogeneración en el Uruguay para los próximos 10 años se analizaron a partir de determinados supuestos.

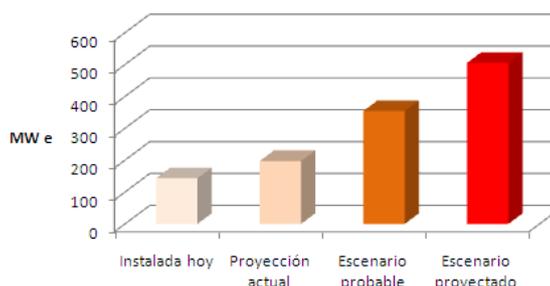
- ✓ Escenario Actual: En este escenario se supone como efectiva la instalación de únicamente establecimientos de cogeneración existentes y aquellos que se encuentran actualmente en construcción.
- ✓ Escenario Futuro Probable: En este caso se supone, al igual que en el anterior, la instalación de los proyectos que actualmente se encuentran en el comienzo de sus etapas constructivas o en estado muy próximo al comienzo.
- ✓ Escenario Proyectado: El escenario proyectado supone la inclusión de los proyectos del escenario anterior, además de agregar a los mismos los diez proyectos resultantes del presente estudio, como los principales potenciales cogeneradores y un nuevo emprendimiento de gran escala (planta de celulosa). Se tomaron los diez proyectos identificados como principales oportunidades a modo de tener una referencia, pero cabe la posibilidad que existan algunos de ellos que no tengan interés en implementar sistemas de cogeneración, así como también pueden existir otros establecimientos por fuera de estos diez que efectivamente los implementen.

Cabe destacar que este escenario puede que no se presente de no generarse instrumentos para superar las barreras existentes para la cogeneración.

En este caso, habría una capacidad eléctrica total de 505 MW instalados de equipos de cogeneración. Existe coherencia entre las cifras alcanzadas y la disponibilidad de energéticos. Es decir, la cantidad de energéticos disponibles mencionada alcanzaría para abastecer la demanda de los equipos de cogeneración.

### Análisis de las distintas proyecciones

Los avances en el marco regulatorio actual hicieron surgir una serie de interesados para generar energía eléctrica, que actualmente se encuentran ya conectados al SIN, en construcción, en etapa de proyecto ya avanzadas o en estudio. Dentro



de estos proyectos, la cogeneración, principalmente a partir de biomasa, es una de las opciones preferidas.

Es posible que en el futuro surjan nuevas inversiones de proyectos a gran escala, como lo serían por ejemplo plantas de pasta de celulosa. Fue considerado en el análisis anterior que se instalan dos nuevas plantas de este tipo. Para la escala del mercado eléctrico nacional tendrían un fuerte impacto.

### **Identificación de instrumentos para la promoción de la cogeneración**

La principal fuente de instrumentos para la promoción de la cogeneración se encuentra en la mitigación de las barreras existentes. Más allá de la generación de instrumentos para mitigar los efectos de las barreras, también se propondrán medidas adicionales, relacionadas (o no) con alguna de ellas, con el objetivo de promover la instalación de sistemas de cogeneración.

Se sugieren nuevos instrumentos para la remoción de barreras para la cogeneración en el país y se recurrió, en menor medida, a la búsqueda y estudio de instrumentos desarrollados en otros países para iniciativas similares, analizando su viabilidad de aplicación al país.

#### *Instrumentos identificados posibles de ser implementados*

- ✓ La promoción y organización de programas de capacitación a nivel medio y superior de enseñanza puede ser un instrumento clave para la implementación de proyectos. Dichos programas deben estar orientados a tareas de diseño, instalación, mantenimiento y operación.
- ✓ La difusión de este tipo de prácticas a través de instancias de intercambio entre potenciales cogeneradores y organizaciones que ya cogeneran (a nivel nacional o internacional), puede ser de mucha utilidad.
- ✓ La realización de llamados a licitación para generar, tendientes a satisfacer la creciente demanda, similares a los ya realizados pero con una determinada periodicidad.
- ✓ Como forma de fomentar el acercamiento de los fabricantes o sus representantes regionales, los potenciales cogeneradores y el estado, sería posible incentivar instancias de intercambio (seminarios, talleres, entre otras) entre los mismos. Esto permitiría comprender las principales barreras o preocupaciones que impiden a las distintas partes la importación e instalación de equipos, además de dar una adecuada difusión de las tecnologías disponibles actualmente en el mundo.
- ✓ Así como difundir las técnicas, también se pueden aprovechar estas instancias para difundir aun más los planes existentes relativos a préstamos para inversiones, así como la generación de nuevos instrumentos. En dichas instancias o en las siguientes encuestas de uso y consumo de energía se debería considerar la inclusión de preguntas acerca del conocimiento de estos planes.
- ✓ Dada la proximidad geográfica actual de algunos potenciales cogeneradores con grandes consumidores de energía, existen determinadas oportunidades de cogeneración con exportación de energía térmica en forma de vapor que pueden llegar a estudiarse. Del fomento e incentivo de experiencias de este tipo pueden surgir oportunidades interesantes de coparticipación entre dos o más establecimientos ubicados próximos entre sí. Al mismo tiempo, la promoción de los parques industriales resulta una oportunidad interesante para este tipo de iniciativas, aprovechando los excedentes de los vecinos ya no solamente de energía eléctrica o térmica, sino también de materias primas, subproductos, etc.

- ✓ Como parte de la política de promoción de tecnologías más limpias, dentro del marco legal existente, podrían establecerse normativas capaces de beneficiar a aquellos establecimientos que generen menores impactos ambientales. En algunos países se otorga un “complemento por eficiencia” que se calcula de forma proporcional al aumento de eficiencia de los procesos de generación de energía, comparados con las eficiencias históricas promedio para las mismas condiciones (tipo de tecnología, mismo combustible, condiciones climáticas, etc.). Los valores de eficiencia sin cogeneración se actualizan periódicamente, tomando en cuenta la evolución tecnológica de conversión de energía. De esa forma se garantiza la promoción de mejora continua de los cogeneradores.
- ✓ Luego de un estudio específico, promover la instalación de generadores y cogeneradores en las proximidades de las zonas que concentren un consumo considerable y más alejados de los puntos de generación.
- ✓ Promover la cogeneración en los nuevos establecimientos pertenecientes a los sub-sectores identificados como prioritarios. Podría exigirse una evaluación técnica de la viabilidad de utilizar equipos de cogeneración para satisfacer, de forma parcial o total, su demanda térmica y eléctrica.

#### Riesgos asociados a los instrumentos

Promover la cogeneración puede resultar contraproducente en algunos casos, por lo que se mencionan a continuación algunos de los riesgos asociados a la generación de instrumentos.

Existe la posibilidad que la generación de energía llegue a desplazar al proceso productivo, razón de ser de la empresa. En otras palabras, a un cogenerador podría resultarle más rentable económicamente la venta de energía (por obtención de combustibles a un precio ventajoso, por ejemplo) que la comercialización de sus productos industrializados. Si bien esto podría ser favorable para el mercado de energía eléctrica, sería poco conveniente para la industria nacional, pues se perdería participación en algunas de las principales áreas productivas del país.

La promoción a nivel nacional de cursos de capacitación es muy favorable para el desarrollo de la cogeneración. No obstante, debe tenerse en cuenta la escala de la participación de estas actividades en nuestro país para generar cursos con determinados cupos, ya que un exceso en la oferta de recursos humanos podría resultar en el desempleo o subempleo de los técnicos. Además sería necesario que se equipare la remuneración de la mano de obra nacional en relación a los niveles de la región, a los efectos de que los técnicos no emigren en busca de una mejor retribución.

La exportación de energía térmica puede resultar complicada en aquellos casos donde la distancia entre el generador y el consumidor de la misma sea demasiado importante, pues se deberá atravesar predios privados, estatales, calles, carreteras para la conexión mediante ductos y/o caños. Esto eleva la probabilidades de discrepancias con el proyecto y generando, por ejemplo, molestias al tránsito durante la construcción y mantenimiento.

Más allá de que sea necesario promover a la cogeneración como una alternativa eficiente de generación de energía, no deben descuidarse los aspectos relacionados con otras fuentes renovables. De la misma manera no se debe dejar de trabajar en las campañas de uso eficiente de la energía.

Es posible también que se incentive la implementación de nuevas tecnologías, como las micro-

turbinas, y que éstas no sean atractivas para los distintos involucrados ya sea por razones de costos, técnicas o de disponibilidad de combustibles.

### **Determinación de metas y recomendaciones para su obtención**

A partir de la proyección del potencial de cogeneración para los próximos 10 años, se establecieron tres posibles escenarios, dentro de los cuales se especificó la potencia instalada en cogeneración y los potenciales establecimientos cogeneradores.

A lo largo de todo el estudio se destacaron las ventajas de la cogeneración desde el punto de vista de la eficiencia energética, y la incidencia positiva que este tipo de sistemas puede tener en la matriz energética uruguaya. Se sugiere por tanto que se establezca la meta de contar en 2020 con un total de 505 MWe de generación de energía eléctrica instalados y en funcionamiento a partir de sistemas de cogeneración, estén estos conectados al SIN o no. Esta cifra se corresponde con la señalada para el escenario más optimista. Para alcanzar esta meta se considera que deberían ser implementados aquellos aspectos e instrumentos identificados, pasibles de ser aplicados, que puedan influir positivamente en el desarrollo de esta forma de generación de energía. Los mismos fueron mencionados a lo largo del estudio y abarcan desde los que incentivan la cogeneración, hasta los que intentan remover las barreras identificadas.

Cabe destacar que, si bien el resultado del presente estudio establece una cierta potencia como meta para la cogeneración, ésta deberá ser actualizada y revisada periódicamente. Esto se debe a que es posible que la misma sea alcanzada antes de tiempo, o se encuentre prevista la instalación de algún establecimiento de gran porte que cogenere y que no haya sido considerado en el estudio, como lo sería, por ejemplo, una nueva planta de celulosa (más allá de las consideradas). En ese caso, podría estudiarse el agregado (o no) de la potencia instalada en cogeneración de estos nuevos establecimientos, a la meta planteada.

### **CONCLUSIONES**

Del análisis del mercado y de los aspectos jurídico, tributario, técnico, económico, financiero, regulatorio, institucional y de niveles de precios y tarifas se identificaron barreras y/o incentivos que existen a nivel de los distintos sectores para el desarrollo de proyectos de cogeneración en Uruguay.

A partir del análisis de las distintas tecnologías se descartaron algunas de acuerdo a los criterios de selección planteados, reflejando también la conveniencia de otras.

A partir de la aplicación de los criterios pre-establecidos, tanto a nivel global de cada sector y sub-sector como a nivel particular de cada establecimiento, se obtuvieron los respectivos potenciales de cogeneración. Las consideraciones específicas sobre cada una de ellas fueron detalladas a lo largo del informe, pero se destaca que el potencial de cogeneración total para el Uruguay se estimó en 505 MW instalados.

Más allá de estimar el potencial total, fueron identificadas y detalladas las diez principales oportunidades de cogeneración para establecimientos existentes, así como proyectos que se encuentran en estudio o en un importante grado de avance en su construcción.

Se establecieron metas para la potencia instalada según distintos escenarios. Para promover la cogeneración y levantar las barreras asociadas a la misma, se enumeraron una serie de instrumentos, que luego se tradujeron en acciones específicas. Estas acciones no son más que recomendaciones para obtener las metas planteadas.